

ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

407-03-484 87

СХЕМЫ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ  
НАПРЯЖЕНИЯ 5-10кВ И ВЫШЕ

## Альбом I

ПЗ ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА СТР 5-26

ЗВ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СТР 27-50

СМ СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СТР 51-71

УИВ N 23388-01

ОЗ ИПП 620062, г. Свердловск, ул. Чебышева, 4  
Зак. ИИВ № 23388-01 тираж 650  
Сдано в печать 8.06.1982 Цена 10-84

ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

407 - 03 - 484.87

СХЕМЫ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ  
НАПРЯЖЕНИЯ 6-10 кВ И ВЫШЕ

## Альбом I

ПЗ Пояснительная записка стр 5-26

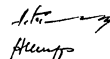
ЗВ Схемы электрические принципиальные стр 27-50

СМ Справочные материалы стр 51-71

РАЗРАБОТАНЫ ГОРЬКОВСКИМ ОТДЕЛЕНИЕМ  
ИНСТИТУТА „ЭНЕРГОВЕТЕЛЬПРОЕКТ“  
МИНЭНЕРГО СССР

УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ  
ПРОТОКОЛОМ МИНЭНЕРГО СССР ОТ  
19 07 88г N 12

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ОТДЕЛЕНИЯ  
ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА



А.А. ГАЛИЦЫН  
Н.Н. ШИФРИНА

С о д е р ж а н и е

а л ь б о м а № 1

№ листов	Наименование и обозначение документов Наименование листа	Стр
	Титульный лист	1
	Содержание альбома 1	2-4
	Пояснительная записка 407-03-484 87-ПЗ	
1	1 Введение	5
1-4	2 Основные технические решения	5-8
4,5	3 Область применения разработанных схем и подключение трансформаторов напряжения на подстанциях	8,9
5	4 Резервирование, питания нагрузок вторичных цепей трансформаторов напряжения	9
6	5 Особенности работы трансформаторов напряжения типа НКФ и НФЕ	10
6,7	6 Сигнализация замыкания на землю в сетях 6-35 кВ	10,11
7-9	7 Определение нагрузок вторичных обмоток трансформатора напряжения	11-13
9	8 Выбор автоматических выключателей	13
9-11	9 Выбор сечений проводов кабелей во вторичных цепях ТН	13-15
11-21	10 Особенности расчетов вторичных цепей ТН	15-25
22	11 Пояснения к схемам	26
22	12 Техничко-экономические обоснования	26
	Схемы электрические принципиальные 407-03-484 87-ЭВ	
1,2	ТН 3хЗНОЛ-6-10, НАМИ-10, 3хЗНОМ-35 на вводе 6-10-35 кВ автотрансформатора	27,28
3,4	Трансформаторы напряжения НАМИ-10, 3хЗНОЛ-6-10 на шинах 6-10 кВ	29,30

№ листов	Наименование и обозначение документов Наименование листа	Стр
5,6	ТН 6-10 кВ для счетчиков, ТН на вводе 6-10 кВ трансформатора, ТН на линии 35 кВ	31,32
7	Трансформаторы напряжения 3хЗНОМ-35 на шинах 35 кВ	33
8	Трансформаторы напряжения 3хНКФ-110-220 на линиях 110-220 кВ	34
9	Трансформаторы напряжения 3хНКФ-110-220 на шинах 110-220 кВ	35
10	Трансформаторы напряжения 3хНКФ-330-500, 3хНФЕ-500 на линиях 330-500 кВ	36
11	Трансформаторы напряжения 3хНФЕ-750 на линии с одним комплектом конденса- торов связи	37
12	Трансформаторы напряжения 3хНФЕ-750 на линии с двумя комплектами кон- денсаторов связи	38
13	Трансформаторы напряжения 3хНКФ-330, 3хНФЕ-500-750 на шинах 330-750 кВ	39
14	Поясняющие схемы РУ 330-750 кВ	40
15	Организация цепей напряжения РУ 35 кВ	41
16	Организация цепей напряжения РУ 110-220 кВ со схемой „мостик“	42
17	Организация цепей напряжения РУ 110-220 с двумя системами шин	43
18	Организация цепей напряжения РУ 220-750 кВ по схеме „Четырехугольник“, „Треугольник“	44
19	Организация цепей напряжения РУ 330-750 кВ по схеме „Трансформа- торы - шины“	45
20	Организация цепей напряжения РУ 330-750 кВ по схеме „Полупотная“	46

С о д е р ж а н и е

а л ь б о м а N 1

№ № листов	Наименование и обозначение документов Наименование листа	Стр.
21,22	Организация цепей напряжения ру 750 кВ по схеме "Четырехугольник", "Треугольник" при двух комплектах ТН на линии	47,48
23	Организация цепей напряжения ру 750 кВ по схеме "Трансформаторы - шины" при двух комплектах ТН на линии	49
24	Организация цепей напряжения ру 750 кВ по схеме "Полуторная" при двух комплектах ТН на линии	50
	Справочные материалы	
	Приложение 1	
1	Технические характеристики трансфор- маторов напряжения 407-03 - 484 87 - см1 Таблица см1-1 Таблица см1-2	51
	Приложение 2	
	Нагрузки вторичных цепей ТН 407-03 - 484 87 - см2	
1	Потребление аппаратуры, приборов и устройств Таблица см2-1	52
2	Нагрузки вторичных цепей ТН 3х НКФ - 110 - 220 кВ на линиях 110-220 кВ Таблица см2-2	53
3	Нагрузки вторичных цепей ТН 3х НКФ - 110 - 220 на шинах 110 - 220 кВ Таблица см2-3	54
4	Нагрузки вторичных цепей ТН 3х НКФ - 330 - 500, 3х НФЕ - 500 - 750 на линиях 330 - 750 кВ Таблица см2-4	55

№ № листов	Наименование и обозначение документов Наименование листа	Стр.
5	Нагрузки вторичных цепей ТН 3х НКФ - 330, 3х НФЕ - 500 - 750 на шинах 330 - 750 кВ Таблица см2-5	56
	Приложение 3	
1,2	Выбор уставок автоматов вторичных цепей ТН 407-03 - 484 87 - см3 Таблица см3	57,58
	Приложение 4	
	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН 407-03 - 484 87 - см4	
1	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН для линий 110 - 220 кВ Таблица см4-1	59
1	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН на шинах 110 - 220 кВ Таблица см4-2	59
2	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН для линий 330 - 750 кВ Таблица см4-3	60
2	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН на шинах 330 - 750 кВ Таблица см4-4	60



# С о д е р ж а н и е

# а л ь б о м а N1

№ лист	Наименование и обозначение документов Наименование листа	Стр
	Приложение 5	
	Определение сечений проводов кабелей 407-03-484.87-СМ5	
1	Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН 3хНКФ-110-220 на линиях 110-220 кВ Таблица СМ5-1-1	61
2	Определение сечений проводов кабелей ТН 3хНКФ-110-220 на шинах 110-220 кВ Основная обмотка Таблица СМ5-1-2 Дополнительная обмотка Таблица СМ5-1-3	62
3	Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН 3хНКФ-330-500, 3хНФЕ-500-750 на линиях 330-750 кВ Таблица СМ5-1-4	63
4	Определение сечений проводов кабелей ТН 3хНКФ-330, 3хНФЕ-500-750 на шинах 330-750 кВ Основная обмотка Таблица СМ5-1-5 Дополнительная обмотка Таблица СМ5-1-6	64
	Графики $q_1 = f(l_1)$ для ТН НАМУ-10, 3хЗНОЛ-6-10, 3хЗНОМ-35 на вводах 6-10-35 кВ автотрансформатора СМ5-2-1-3	
5	График $q_1 = f(l_1)$ для ТН 2хНОЛ(НОМ)-6-10 на вводе 6-10 кВ трансформатора СМ5-2-4	65

№ лист	Наименование и обозначение документов Наименование листа	Стр
	График $q_1 = f(l_1)$ для ТН НАМУ-10, 3хЗНОЛ-6-10 на шинах 6-10 кВ СМ5-2-5	
6	Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТН 3хЗНОМ-35 на шинах 35 кВ СМ5-2-6-10	66
7	Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТН 3хНКФ-110-220 на линиях 110-220 кВ ПС на постоянном оперативном токе СМ5-2-11, 12	67
8	Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТН 3хНКФ-110-220 на линиях 110-220 кВ ПС на выпрямленном оперативном токе. СМ5-2-13, 14	68
9	Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТН 3хНКФ-110-220 на шинах 110-220 кВ СМ5-2-15-18	69
10	Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТН 3хНКФ-330-500 3хНФЕ-500-750 на линиях 330-750 кВ СМ5-2-19-21	70
11	Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТН 3хНКФ-330, 3хНФЕ-500-750 на шинах 330-750 кВ СМ5-2-22-26	71

1 Введение

Настоящие типовые материалы для проектирования разработаны в соответствии с поз 731 24 10 плана типового проектирования Госстроя СССР на 1988 г по теме „Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше“ № 407-03-484 87

1 1 В работе приведены необходимые для конкретного проектирования технические данные и технические решения, являющиеся основными критериями для разработки полных схем трансформаторов напряжения (ТН) 6-750 кВ, схем организации цепей напряжения защиты, автоматики, измерительных приборов и учета для подстанций с различными схемами распределительных устройств 6-750 кВ, а также даны таблицы и графики для определения сечения жил кабелей во вторичных цепях ТН

1 2. В типовых материалах для проектирования использованы данные по ряду технических характеристик и расчетов, приведенных в типовой работе №52770-Э „Анализ и разработка схем вторичных цепей трансформаторов напряжения для цепей защиты и измерения“, вып 1980 г (с изм 1982 г), института „Теплоэлектропроект“, 107815, г Москва, ГСПб, Бакунинская 7, строение 1

К числу указанных данных относятся

- технические характеристики по ТН 6-750 кВ,
- расчеты величин уставок автоматов для защиты вторичных цепей ТН,
- расчеты предельных сопротивлений жил кабелей во вторичных цепях ТН в зависимости от используемой мощности и классов точности соответствующих ТН

1 3. С выпуском настоящей работы аннулируются типовые решения института „Энергосетьпроект“ 107844, г Москва, ГСПб, 2-я Бауманская, 7 „Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения для различных схем электрических соединений подстанций 110-500 кВ №5554 тм - I, II (II редакция, 1973 г)

2 Основные технические решения

2 1 Разработанные схемы организации цепей трансформаторов напряжения обеспечивают питание устройств защиты, автоматики, измерения, учета электроэнергии, органов контроля напряжения и синхронизма в устройствах АПВ, устройств регулирования напряжения силовых трансформаторов, автотрансформаторов под нагрузкой, устройств контроля изоляции сетей с малым током замыкания на землю и т.д.

2 2 Трансформаторы напряжения, собираемые из однофазных ТН, должны иметь одинаковые группы соединений вторичных обмоток для

— „звезды“ — нулевую группу,

— „разомкнутого треугольника“ — одиннадцатую группу

Для трехфазных ТН 6-10 кВ сохраняется заводское соединение обмоток

2 2 1 От основных вторичных обмоток, соединяемых в звезду и предназначенных для питания устройств релейной защиты, автоматики, учета, измерений, выводятся три фазных и один нулевой провод, обозначенные соответственно „А“, „В“, „С“, „N“

2 2 2 От дополнительных вторичных обмоток, соединяемых в разомкнутый треугольник, максимально выводятся четыре провода, обозначенные условно „Н“, „К“, „У(И)“, „F“ Провода „Н“ и „К“ предназначаются для выведения напряжения нулевой последовательности (ЗЩо).

Провод У(И) используется для снятия векторных диаграмм при проверках рабочим током защит от замыканий на землю, получающих питание от цепи ЗЩо.

Цепи „Н“ — У(И) предназначаются для питания блокировки линейных защит при неисправностях цепей напряжения линий (см п 2 6).

Для устройств, питающихся от ТН шин 35 кВ, вывод „F“ не выполняется, т.к. не требуется в схемах

407-03-484 87-03

ГИП	Шифрина	М.И.	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6 кВ и выше	Лист	22
Нач. отд.	Мерзленкова	М.И.	Пояснительная записка	Лист	22
Н. контр.	Хмелев	М.И.		Лист	22
Нач. сект.	Тыгашов	М.И.		Лист	22
Рук. груп.	Миляева	М.И.		Лист	22

ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ  
Брянское отделение  
1988 г.

Альбом 1

Шифр и дата

2.3. Защита от повреждений первичных обмоток осуществляется предохранителями и выполнена для ТН 6 - 10 - 35 кВ, установленных на шинах соответствующих напряжений.

Предохранители обеспечивают сохранение в работе шин и подключенных к ним первичных цепей при повреждении ТН. В схемах предусмотрен контроль исправности предохранителей.

На напряжение 110 кВ и выше предохранители не выпускаются, и ТН включаются без них.

Опыт эксплуатации ТН, подключенных без предохранителей, показал, что их отсутствие не приводит к снижению надежности работы установок.

2.4. Защита вторичных цепей ТН от всех видов коротких замыканий осуществляется с помощью автоматических выключателей (автоматов), имеющих блок - контакты.

Автоматы в цепях ТН типа НКФ, устанавливаемых на линиях, должны быть отстроены от срабатываний при бросках тока во вторичных обмотках ТН во время разряда емкости ненапряженной линии при ее отключении.

2.4.1. Для защиты основных вторичных обмоток ТН (соединенных в звезду) предусматривается один трехполюсный автомат.

При больших расстояниях между щитом управления подстанции и релейными щитами, на которые выводятся цепи ТН из соответствующих распределительных устройств, автоматы в шкафу ТН могут оказаться нечувствительными к КЗ в цепях нагрузок, удаленных от релейного щита (цепи измерительных приборов и др.). Для защиты этих цепей могут предусматриваться дополнительные автоматы, с установкой последних в помещении релейного щита. При выборе уставок автоматов допускается неселективное действие автоматов в шкафу у ТН при близком КЗ за дополнительным автоматом.

Если по условиям обеспечения минимальных допустимых потерь для расчетных счетчиков оказывается целесообразным прокладывать к ним отдельные кабели или отдельные жилы, то эти цепи защищаются отдельным автоматом.

2.4.2. Для ТН, в сетях с малыми токами замыкания на землю, в цепи выводов ЗЦо (от обмоток, соединенных в разомкнутый треугольник), где в нормальных режимах работы сети напряжение отсутствует, предусмотрена установка защитного автомата.

Указанный автомат предназначен для защиты обмотки от длительного протекания по ней токов КЗ в случае замыкания между проводниками, по которым подается напряжение ЗЦо, и возникновения замыканий на землю в первичной сети. Необходимость такой защиты обуславливается возможностью длительной работы сети, имеющей малые токи КЗ на землю. Указанная защита должна применяться при наличии в ней кабеля более 10 м или при разводке этой цепи по панелям отдельных присоединений, в противном случае автомат не устанавливается.

2.4.3. В сетях с большими токами замыкания на землю длительное протекание токов в цепи обмоток, соединяемых в открытый треугольник, не может иметь места, т.к. такие повреждения отключаются соответствующими защитами. В связи с указанным, автомат в цепи ЗЦо для ТН 110 кВ и выше не устанавливается.

Схемы предусматривают периодический контроль исправности цепи обмотки ТН, соединенной в „разомкнутый треугольник“, с помощью миллиамперметра, зашунтированной кнопкой. Измерительный прибор при его включении и исправности цепей замеряет ток небаланса.

2.4.4. Для защиты цепей выводов от разомкнутых вершин треугольника („W“, „F“) предусматривается отдельный автомат.

2.4.5. На основании технических характеристик ТН, а также рекомендаций по выбору уставок автоматических выключателей для защиты основных и дополнительных обмоток ТН, приведенных в типовой работе N 52770 - Э (см. п. 1.2), в настоящих типовых материалах для проектирования выполнена сводная таблица по уставкам автоматов, см. приложение 3.

2.5. Во вторичных цепях ТН предусматриваются меры, исключающие возможность неправильных действий релейной защиты, устройств регулирования возбуждения синхронных компенсаторов и др., в виде обеспечения контроля исправности цепей напряжения с организацией сигналов:

— при отключении защитных автоматов в цепях ТН всех напряжений с помощью их блокконтактов;

- при нарушении работы реле-повторителей шинных разъединителей, контактами которых производится переключение цепей напряжения присоединения;
- при перегорании предохранителей для ТН, в цепях первичных обмоток которых установлены предохранители. Цепи сигналов выводятся в схему центральных устройств звуковой и световой сигнализации.

В цепях разомкнутого треугольника ТН 110 кВ и выше (см. п. 2.4.3) предусматривается периодический контроль исправности цепи ЗЦо.

Кроме того, релейная защита элементов напряжением 35 кВ и выше, питание которой выполняется от ТН, снабжается устройствами:

- автоматически выводящими защиту из действия и сигнализирующими об этом, если неисправности в цепях ТН могут привести к неправильному действию защиты в нормальном режиме;
- сигнализирующими появление указанных неисправностей в цепях напряжения во всех остальных случаях.

2.6. Во всех вторичных цепях ТН устанавливается аппаратура, обеспечивающая видимый разрыв цепи при ремонтах.

2.7. Для защиты персонала в случае повреждений в ТН, сопровождающихся перекрытием изоляции между первичной и вторичной обмотками, во вторичных цепях ТН предусматривается защитное заземление.

Оно выполняется путем соединения с заземляющим устройством одного из фазных проводов вторичных обмоток (фазы В). Заземление вторичных обмоток ТН должно выполняться либо на ближайшей от ТН сборке зажимов, либо на зажимах ТН.

В заземленных проводах между ТН и местом заземления его вторичных цепей не допускается установка каких-либо коммутационных аппаратов (переключателей, блок-контактов, рубильников, автоматов и т.д.).

При установке заземления на зажимах трансформатора запрещается объединение заземленных вторичных цепей разных трансформаторов напряжения в других точках, для исключения возможности протекания токов замыкания на землю в первичной сети через провода вторичных цепей ТН, что может привести к неправильному действию некоторых видов устройств релейной защиты.

2.8. При переводе присоединения с одной системы шин на другую в установках, имеющих две системы сборных шин, питание

цепей напряжения указанного присоединения автоматически переводится на цепи ТН соответствующей системы шин. Переключение осуществляется контактами реле повторителей блок-контактов разъединителей.

2.9. В соответствии с требованиями директивных материалов схемами предусматривается возможность резервирования питания цепей нагрузок при выходе ТН из строя или при выводе его в ремонт.

Пояснения к организации цепей резервирования для ТН по отдельным присоединениям приведены в разделе 4 настоящей ПЗ.

2.10. Нагрузки ТН не должны превышать допустимые в заданных классах точности, которые приведены в технических характеристиках ТН 6-750 кВ, см. приложение 1.

2.11. Определение сечений жил (проводов) кабелей выполнено с учетом требований, изложенных в разделе 9.

В типовых материалах для проектирования разработаны таблицы и графики с данными по определению сечений проводов в кабелях для наиболее характерных сочетаний нагрузок во вторичных цепях ТН, с учетом требуемых классов точности ТН и допустимых падений напряжения в кабелях. Таблицы и графики см. в приложении 5.

2.12. Во избежание увеличения индуктивного сопротивления жил кабелей разводку вторичных цепей напряжения необходимо выполнять таким образом, чтобы сумма токов этих цепей в каждом кабеле была равна нулю в любых режимах.

В качестве мероприятий, обеспечивающих выполнение этой задачи, предусматривается:

2.12.1. Разделение цепей нагрузки, питаемой от обмоток трансформатора напряжения, соединенных в "звезду" и в разомкнутый треугольник.

2.12.2. Прокладка в одном кабеле трех фазных и нулевого проводов от основных обмоток ТН на щит.

2.12.3. Прокладка в одном кабеле проводов от дополнительных обмоток на щит.

2.12.4. Использование разных кабелей для прокладки цепей по п. 2.12.2 и 2.12.3 обусловлено необходимостью применения кабелей со значительным сечением жил.

2 12 5 Для прокладки вторичных цепей напряжения от ТН до щита с использованием силовых кабелей должны применяться только четырехжильные кабели в металлической оболочке. При этом указанная оболочка должна быть заземлена с обоих концов каждого кабеля.

При наличии соединительных муфт оболочки кабелей по обе стороны каждой из муфт должны быть электрически соединены между собой.

При этом использование металлической оболочки в качестве одного из проводов вторичной цепи напряжения по соображениям надежности не допускается.

Кабели в цепях основных и дополнительных обмоток ТН по всей длине от шкафа ТН до щита должны прокладываться рядом.

2 12 6 Прокладка и монтаж кабелей от выводов ТН до шкафа с защитными автоматами должны осуществляться с учетом требований повышенной надежности, так эти кабели не входят в зону защиты автоматов. Для этой цели должны применяться кабели с изоляцией на номинальное напряжение не менее 1000 В.

2 13 Для предотвращения самопроизвольных смещений нейтралей и повреждений ТН, в соответствии с директивными документами Минэнерго СССР, в цепи разомкнутого треугольника ТН установлены резисторы, за исключением ТН типа НАМИ-10, обладающих повышенной надежностью.

### 3. Область применения разработанных схем и подключение трансформаторов напряжения на подстанциях

3 1 Типовые схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-750 кВ выполнены применительно для подстанций энергосистем с высшим напряжением 110-750 кВ.

3 2 Применение разработанных типовых схем предназначено для вновь сооружаемых подстанционных объектов.

Для расширяемых и реконструируемых подстанций использование технических решений, принятых в работе, следует проводить по каждому конкретному случаю индивидуально.

3 3 Размещение релейной аппаратуры ТН 35-750 кВ предусматривается на панелях, устанавливаемых в помещении общеподстанционного пункта управления либо в релейных щитах, каждый из которых приближен к распределительному соответствующего напряжения.

Аппаратура ТН 6-10 кВ, кроме вольтметра с переключателем, устанавливается в соответствующих шкафах КРУ, КРУН 6-10 кВ.

3 4 Подключение ТН 6-750 кВ предусматривается в соответствии с типовыми материалами для проектирования Н 407-03-456 87 „Схемы принципиальные электрические распределительных устройств напряжением 6-750 кВ подстанций.“

3 5 Трансформаторы напряжения устанавливаются на линиях 35-750 кВ в следующих случаях

3.5 1 На линиях 35 кВ ПС 110-220 кВ с трехобмоточными трансформаторами установка ТН типа НОМ-35 производится при соответствующем обосновании (возможности питания со стороны линии). Цепи напряжения ТН 35 кВ используются для контроля АПВ по синхронизму и наличию (отсутствию) напряжения.

3 5. 2 На линиях электропередач 110-220 кВ установка ТН соответствующего напряжения ЗХНКФ-110, ЗХНКФ-220 выполняется для распределительных устройств с мостиковыми схемами.

3 5. 3 Установка ТН на линиях электропередач 330-500-750 кВ предусматривается для всех вариантов схем РУ соответствующих напряжений.

На линиях 330 кВ устанавливаются ТН типа ЗХНКФ-330, для линий 500 кВ могут быть использованы ЗХНКФ-500 либо ЗХНФЕ-500, а для линий 750 кВ применяются ЗХНФЕ-750 с установкой двух трансформаторных устройств на линии.

3 6 Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой системе (секции) шин 6-750 кВ.

3 6 1. Питание цепей напряжения защиты, автоматики, измерения и технического учета на питающих вводах секций шин 6-35 кВ осуществляется от ТН типов НАМИ-10, ЗХНОЛ-6-10, ЗХНОМ-35.

Для цепей напряжения счетчиков отходящих линий на секциях шин 6-10 кВ, как правило, устанавливаются дополнительные ТН типа 2хНОМ-6-10, 2хНОЛ-6-10, собранные по схеме неполного треугольника.

3 6 2 На каждой системе (секции) сборных шин 110-220-330 кВ выполняется установка ТН типа НКФ-ЗХНКФ-110; ЗХНКФ-220, ЗХНКФ-330 соответственно.

3.6.3 На шинах 500 кВ могут устанавливаться ТН типа НКФ либо НФЕ (3хНКФ-500 или 3хНФЕ-500) в зависимости от применяющихся в схеме РУ 500 кВ выключателей.

Для исключения возможных феррорезонансных явлений в РУ 500 кВ с воздушными выключателями, имеющими емкостные делители напряжения, рекомендуется установка ТН типа НФЕ-500, для остальных РУ 500 кВ применяются ТН типа НКФ-500.

О явлениях феррорезонанса трансформаторов напряжения типа НКФ см. раздел 5 настоящей ПЗ.

3.6.4. На шинах 750 кВ устанавливаются ТН типа НФЕ-750 (3хНФЕ-750).

#### 4. Резервирование питания нагрузок вторичных цепей трансформаторов напряжения.

Типовые материалы для проектирования предусматривают обеспечение питания нагрузок, подключаемых к вторичным цепям ТН при выходе из строя или при выводе в ремонт соответствующего ТН

Резервирование питания цепей ТН выполнено с учетом требований директивных материалов следующим образом:

4.1. В РУ 35-220 кВ с двойной системой (двумя секциями) шин для взаимного резервирования цепей ТН предусматривается переключение нагрузки с одного ТН на другой с помощью переключателей.

При этом обе системы шин должны быть объединены шиносоединительным (секционным) выключателем и перевод присоединений с одной системы (секции) шин на другую не выполняется.

4.2. Для линий 110-220 кВ РУ с мостиковыми схемами питания нагрузки ТН одной линии резервируется от ТН другой линии переключателем.

4.3. Для линий 220, 330, 500 кВ со схемами РУ „треугольник“, „четыреугольник“ питание нагрузки ТН одной линии резервируется от ТН другой линии через переключатель.

4.4. Для линий 330, 500 кВ со схемами РУ „Трансформаторы - шины с присоединением линий через два выключателя“ питание нагрузки ТН линии резервируется от ТН на шинах.

4.5. Для линий 330, 500 кВ со схемами РУ „Полуторная“ и „Трансформаторы - шины с полуторным подключением линий“ питание нагрузки ТН линии резервируется от ТН той системы шин, с которой линия связана посредством одного выключателя.

4.6. Для линий 750 кВ способ резервирования нагрузки зависит от количества комплектов конденсаторов связи, устанавливаемых на каждой фазе линии.

4.6.1 При одном комплекте конденсаторов связи на каждой фазе выполняется два тракта с соответствующими электромагнитными устройствами трансформаторов типа НФЕ, шкафа с автоматическими выключателями и кабелями, прокладываемыми к панелям защиты

Электромагнитные устройства присоединяются к конденсаторам связи через разъемники.

Одновременное подключение двух электромагнитных устройств к одному комплекту конденсаторов не допускается по условиям обеспечения точности работы трансформаторов НФЕ.

Питание всей нагрузки осуществляется по одному тракту, а при его неисправности разъемники и нагрузка переключаются на исправный тракт

При этом необходимо предусматривать также резервирование питания нагрузки в таком же объеме, как указано в п. 4.3; 4.4, 4.5 при соответствующих схемах РУ 750 кВ.

4.6.2 При двух комплектах конденсаторов связи на каждой фазе, устанавливаемых в соответствии с техническими требованиями к устройствам связи, выполняется подключение через разъемники электромагнитных устройств ТН к каждому из комплектов конденсаторов, то-есть производится полное дублирование цепей напряжения по двум трактам от конденсаторов связи до панелей защиты.

При нормальной работе основная защита и АПВ питаются по одному тракту, а резервные защиты и измерительные приборы - по другому.

При неисправности одного из трактов нагрузка поврежденного тракта переключается вручную (переключателем) на исправный тракт, так выполняется резервирование питания нагрузки по цепям напряжения линии 750 кВ при наличии на ней двух комплектов конденсаторов связи.



### 5 Особенности работы трансформаторов напряжения типа НКФ и НДЕ

Как показал опыт эксплуатации, при работе дифференциальной защиты шин, УРОВ и при оперативных переключениях имели место случаи повреждения электромагнитных трансформаторов напряжения типа НКФ при применении выключателей (ВВБ, ВНВ и др) с емкостными делителями напряжений, шунтирующими дугогасящие камеры.

После отключения указанных выключателей в результате работы защиты шин и УРОВ трансформатор напряжения остается подключенным к сети через емкости, шунтирующие камеры отключенных выключателей.

Повреждение трансформатора напряжения в таких схемах объясняется феррорезонансными явлениями, возникающими в сложном контуре (создаваемом нелинейной индуктивностью НКФ и емкостями шин и выключателей), и сопровождающимися превышением номинального тока в высоковольтной обмотке ТН в 50-100 раз.

Упомянутый контур, в котором возникает явление феррорезонанса, создается в частности и при оперативных переключениях линий при установке НКФ до линейного разъединителя (то-есть со стороны подстанции)

В схемах РУ 110-220 кВ со сборными шинами, к которым присоединен НКФ, феррорезонанс не возникает при шунтировании ТН шин емкостью линии или индуктивным сопротивлением трансформатора (автотрансформатора)

Не сопровождаются явлениями феррорезонанса и оперативные переключения на установке НКФ на линиях за линейными разъединителями, так при этом ТН шунтируется емкостью линии

Указанное подсоединение ТН типа НКФ на линиях 330-500 кВ выполнено в типовых материалах для проектирования № 407-03-456/87 „Схемы принципиальные электрические распределительных устройств напряжением 6-750 кВ подстанций“.

При применении емкостных ТН типа НДЕ как на шинах, так и на линиях опасность возникновения феррорезонанса после отключения воздушных выключателей с емкостными делителями напряжения - отсутствует

Для предотвращения повреждений ТН типа НКФ 220-500 кВ в условиях феррорезонанса, действующими директивными и руководящими материалами Минэнерго СССР, до выпуска и внедрения специальных устройств, осуществляющих подавление феррорезонанса, намечен ряд мероприятий, предлагающих

5.1 В схемах РУ 500 кВ на сборных шинах устанавливать трансформаторы напряжения типа НДЕ 500.

5.2. В схемах РУ со сборными шинами 110-220 кВ при действии дифзащиты шин и УРОВ предусматривать одно из следующих условий:

- не отключать одну из тупиковых линий;
- отключать одну из питающих линий с противоположной стороны, обеспечивая шунтирование НКФ емкостью линии;
- вместо отключения автотрансформатора или трехобмоточного трансформатора с заземленной нейтралью со стороны поврежденных шин отключать его выключателями с других сторон

5.3 На обходной системе шин 110-220 кВ вместо одной фазы НКФ устанавливать конденсатор связи со шкафом отбора напряжения

### 6 Сигнализация замыканий на землю в сети 6-35 кВ

Сигнализация замыканий на землю в сетях, работающих с изолированной нейтралью и имеющих малый ток замыканий на землю, осуществляется от цепей дополнительных вторичных обмоток ТН, соединенных в разомкнутый треугольник

Сумма напряжений трех фаз  $3U_0$  подается к обмотке реагирующего реле, для действия которого при замыканиях на землю нулевая точка первичных обмоток должна быть заземлена

В нормальном режиме результирующее напряжение обмоток, соединенных в разомкнутый треугольник, теоретически равно нулю, практически же имеет некоторое напряжение небаланса, недостаточное для срабатывания реле

Действие реле обеспечивается напряжением, возникающим в обмотке разомкнутого треугольника при замыканиях на землю со стороны первичной обмотки (в какой-либо фазе).

Вследствие того, что нейтраль сети изолирована, короткое замыкание не возникает и симметрия векторной диаграммы напряжений сети не нарушается.

Однако, из-за того, что нулевая точка первичных обмоток ТН заземлена, обмотка фазы, замкнутой на землю, оказывается замкнутой накоротко, а к двум другим будет приложено линейное напряжение. В дополнительные обмотки соответствующих фаз будут трансформироваться напряжения, совпадающие по фазе с напряжением на первичных обмотках этих фаз.

На выходе обмотки, соединенной в разомкнутый треугольник, будет сумма векторов двух фаз сдвинутых между собой на  $60^\circ$

$$3U_0 = 2\sqrt{3}U_\phi \cos \frac{60^\circ}{2} = 2\sqrt{3}U_\phi \frac{\sqrt{3}}{2} = 3U_\phi$$

На рис. 1 приведена схема ТН и векторные диаграммы напряжений сети, первичных и вторичных обмоток ТН при металлическом замыкании на землю фазы А в сети.

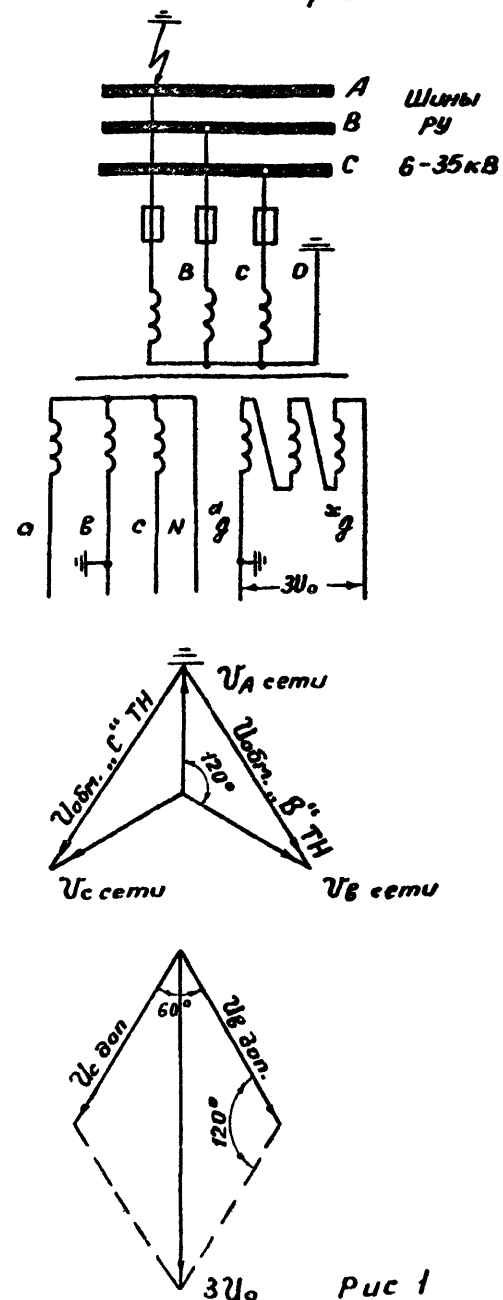


Схема ТН с замыканием на землю фазы А в сети 6-35 кВ

На первичных обмотках ТН  
векторные диаграммы напряжений при замыкании на землю фазы А

На вторичных дополнительных обмотках

Номинальное напряжение дополнительных вторичных обмоток ТН, предназначенных для использования в сетях с изолированной нейтралью принимается равным  $\frac{100}{3}$ , максимальное значение будет  $3U_{0\max} = 3 \cdot \frac{100}{3} = 100 В$

В связи с тем, что напряжение на выходе обмоток, соединенных в разомкнутый треугольник, может возникать и при перегорании одного из предохранителей в цепи первичных обмоток ТН, для обеспечения четкой сигнализации о замыкании на землю предусматривается блокирование действия сигнализации устройством контроля предохранителей.

Сигнализация о замыкании на землю выполняется с выдержкой времени для отстройки от сигналов, связанных с повреждениями, отключаемыми защитами

Для выявления фазы, на которой произошло замыкание на землю, используется шинный вольтметр, определяющий любое фазное и междуфазное напряжение с помощью переключателя.

## 7. Определение нагрузок вторичных обмоток трансформаторов напряжения.

### 7.1. Характер нагрузки ТН.

К вторичным обмоткам ТН подключаются нагрузки, требующие питание по цепям напряжения в различных классах точности.

Последние определяются положениями директивных и руководящих материалов и соответствующими разделами „Правил устройств электроустановок“ (ПУЭ).

Для расчетных счетчиков электрической энергии должны применяться ТН класса точности 0,5. При этом допустимое падение напряжения в кабеле, связывающем ТН и панель счетчиков межсистемных линий, не должно превышать 0,25%  $U_n$ , а в кабеле между ТН и панелью расчетных счетчиков потребительских линий — 0,5%  $U_n$ .

Допускается использование ТН класса точности 1,0 для включения расчетных счетчиков класса точности 2.



Для измерительных приборов, как правило, может использоваться ТН, работающий в классе точности 1 или 3. ТН, используемый для релейной защиты, должен работать в классе точности не ниже 3

При питании от одной и той же обмотки ТН нагрузок различного характера должна обеспечиваться работа ТН в высшем из требуемых классов точности

По результатам расчета оценивается применимость выбранного ТН. В случае превышения допустимой для ТН нагрузки в требуемом классе точности следует принимать меры по разгрузке ТН (переводу части нагрузки на другой ТН) либо по переходу на ТН большей мощности

## 7 2. Порядок определения нагрузок вторичных цепей ТН.

7 2 1 Определение нагрузки ТН производится по данным о потреблении релейной и измерительной аппаратуры, счетчиков и других устройств, подключаемых к ТН

Для расчета потребления всей аппаратуры, включенной на линейное напряжение, потребление должно быть приведено к напряжению 100 В, а аппаратуры, включенной на фазное напряжение — к  $110/\sqrt{3}$  В.

Пересчет с другого напряжения на расчетное производится по выражению

$$S_{расч} = \left( \frac{U_{расч}}{U} \right)^2 \cdot S_u \quad (7-1)$$

где  $S_u$  — потребление, заданное при напряжении  $U$ ;

$S_{расч}$  — потребление при расчетном (линейном или фазном) напряжении  $U_{расч}$

Если известно только сопротивление  $Z_{реле}$  или прибора, то потребление определяется по выражению

$$S_{расч} = \frac{U_{расч}^2}{Z} \quad (7-2)$$

7 2 2. Для более полного использования мощности ТН по возможности выравнивают их вторичную нагрузку по фазам. Однако, обычно имеется некоторая неравномерность нагрузки, поэтому расчет сводится к определению нагрузки наиболее загруженной фазы ТН.

С целью упрощения в практических расчетах суммирование потребляемой мощности производят арифметически, без учета разных коэффициентов мощности отдельных нагрузок, неравномерность нагрузки учитывают приближенно, что создает некоторый расчетный запас

7 2 3. Ниже приводятся расчетные выражения для определения нагрузок на фазу основной вторичной обмотки ТН (соединенной в звезду) согласно данным типовой работы 52770 - Э (см п 1.2 настоящей ПЗ).

$$\text{Для фазы А } S_{нф} = \frac{S_{нас}}{\sqrt{3}} \sqrt{K^2 + K + 1} \quad K = \frac{S_{наб}}{S_{нас}}$$

$$\text{Для фазы В } S_{нф} = \frac{S_{наб}}{\sqrt{3}} \sqrt{K_1^2 + K_1 + 1} \quad K_1 = \frac{S_{наб}}{S_{нас}}$$

$$\text{Для фазы С } S_{нф} = \frac{S_{нас}}{\sqrt{3}} \sqrt{K_2^2 + K_2 + 1} \quad K_2 = \frac{S_{наб}}{S_{нас}}$$

где,  $S_{наб}$  — линейная нагрузка между фазами АВ

$S_{наб}$  — линейная нагрузка между фазами ВС

$S_{нас}$  — линейная нагрузка между фазами АС

при этом условии принято следующее неравенство линейных нагрузок  $S_{наб} > S_{наб} > S_{нас}$

Наибольшее значение  $S_n$  будет для той фазы, к которой присоединены две междуфазные нагрузки, каждая из которых больше третьей. При неравенстве нагрузок, принятом выше ( $S_{наб} > S_{наб} > S_{нас}$ ) максимальная нагрузка будет у фазы В, то-есть  $S_{нф В}$

При наличии нагрузок, включенных на фазные напряжения (в четырехпроводных вторичных цепях), потребляемая ими мощность  $S_{нф}$ , приведенная к фазному напряжению должна суммироваться с мощностью междуфазной нагрузки соответствующих фаз. При этом полная мощность нагрузки любой из фаз ТН будет

$$S_{нф} = \frac{S_{нф \text{ нагр}}}{\sqrt{3}} \sqrt{K^2 + K + 1} + S_{ф} \quad (7-3)$$

При отсутствии нагрузок, включенных на фазное напряжение,  $S_{ф} = 0$

При соединении вторичных обмоток однофазных ТН в звезду нагрузка, подсчитанная для наиболее загруженной фазы по выражению (7-3), должна сопоставляться с мощностью одной фазы трансформаторов в требуемом классе точности

При питании вторичной нагрузки от трехфазного ТН с его мощностью в нужном классе точности сопоставляется установленная мощность нагрузки наиболее загруженной фазы, подсчитанная по выражению ((7-3)).

7 2 4 При соединении вторичных обмоток двух однофазных трансформаторов напряжения в открытый треугольник и равенстве нагрузок  $S_{ab} = S_{bc} = S_{ca}$ ,  $S_{нар}$  на ТН  $= \sqrt{3} S_{нф}$ . Если ту же нагрузку можно включить только на напряжение  $U_{ab}$  и  $U_{bc}$  ( $S_{ab} = S_{bc}$ ;  $S_{ca} = 0$ ), то на каждый ТН придется только половина суммарной нагрузки, то есть  $1,5 S_{нф}$ .

Следовательно, при схеме открытого треугольника выгоднее распределить нагрузку между напряжениями  $U_{ab}$  и  $U_{bc}$ .

7 2 5 Нагрузка  $S_{нн}$  цепи ЗЦо дополнительной обмотки приводится к напряжению 100 В.

Для трехфазных ТН типа НАМИ она сопоставляется с мощностью 30 ВА, указанной в ТУ 16-671 159-87

Для однофазных ТН нагрузка  $S_{нн}$  суммируется с нагрузкой основной обмотки и сопоставляется с мощностью трансформатора в классе точности 3

7 2 6 Расчет суммарной нагрузки на ТН выполняется по формулам, входящим в состав типовых материалов, указанных в п 12 настоящей ПЗ

Суммарная нагрузка ТН, установленного в сетях с изолированной нейтралью вычисляется по выражению

$$\sum S_{нТН} = \frac{S_{нн}}{\sqrt{3}} + S_{нф} \quad (7-4)$$

а для сетей с заземленной нейтралью

$$\sum S_{нТН} = S_{нн} + \frac{S'_{нф} + S''_{нф}}{3} \quad (7-5)$$

где  $S_{нн}$  — нагрузка в цепи ЗЦо,

$S_{нф}$  — нагрузка наиболее загруженной фазы,

$S'_{нф}$ ,  $S''_{нф}$  — максимальные значения линейных нагрузок.

По вычисленной величине нагрузки  $\sum S_{нТН}$  определяется класс точности, в котором будет работать ТН. При этом решается вопрос о необходимости установки дополнительных ТН в том случае, если  $\sum S_{нТН} > S_{ТН}$  в требуемом классе точности

## 8. Выбор автоматических выключателей

### 8 1 Общие положения

В качестве защитных автоматов во вторичных цепях ТН применяются автоматические выключатели типа АП 50Б

Для обеспечения должной чувствительности электромагнитных расцепителей (отсечек) автоматов, при коротких замыканиях во вторичных цепях ТН во всех случаях, их кратность принимается равной 3,5

При этом следует также учитывать, что электромагнитные расцепители могут иметь разброс в пределах (3-4)  $I_n$

Ввиду большой величины тока срабатывания электромагнитного расцепителя, превышающей его номинальный ток в 3-4 раза, для повышения чувствительности автоматов к удаленным КЗ и внутриаппаратным повреждениям, рекомендуется применение автоматов с электромагнитными и тепловыми расцепителями

Последние начинают работать при токе 1,35 номинального и, с учетом возможного отключения тока срабатывания на  $\pm 25\%$ , обеспечивают надежное действие при токе порядка 1,7 номинального тока расцепителя.

Номинальный ток расцепителя должен выбираться по условию наибольшего возможного тока длительной нагрузки. При малых величинах тока нагрузки расцепитель выбирается по отключающей способности, которая характеризуется величиной допустимого тока КЗ

Необходимая чувствительность автоматов должна обеспечиваться при выборе сечения жил кабелей во вторичных цепях ТН.

8 2 Анализ ситуаций, возникающих при неисправностях в цепях ТН с разработкой и определением расчетных выражений для вычислений уставок автоматов, с рекомендациями по их выбору приведен в типовой работе № 527703 (см п 12 настоящей ПЗ)

На основании указанных материалов выполнена свободная таблица принятых уставок автоматов во вторичных цепях ТН 6-750 кВ в зависимости от места установки последних с приведением расчетных выражений — см приложение 3

## 9. Выбор сечений жил кабелей во вторичных цепях ТН

### 9 1 Основные условия расчета.

9 1 1. Выбор сечений жил кабелей определяется двумя главными требованиями

- потеря напряжения в проводах вторичных цепей ТН не должна превышать значений, установленных ПУЭ.
- должна обеспечиваться надежная работа автоматических выключателей при КЗ во вторичных цепях ТН

На основе этих требований с использованием расчетных данных и формул, приведенных в типовой работе 52770-Э (см. п. 1.2 настоящей ПЗ), составлены таблицы по определению нагрузок вторичных цепей ТН с расчетами допустимых сопротивлений кабелей, а также сечений жил (проводов) кабелей, питающих указанные нагрузки, применительно к схемам распределительных устройств подстанций 110 - 750 кВ по типовым материалам для проектирования № 407 - 03 - 456.87.

Помимо таблиц выполнены графики, отражающие зависимость сечения жил (проводов) кабелей от их длины при определенных нагрузках во вторичных обмотках ТН с учетом допустимых потерь напряжения в кабелях при соответствующих классах точности ТН и счетчиков.

В таблицах и графиках приведены данные по расчетным выражениям, расчету и выбору сечений жил (проводов) кабелей, прокладываемых как в ячейках ТН распределительных устройств соответствующих напряжений, так и связывающих ящик зажимов ТН с панелью ввода цепей напряжения на щите, а также кабелей по щиту между панелью ввода и панелями РЗА, счетчиков, измерений.

Таблицы и графики выполнены отдельно для определенных схем распределительных устройств 6 - 750 кВ с учетом места установки ТН (на шинах, на линиях). Расчеты сечений проводов кабелей проведены для наиболее характерных сочетаний нагрузок на ТН при установке последних на линиях и шинах.

Содержащиеся в таблицах и графиках данные по определению и выбору сечений жил (проводов) кабелей предназначены для использования при конкретном проектировании.

Таблицы определения сечений проводов кабелей и графики даны в приложении 5.

## 9.2. Порядок выполнения расчета

9.2.1 Расчет начинается с определения нагрузки и выбора необходимой мощности ТН в заданном классе точности.

Пояснения по характеру и расчету нагрузок на ТН приведены в разделе 7 настоящей ПЗ.

9.2.2. По полученному значению максимальной нагрузки для обмоток „звезда“ и „разомкнутый треугольник“ с округлением до ближайшей большей величины нагрузки, приведенной в таблицах приложения 4, определяется значение допустимых сопротивлений в проводах кабелей от ячейки ТН до щита для основных и дополнительных обмоток ТН, с учетом допустимых падений напряжений в кабеле.

Допустимое сопротивление жил кабеля, полученное по заданному падению напряжения, сравнивается с допустимым сопротивлением кабеля по условию надежной работы защитного автомата при 2<sup>х</sup> фазном КЗ.

По результатам сравнения для определения сечения жил кабеля принимается меньшее по величине допустимое сопротивление кабеля.

9.2.3. По принятому допустимому значению сопротивления проводов в кабеле ( $Z_{пр доп}$ ), определяется расчетное сечение жил кабелей для выбранного расстояния между ячейкой ТН и щитом по выражению

$$l_1 = \frac{S}{\gamma Z_{пр доп}} (9-1), \text{ где}$$

$l_1$  — длина, в которую входит удвоенная длина кабеля от шкафа ТН до наиболее удаленной фазы + длина кабеля от шкафа ТН до панели ввода цепей напряжения на щите; удвоенная длина кабеля в ячейке ТН принимается в связи с объединением нуля вторичных цепей ТН в ящике зажимов;

$\gamma$  — удельная проводимость по меди = 57 (для контрольных кабелей при наличии межсистемных линий и для подстанций 330 кВ и выше); по алюминию = 34,5 (для силовых кабелей, а также контрольных кабелей, где не разрешается применение меди).

По расчетному значению сечения провода  $q_1$  подбирается ближайшее большее сечение кабеля и определяется его сопротивление  $Z_{пр 1}$  и  $Z_{пр.н}$  с учетом выбранного сечения на участке длиной  $l_1$ .

Величина  $Z_{пр1}$  должна быть меньше  $Z_{пр доп}$ , а  $Z_{пр1} + Z_{прN}$  меньше соответствующего значения допустимого сопротивления, обеспечивающего надежность работы автомата при 1-фазном КЗ (см таблицы приложения 4)

9 2 4 Сечение жил кабелей по щиту зависит от величины допустимых сопротивлений в отдельных кабелях, отходящих от панели ввода общих цепей напряжения к панелям — потребителям — (РЗА, измерений, счетчиков и т.д.) и от длины кабелей по щиту —  $\ell_2$

Допустимые сопротивления жил (проводов) кабелей для панелей защиты и автоматики определяются по выражению

$$Z_{пр РЗА} = \frac{(3 - 3 S_{нагр ТН} Z_{пр1} / 100) 100}{3 S_{нагр РЗА}} \quad (9-2), \text{ где}$$

$S_{нагр ТН}$  — общая нагрузка на ТН,

$Z_{пр1}$  — сопротивление кабеля на участке  $\ell_1$ ,

$S_{нагр РЗА}$  — потребление панели защиты

Допустимые сопротивления жил (проводов) кабелей до панели с измерительными приборами, осциллографом, датчиками телеизмерений вычисляются по выражению

$$Z_{пр изм} = \frac{(1,5 - 1,5 S_{нагр ТН} Z_{пр1} / 100) 100}{3 S_{нагр изм}} \quad (9-3), \text{ где}$$

$S_{нагр изм}$  — потребление панели измерения (осциллографа и т.д.)

Аналогичное по структуре выражение может быть использовано для определения сечения кабелей к панелям счетчиков с учетом соответствующих  $\Delta U$  (для расчетного учета 0,25 или 0,5, для технического 1,5), если кабель, связывающий ТН с панелью ввода цепей напряжения, был общим для цепей напряжения счетчиков, РЗА, измерений и т.д.

При прокладке отдельного кабеля от ТН к панелям счетчиков допустимое сопротивление проводов кабелей определяется по выражениям

для двухэлементных счетчиков типа САЗУ, ЭЭБ700

$$Z_{пр сз} = \frac{\Delta U 100}{2,64 S_{сз} \pi} \quad (9-4)$$

для трехэлементных счетчиков Ф443А

$$Z_{пр сз} = \frac{\Delta U 100}{3 S_{сз} \pi} \quad (9-5), \text{ где}$$

$\Delta U$  — допустимое падение напряжения,

$S_{сз}$  — потребление данного счетчика,

$\pi$  — количество счетчиков на панелях

9 2 5 Сечения соответствующих кабелей подсчитываются по формуле

$$q_2 = \frac{\ell_2}{\gamma Z_{пр РЗА (изм)}}, \text{ где}$$

$\ell_2$  — расстояние между панелями

$Z_{пр РЗА (изм)}$  — допустимое сопротивление провода, кабелей соответствующих назначений по выражениям 9-2, 9-3

#### 10. Особенности расчетов вторичных цепей ТН

Типовые материалы для проектирования содержат таблицы с расчетами вторичных цепей ТН по видам ТН и их подключениям в схемах распределительных устройств соответствующих напряжений (на линиях, шинах, вводах трансформаторов, автотрансформаторов)

Кроме того выполнены графики зависимости сечений проводов кабелей от их длины для наиболее характерных нагрузок по отдельным видам ТН

Ниже приводятся пояснения к соответствующим расчетам и графикам для ТН, используемым в схемах подстанций

10 1 ТН 6-10 кВ на вводах трансформаторов, автотрансформаторов предназначены для питания цепей напряжения устройств

- контроля изоляции (РН-153/60Д),
- контроля наличия напряжения, синхронизма (РНФ-1М-15ВА на фазу, реле РН153,154-4 шт - по 1ВА на обмотку, обмотка РН-55-6,5ВА, РВ238-20ВА - на обмотку),
- дистанционной защиты автотрансформатора (ПЭ2105-62ВА на фазу)

При подсчете нагрузки для реле напряжений их потребление приводится к напряжению 100 В

$$S = \left( \frac{U_{ТН}}{U_H} \right)^2 S_{реле}$$

$$\text{для РН-154/160} \quad S = \left( \frac{100}{40} \right)^2 1 = 6,25 \text{ ВА}$$

$$\text{РН-153/200} \quad S = \left( \frac{100}{50} \right)^2 1 = 4 \text{ ВА}$$

Определение максимальной нагрузки на фазу производится по выражению

$$S_{\text{нф max}} = \frac{S_2}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 + \frac{S_1}{S_2} + 1} + S_{\text{ф}},$$

где  $S_2 > S_1$  — межфазные нагрузки примыкающие к одной фазе,

$S_{\text{ф}}$  — нагрузка включенная на фазу

На вводах 6—10 кВ устанавливаются ТН типа НАМУ-10 или 3хЗНОЛ-6-10 — для автотрансформаторов и 2х НОЛ (НОМ)-6-10 — для трансформаторов

Нагрузка подключается к указанным ТН, допускает потерю напряжения в кабеле (связывающем шкаф КРУ (КРУН) 6—10 кВ со щитом)  $\Delta U = 3\text{В}$ , т.к. состоит из аппаратуры устройств защиты, и ТН может работать в классе точности 3

Согласно таблице СМ 1-1 (приложение 1) мощность ТН типа ЗНОЛ-6, НОЛ-6 (НОМ-6) в классе 3 составляет 200 ВА, а типа ЗНОЛ-10, НОЛ-10 (НОМ-10) — 300 ВА

Для ТН типа НАМУ-10 в заводских материалах отсутствуют данные по мощности ТН в существующих понятиях по классам точности, имеются данные по основной погрешности  $\pm 0,2\%$  и по дополнительной в зависимости от распределения нагрузок по обмоткам ТН (см таблицу СМ 1-2, приложение 1) Для каждого из вариантов сочетания нагрузок предлагается определять дополнительную погрешность ТН типа НАМУ по выражениям.

$$\Delta U_{\text{ав}} = - \left[ \frac{S_{\text{ав}} - 75}{100} + \frac{S_{\text{ас}}}{2 \cdot 100} \right] Z_{\text{к}} \quad (10-1)$$

$$\Delta U_{\text{вс}} = - \left[ \frac{S_{\text{вс}} - 75}{100} + \frac{S_{\text{ас}}}{2 \cdot 100} \right] Z_{\text{к}}$$

$$\Delta U_{\text{са}} = - \left[ \frac{S_{\text{ав}} - 75}{2 \cdot 100} + \frac{S_{\text{вс}} - 75}{2 \cdot 100} + \frac{2 S_{\text{са}}}{100} \right] Z_{\text{к}}$$

где  $S_{\text{ав}}, S_{\text{вс}}, S_{\text{са}}$  — мощности нагрузок, включенные на линейные напряжения,

$Z_{\text{к}}$  — сопротивление короткого замыкания, равное 0,6 Ом

Ниже проводится расчет вторичных цепей ТН на вводах 6—10 кВ автотрансформаторов, трансформаторов

10 и 1 По действующим типовым работам для ТН на вводе автотрансформатора по основной обмотке (А) нагрузка распределяется следующим образом

$$S_{\text{ав}} = 4 + 2 \times 6,5 + 3 \times 6,25 = 35,75 \approx 36 \text{ ВА},$$

$$S_{\text{вс}} = 0, S_{\text{ас}} = 0,$$

$$S_{\text{ф1}} = 62 + 15 = 77 \text{ ВА} \text{ — при включении одной панели ПЗ 2105}$$

$$S_{\text{ф2}} = 2 \times 62 + 15 = 139 \text{ ВА} \text{ — при включении двух панелей ПЗ 2105}$$

$$S_{\text{нф1 max}} = \frac{S_{\text{ав}}}{\sqrt{3}} + S_{\text{ф}} = \frac{36}{\sqrt{3}} + 77 = 98 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{нф2 max}} = \frac{S_{\text{ав}}}{\sqrt{3}} + S_{\text{ф2}} = \frac{36}{\sqrt{3}} + 139 = 160 \text{ ВА},$$

$$S_{\text{ав1 max}} = 36 + 77 = 113 \text{ ВА},$$

$$S_{\text{ав2 max}} = 36 + 139 = 175 \text{ ВА},$$

Для ТН типов 3х НОЛ-6 (3х ЗНОЛ-10) 98 ВА и  $160 < 200$  (300 ВА) обеспечивается работа ТН в классе точности 3

Для ТН типа НАМУ-10 определяется дополнительная погрешность с учетом распределения нагрузки  $S_{\text{ав2 max}} = 175 \text{ ВА}$  по выражению 10-1

$$\Delta U_{\text{ав}} = - \left[ \frac{175 - 75}{100} + \frac{139}{2 \cdot 100} \right] 0,6 = -1,017$$

$$\Delta U_{\text{вс}} = - \left[ \frac{139 - 75}{100} + \frac{139}{2 \cdot 100} \right] 0,6 = -0,801$$

$$\Delta U_{\text{са}} = - \left[ \frac{175 - 75}{2 \cdot 100} + \frac{139 - 75}{2 \cdot 100} - \frac{2 \cdot 139}{100} \right] 0,6 = +1,176$$

Максимальная суммарная погрешность НАМУ-10 составит

$$\sum \Delta U_{\text{са}} = +0,2 + 1,176 = +1,376$$

Полученное значение суммарной погрешности позволяет утверждать, что ТН при этом обеспечивает работу не ниже класса точности 3

Допустимое сопротивление провода кабеля основной обмотки ТН по потере напряжения в классе 3

— при включении одной панели ПЗ 2105

$$Z_{\text{пр}} = \frac{\Delta U U_{\text{н}}}{3 S_{\text{нагр}}} = \frac{3 \cdot 100}{3 \cdot 113} = 0,885 \text{ Ом}$$

— при включении двух панелей ПЗ 2105

$$Z_{\text{пр}} = \frac{\Delta U U_{\text{н}}}{3 S_{\text{нагр}}} = \frac{3 \cdot 10}{3 \cdot 175} = 0,571 \text{ Ом}$$

Допустимое сопротивление провода кабеля по надежности действия автоматов в режиме двухфазного КЗ подсчитывается

$$Z_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{3} U_{\text{нТН}}}{1,2 I_{\text{н расч}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 / \sqrt{3}}{1,2 \cdot 2,5} = 3,33 \text{ Ом}$$

Расчет сечений проводов кабелей основной обмотки определяется по сопротивлению  $Z_{\text{пр}}$

— при включении одной панели ПЗ 2105

Альбом 1

Унбм подл. Подп. и дата. Взам. Инв. №

$$q = \frac{l}{\gamma \cdot z_{пр}} = \frac{l}{57 \cdot 0,885} = \frac{l}{50,4} - \text{для кабеля с медными проводниками}$$

$$q = \frac{l}{\gamma \cdot z_{пр}} = \frac{l}{34,5 \cdot 0,885} = \frac{l}{30,5} - \text{для кабеля с алюминиевыми проводниками}$$

— при включении двух панелей ПЭ 2105

$$q = \frac{l}{\gamma \cdot z_{пр}} = \frac{l}{57 \cdot 0,571} = \frac{l}{32,55} - \text{для кабеля с медными проводниками}$$

$$q = \frac{l}{\gamma \cdot z_{пр}} = \frac{l}{34,5 \cdot 0,571} = \frac{l}{19,69} - \text{для кабеля с алюминиевыми проводниками}$$

Выбор сечения кабелей при конкретном проектировании производится по графику СМ 5-2-1 приложения 5

Допустимое сопротивление кабеля дополнительной обмотки принимается по надежности действия автомата, из-за незначительной нагрузки в цепи ЗИО

Расчет производится по выражению

$$z_{пр} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3 U_{н.тн}}{6 I_{н.расч}}$$

$$\text{Для НАМУ-10} - z_{пр} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3 \cdot 100}{6 \cdot 16} = 15,625 \text{ Ом}$$

$$\text{Для ЗНОЛ-6-10} - z_{пр} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3 \cdot 100/3}{6 \cdot 2,5} = 3,33 \text{ Ом}$$

Зависимость сечения кабеля от его длины для дополнительной обмотки определяется

для ТН типа НАМУ-10

$$q = \frac{l}{57 \cdot 15,625} = \frac{l}{890,6} \text{ мм}^2 - \text{при медных проводах в кабелях,}$$

$$q = \frac{l}{34,5 \cdot 15,625} = \frac{l}{539} \text{ мм}^2 - \text{при алюминиевых проводах в кабелях,}$$

для ЗНОЛ-6-10

$$q = \frac{l}{57 \cdot 3,33} = \frac{l}{189,8} \text{ мм}^2 - \text{при медных проводах в кабелях,}$$

$$q = \frac{l}{34,5 \cdot 3,33} = \frac{l}{114,9} \text{ мм}^2 - \text{при алюминиевых проводах в кабелях}$$

Выбор сечения кабелей при конкретном проектировании производится по графикам СМ 5-2-2, 3 приложения 5

10 1 2 ТН на вводе 6-10 кВ трансформатора собирается по схеме открытого треугольника с применением 2НОЛ (НОМ)-6-10

В связи с указанным ранее для наилучшего использования мощностей обмоток ТН, целесообразно равномерно распределить нагрузку между двумя обмотками

$$S_{ф} = 158 \text{ А}$$

$$S_{св} = 6,25 + 20 = 26,25 \text{ ВА}$$

$$S_{св} = 6,25 + 6,5 + 6,25 = 19 \text{ ВА}$$

Характер нагрузки — устройства РЗА допускают работу ТН в классе точности 3

Максимальная нагрузка на обмотку

$$S_{н.мах} = S_{ав.мах} = 15 \sqrt{3} + 26,55 = 52,2$$

$S_{н.мах} = 52,2 < 200 (300)$  — номинальной мощности на ТН типа НОЛ-6(-10)кВ в классе точности 3

Допустимое сопротивление провода кабеля по потере напряжения для устройства РЗА

$$z_{пр} = \frac{\Delta U \cdot 100}{3 S_{нагр}} = \frac{3 \cdot 100}{3 \cdot 52,2} = 1,9 \text{ Ом}$$

Расчет сечения проводов кабеля производится по сопротивлению 1,90, т.к. допустимое сопротивление провода кабеля по надежности действия автомата при двухфазном КЗ больше ( $3,33 > 1,90 \text{ Ом}$ )

Зависимость сечения кабеля от длины определяется выражениями

$$q = \frac{l}{57 \cdot z_{пр}} - \text{при медных проводах в кабелях,}$$

$$q = \frac{l}{34,5 \cdot z_{пр}} - \text{при алюминиевых проводах в кабелях}$$

По принятому допустимому сопротивлению

$$z_{пр} = 1,90 \text{ Ом} \text{ зависимость } q \text{ от } l \text{ просчитывается по}$$

$$q = \frac{l}{108,3} \text{ мм}^2 - \text{для кабелей с медными проводниками,}$$

$$q = \frac{l}{65,55} \text{ мм}^2 - \text{для кабелей с алюминиевыми проводниками}$$

Выбор сечения кабелей при конкретном проектировании производится по графику СМ 5-2-4 приложения 5

10 2 ТН 6-10 кВ на шинах для питания цепей защиты автоматики, измерения, учета (3х ЗНОЛ-6-10, НАМУ-10)

Нагрузки на ТН 6-10 кВ можно подразделить на два вида

— общеподстанционные,

- счетчики линий 6-10 кВ к общеподстанционным относятся.
- контроль напряжения на шинах 6-10 кВ,
- контроль исправности цепей ТН,
- контроль изоляции,
- блокировка по напряжению максимальной токовой защиты, защиты от дуговых замыканий секции шин 6-10 кВ,
- питание устройства автоматической частотной нагрузки секции шин 6-10 кВ,
- вольтметр показывающий с переключателем,
- ваттметр, варметр на выключателе ввода трансформатора, автотрансформатора,
- питание устройства регулирования напряжения под нагрузкой на трансформаторе, автотрансформаторе,
- питание защиты от замыканий на землю, действующей на отключение.

10.2.1. Для выполнения оптимального распределения общеподстанционных нагрузок на основную обмотку (А) предлагается подключение их в следующем порядке:

$$S_{ав} = S_{рн 154/160} - 2 шт + S_{вн + вна} + S_{вн + вна} =$$

$$= 2 \cdot 6,25 + 2 \cdot 3,7 + 2 \cdot 10 = 39,9 \text{ ВА}$$

$$S_{вс} = S_{рн 154/160} + S_{вн + вна} + S_{вн + вна} =$$

$$= 6,25 + 2 \cdot 3,7 + 2 \cdot 10 = 33,65 \text{ ВА}$$

$$S_{св} = S_{рн 154/160} + S_{вна} + S_{лчр} + S_{рпн} + S_v =$$

$$= 6,25 + 3,7 + 2 \cdot 3 + 10 + 2 = 27,95 \text{ ВА}$$

$$S_{ф} = S_{впнн} + S_{рнф} - 1M = 24 \text{ ВА}$$

$$S_{нф \max} = S_{нфв} = \frac{S_{вс}}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{S_{ав}}{S_{вс}}\right)^2 + \frac{S_{ав}}{S_{вс}} + 1} + S_{ф}$$

$$S_{нф \max} = \frac{33,65}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{39,9}{33,65} + \frac{39,9}{33,65} + 1} + 24 = 60,86 \text{ ВА}$$

$S_{нф \max} = 60,86$  учитывает использование счетчиков с потреблением — 3,7 ВА

Для счетчиков САЗУ и СЧУ с потреблением — 6 ВА на обмотку

$$S_{ав} = 44,5 \text{ ВА}, S_{вс} = 38,25 \text{ ВА}; S_{св} = 30,25 \text{ ВА}$$

$$S_{нф \max} = \frac{38,25}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{44,5}{38,25}\right)^2 + \frac{44,5}{38,25} + 1} + 24 = 68,06 \text{ ВА}$$

10.2.2. Согласно техническим данным, ТН типа ЗНОЛБ работает в классе 1 при нагрузке до 75 ВА

Следовательно, при применении счетчиков типа ЭЭ6700 разница между мощностью ТН и общеподстанционной нагрузкой составит

$$75 - 60,86 = 14,14 \text{ ВА}$$

а при использовании счетчиков САЗУ и СЧУ

$$75 - 68,06 = 6,94 \text{ ВА}$$

В первом случае к ТН можно подключить одну линию с расчетным учетом, во втором подключение расчетных счетчиков линии не допускается.

Если на подстанции все линии 6-10 кВ, имеют технический учет, то их питание вместе с подстанционной нагрузкой допускается осуществлять от ТН в классе точности ниже 1, то есть 3. Для ЗНОЛБ допустимая нагрузка в указанном классе составляет 200 ВА, запас по мощности выражается в 139,1 и 131,94 ВА в зависимости от типов примененных счетчиков.

Количество линий с техническим учетом может быть 19 — при использовании счетчиков типа ЭЭ6700 или 11 — при САЗУ и СЧУ

При конкретном проектировании весьма редко имеются точные данные по виду учета на линиях 6-10 кВ и маловероятно, что все они будут иметь только технический учет.

Если же на шинах 6-10 кВ подстанции имеются линии с техническим и расчетным учетом, то количество линий (соответственно количества счетчиков, питающихся от общих цепей напряжения) должно определяться по возможностям расчетного учета, т.к. ТН должен работать в классе точности 1.

10 2 3. ТН типа ЗНОЛ-10 в классе точности 1 допускает подключение нагрузки до 150 ВА, поэтому к общим цепям напряжения могут быть подключены цепи расчетных счетчиков линий в количестве 7 — со счетчиками САЗУ и СРЧУ или 12 — со счетчиками ЭЗБ700.

Если от шин 6-10 кВ подстанции отходят линии только с техническим учетом, то работа ТН допустима в классе точности 3 с нагрузкой до 300 ВА.

При этом к ТН помимо общеподстанционной нагрузки могут подключаться линии с техническим учетом практически без ограничения их количества (32 линии со счетчиками ЭЗБ700 или 19 линий со счетчиками САЗУ, СРЧУ).

При наличии на шинах 6-10 кВ линий с техническим и расчетным учетом количество линий определяется числами ~ 7 (САЗУ и СРЧУ) или 12 (ЭЗБ700) пояснения см п 10 2 2

10 2 4 Для ТН типа НАМУ-10 выполняется расчет дополнительной погрешности, учитывающей принятое распределение нагрузок по обмоткам —  $\Delta U_{доп}$ , согласно п 10 2 1 и выражениям 10-1.

При применении счетчиков ЭЗБ700

$$S_{аб} = 39,9 + 24 = 63,9 \text{ ВА}$$

$$S_{вс} = 33,65 + 24 = 57,65 \text{ ВА}$$

$$S_{са} = 27,95 + 24 = 51,95 \text{ ВА}$$

$$\Delta U_{аб доп} = - \left[ \frac{63,9 - 75}{100} + \frac{51,95}{2 \cdot 100} \right] \cdot 0,6 = - 0,089$$

$$\Delta U_{вс доп} = - \left[ \frac{57,65 - 75}{100} + \frac{51,95}{2 \cdot 100} \right] \cdot 0,6 = - 0,052$$

$$\Delta U_{са доп} = - \left[ \frac{63,9 - 75}{2 \cdot 100} + \frac{57,65 - 75}{2 \cdot 100} + \frac{51,95}{100} \right] \cdot 0,6 = - 0,226$$

Максимальная суммарная погрешность будет:

$$\sum \Delta U_{са} = \Delta U_{осн} + \Delta U_{доп}, \text{ где}$$

$\Delta U_{осн}$  — основная погрешность по напряжению  $\pm 0,2\%$ ;

$\Delta U_{доп}$  — дополнительная погрешность по напряжению — 0,226.

$$\sum \Delta U_{таж} = - 0,2 - 0,226 = - 0,426$$

При применении счетчиков САЗУ и СРЧУ

$$S_{аб} = 44,5 + 24 = 68,5$$

$$S_{вс} = 38,25 + 24 = 60,25$$

$$S_{са} = 30,25 + 24 = 54,25$$

$$\Delta U_{аб доп} = - \left[ \frac{68,5 - 75}{100} + \frac{54,25}{2 \cdot 100} \right] \cdot 0,6 = - 0,085$$

$$\Delta U_{вс доп} = - \left[ \frac{60,25 - 75}{100} + \frac{54,25}{2 \cdot 100} \right] \cdot 0,6 = - 0,074$$

$$\Delta U_{са доп} = - \left[ \frac{68,5 - 75}{2 \cdot 100} + \frac{60,25 - 75}{2 \cdot 100} + \frac{54,25}{100} \right] \cdot 0,6 = - 0,262$$

Максимальная суммарная погрешность будет

$$\sum \Delta U_{са} = \Delta U_{осн} + \Delta U_{доп}$$

$$\sum \Delta U_{таж} = - 0,2 - 0,262 = - 0,462\%$$

Полученное сочетание суммарных погрешностей позволяет утверждать, что ТН обеспечивает работу не ниже класса точности 0,5.

Подключение к ТН счетчиков расчетного учета линий не должно выводить его из класса точности 1, то — есть должно быть справедливо неравенство  $\sum \Delta U_{таж} < 1\%$ .

Проверка возможности подключения дополнительной нагрузки от счетчиков линий проводилась методом последовательных приближений.

При применении на линиях счетчиков типа ЭЗБ700 количество линий с расчетным учетом, подключаемых к ТН типа НАМУ, помимо общеподстанционной нагрузки составит 6, при этом  $\sum \Delta U_{таж} = - 0,2 - 0,733 = - 0,933\%$

Количество линий с расчетным учетом с счетчиками САЗУ и СРЧУ будет 4, при этом

$$\sum \Delta U_{таж} = - 0,2 - 0,694 = - 0,894\%$$

Если от шин 6-10 кВ подстанции отходят линии только с техническим учетом, то работа ТН допустима в классе точности 3.

Для ТН типа НАМУ-10 по расчетам дополнительной погрешности возможно подключение (помимо общеподстанционной нагрузки) более 30 линий с техническим учетом при использовании счетчиков ЭЗБ700 или 23 линии с счетчиками САЗУ и СРЧУ.



10 2 5 Результаты расчетов по числу линий, счетчики которых подключаются по цепям напряжения к шинным ТН 6-10 кВ (в дополнении к общеподстанционной нагрузке в соответствующих классах точности), приведены в таблице.

Таблица 10-1

Виды нагрузок	Типы ТН 6-10 кВ						
	ЭЗБ700	ЗНОЛ 6		ЗНОЛ 10		НАМИ 10	
		Класс точности		Класс точности		Класс точности	
		1	3	1	3	1	3
1		2	3	4	5	6	7
Общеподстанционная нагрузка		+		+		+	
Количество линий с счетчиками	ЭЗБ700	1	19	12	более 30	6	более 30
	САЗУ, СРЧУ	—	11	7	19	4	23

Количество линий, указанные в графах 2, 4, 6, дано при наличии линий с расчетным и техническим учетом (пояснения см п 10 2. 2), в графах 3, 5, 7 — при наличии линий только с техническим учетом.

10 2 6. При установке на шинах 6 кВ ТН типа 3хЗНОЛ 6 при конкретном проектировании необходимо предусматривать установку дополнительного ТН для питания счетчиков линий расчетного учета.

Необходимость применения дополнительного ТН при установке на шинах 3хЗНОЛ 10 и НАМИ 10 решается в конкретном проектировании по характеру учета отходящих линий в зависимости от их числа.

Дополнительный ТН для питания счетчиков собирается из двух однофазных ТН типа НОЛ 6-10 (НОМ 6-10), соединенных по схеме открытого треугольника.

Нагрузка на обмотку ТН определяется по выражению:

$$S_H = S_{ав} \sqrt{\left(\frac{S_{ас}}{S_{ав}}\right)^2 + \frac{S_{са}}{S_{ав}} + 1}, \text{ где}$$

$$\left. \begin{array}{l} S_{ав} = S_{вс} = 7,4 \text{ ВА} \\ S_{са} = 3,7 \text{ ВА} \end{array} \right\} \text{ для счетчиков ЭЗБ700,}$$

$$\left. \begin{array}{l} S_{ав} = S_{вс} = 12 \text{ ВА} \\ S_{са} = 6 \text{ ВА} \end{array} \right\} \text{ для счетчиков САЗУ и СРЧУ}$$

$$S_H = 7,4 \sqrt{1,75} = 9,8 \approx 10 \text{ ВА}$$

$$S_H = 12 \sqrt{1,75} = 15,9 \approx 16 \text{ ВА}$$

Для ТН 2хНОЛ (НОМ 6) номинальная мощность обмотки в классе 1 — 75 ВА; к ТН можно подключить счетчики типа ЭЗБ700 — 7 линий или счетчики типа САЗУ и СРЧУ — 5 линий с расчетным учетом.

Для ТН 2хНОЛ (НОМ 10) номинальная мощность обмотки в классе 1 — 150 ВА; к ТН можно подключить счетчики типа ЭЗБ700 — 15 линий или счетчики типа САЗУ и СРЧУ — 10 линий с расчетным учетом.

10 3. Потребители цепей вторичных соединений

на шинах, как правило, размещаются в шкафах КРУ (КРУН) 6-10 кВ, и их питание осуществляется от шинок 4 мм<sup>2</sup>, проходящих вдоль всех шкафов секции.

Исключением являются цепи измерительных приборов и РПН на щите, к которым прокладывается кабель, S<sub>нагр</sub> для них составляет 32 ВА, допустимая потеря по напряжению ΔU = 1,5.

Допустимое сопротивление провода кабеля по потере напряжения для измерительных приборов и РПН:

$$Z_{пр} = \frac{\Delta U \cdot U_H}{3 S_{нагр}} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 32} = 1,56 \text{ Ом}$$

Расчет сечения проводов кабеля проводится по потере напряжения, т.к. по надежности действия автомата допустимое сопротивление больше (3,33 > 1,56 Ом).

Зависимость сечения кабеля от его длины определяется по выражению:

$$q = \frac{l}{\gamma \cdot Z_{пр}}$$

Для основной обмотки ТН

$$q = \frac{l}{57 \cdot 1,56} = \frac{l}{88,92} - \text{для кабелей с медными проводами;}$$

$$q = \frac{l}{34,5 \cdot 1,56} = \frac{l}{53,82} - \text{для кабелей с алюминиевыми проводами.}$$

Выбор сечения кабелей при конкретном проектировании производится по графику см 5-2-5, приложение 5.

Расчет цепей напряжения дополнительной обмотки (как в п. 10.1.1.) для ТН 6-10 кВ на шинах не требуется, т.к. соответствующая аппаратура установлена в шкафах КРУ (КРУН) 6-10 кВ.

#### 10 4 ТН типа НОМ-35 на линии 35 кВ

ТН предназначается для питания цепей контроля АПВ по синхронизму и наличию (отсутствию) напряжения

В связи с малой величиной нагрузки ТН, допустимое сопротивление кабеля определяется по надежности действия автомата —

$$Z_{\text{пр доп}} = \frac{1}{2} \frac{3 U_{\text{н.тн}}}{6 U_{\text{расч}}} = \frac{1}{2} \frac{3 \cdot 100}{6 \cdot 2,5} = 10 \text{ Ом}$$

Зависимость сечения кабеля от его длины —

$$q = \frac{L}{\gamma Z_{\text{пр доп}}} = \frac{L}{34,5 \cdot 10} = \frac{L}{345},$$

позволяет принять однозначно — для ТН типа НОМ-35 (на линии 35 кВ) кабель 2,5 мм<sup>2</sup> с алюминиевыми жилами

10 5 ТН типа 3 × ЗНОМ-35 на вводе автотрансформатора. Нагрузка основной обмотки на ТН 3 × ЗНОМ-35, включенного на вводе автотрансформатора, незначительна, поэтому допустимое сопротивление проводов от ТН до нагрузки выбирается по условию обеспечения надежного действия автомата, и не должно превышать 6,7 Ом

Указанное  $Z_{\text{пр доп}}$  обеспечивается при прокладке кабелей от ТН до щита на расстояние до 570 м при использовании как медных жил сечением 1,5 мм<sup>2</sup>, так и алюминиевых — 2,5 мм<sup>2</sup>

Дополнительная обмотка ТН 3 × ЗНОМ-35 на вводе 35 кВ автотрансформатора имеет то же назначение и ту же нагрузку, что и ТН на вводе 6–10 кВ автотрансформатора

Необходимые пояснения по определению нагрузок, допустимого сопротивления проводов кабелей, а также данные по зависимости сечения кабелей от длины для вторичных цепей дополнительных обмоток см в п 10 1

#### 10 6 ТН 3 × ЗНОМ-35 на шинах 35 кВ

ТН на шинах 35 кВ предназначается для питания цепей защиты, автоматики, измерения и учета

Нагрузки на ТН 35 кВ можно подразделить на два вида

- общеподстанционные,
- устройства РЗА и счетчики линий 35 кВ

К общеподстанционным относятся следующие нагрузки.

- контроль напряжения на шинах 35 кВ,
- контроль исправности цепей ТН,
- контроль изоляции,

- питание устройств автоматической частотной нагрузки секции шин 35 кВ (уточняется при конкретном проектировании),
- вольтметр, показывающий с переключателем, возможная установка регистрирующего вольтметра,
- ваттметр, варметр на выключателе ввода 35 кВ трансформатора, автотрансформатора,
- питание устройства регулирования напряжения под нагрузкой трансформатора

К нагрузкам линии относятся панели защиты линий (ПЗ-4 и др) и счетчики

10 6 1 Характер общеподстанционной нагрузки и ее распределение в основном повторяет принятые для ТН на шинах 6–10 кВ, отличием является возможность установки регистрирующего вольтметра

Учитывая изложенное, в соответствии с п 10 2 в части расчета нагрузок, для основной обмотки ТН на шинах 35 кВ принимается следующее распределение общеподстанционной нагрузки

$S_{ab} = 40 \text{ ВА}$	} при применении счетчиков ЗЗБ700 на трансформаторном вводе	$S_{qb} = 45 \text{ ВА}$	} для счетчиков САЗУ, СРЧУ на трансформаторном вводе
$S_{ba} = 34 \text{ ВА}$		$S_{bc} = 39 \text{ ВА}$	
$S_{ca} = 38 \text{ ВА}$		$S_{ca} = 41 \text{ ВА}$	

$$S_{\text{р}} = S_{\text{рнф-тн}} = 15 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{нф тах}} = S_{\text{нфа}} = \frac{S_{ca}}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{S_{ab}}{S_{ca}}\right)^2 + \frac{S_{ab}}{S_{ca}} + 1} + S_{\text{р}} =$$

$$= \frac{38}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{40}{38}\right)^2 + \frac{40}{38} + 1} + 15 = 54,1 \text{ ВА} \quad \text{— для счетчиков ЗЗБ700}$$

$$S_{\text{нф тах}} = \frac{41}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{45}{41}\right)^2 + \frac{45}{41} + 1} + 15 = 58 \text{ ВА} \quad \text{— для счетчиков САЗУ и СРЧУ}$$

10 6 2 Согласно техническим данным, ТН типа 3 × ЗНОМ-35 работает в классе точности 1 при нагрузке до 250 ВА и в классе 3 при нагрузке 600 ВА

Разница между мощностью ТН и общеподстанционной нагрузкой на шинах 35 кВ предназначается для питания цепи напряжения линий 315 кВ

Общая нагрузка от одной линии на фазу складывается из потребления счетчиков активной и реактивной энергии и потребления устройств защиты

Альбом 1

$$S_{\text{ф нагр линии}} = 12 + 60 = 72 \text{ ВА}$$

счетчики + панель ПЗ-4

$$S_{\text{ф нагр линии}} = 12 + 35 = 47 \text{ ВА}$$

счетчики + направленная защита

$$S_{\text{ф нагр линии}} = 12 \text{ ВА}$$

со счетчиками

При конкретном проектировании определяются устройства РЗА, измерений и вид учета на линиях

Если на линиях установлены счетчики расчетного учета, то потребление нагрузки, подключенной к вторичным цепям ТН, не должно превышать величину его мощности в классе I, то-есть 250 ВА. При техническом учете на линиях ТН может работать в классе точности 3 с нагрузкой до 600 ВА. В режиме резервирования допускается переход ТН в более низкий класс точности в связи с кратковременно-стью указонного режима

10 Б 3 Допустимое сопротивление кабеля по падению напряжения при расчетном учете на линиях будет определяться как —

$$Z_{\text{пр доп}} = \frac{\Delta U_{\text{ли}}}{I_{\text{нагр}}} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 250} = 0,067 \text{ Ом}$$

при техническом учете —

$$Z_{\text{пр доп}} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 200} = 0,20 \text{ Ом}$$

Допустимое сопротивление по надежной работе автомата

$$Z_{\text{пр доп}} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{лн}}}{I_{\text{н расч}}}\right)^2 - \chi_{\text{лн}}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} \cdot 100 / \sqrt{3}}{12 \cdot 10}\right)^2 - 0,167^2} = 0,820 \text{ м}$$

10 Б 4 Расчет сечения проводов кабеля основной обмотки ТН производится с  $Z_{\text{пр доп}}$  по падению напряжения

При прокладке от ТН до щита общего кабеля для устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), измерений (ИЗМ), счетчиков (СЧ), сечение проводов определяется по выра-

$$q = \frac{l}{r \cdot Z_{\text{пр доп}}}$$

$$q = \frac{l}{34,5 \cdot 0,067} = \frac{l}{2,3} \text{ при расчетном учете на линиях,}$$

$$q = \frac{l}{34,5 \cdot 0,2} = \frac{l}{6,9} \text{ при техническом учете на линиях}$$

Для уменьшения сечения кабеля при расчетном учете на линиях целесообразно проложить отдельный кабель для счетчиков, при этом

— для кабеля счетчиков

$$Z_{\text{пр доп}} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 50} = 0,33 \text{ Ом}$$

$$q = \frac{l}{34,5 \cdot 0,33} = \frac{l}{11,4}$$

— для кабеля релейной защиты и измерения

$$Z_{\text{пр доп}} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 200} = 0,25 \text{ Ом}$$

$$q = \frac{l}{34,5 \cdot 0,25} = \frac{l}{8,6}$$

Выбор сечения кабелей при конкретном проектировании производится по графикам см 5-2-8-9 приложения 5

Если на линиях 35 кВ установлены простые защиты, не требующие питания по цепям напряжения, то кабель прокладывается только для цепей общеподстанционной нагрузки и счетчиков

При этом, если на шинах 35 кВ отсутствуют линии с расчетным учетом и сложными защитами, то  $Z_{\text{пр доп}}$  может быть определено по фактической нагрузке ТН-35, которая в данном случае не превышает 100 - 120 ВА

$$Z_{\text{пр доп}} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 120} = 0,417 \text{ Ом}$$

$$q = \frac{l}{r \cdot Z_{\text{пр доп}}} = \frac{l}{34,5 \cdot 0,417} = \frac{l}{14,3}$$

10 Б 5 Допустимое сопротивление кабеля дополнительной обмотки принимается по надежности действия автомата, из-за незначительной нагрузки в цепи ЗШ

Расчет производится по выражению

$$Z_{\text{пр доп}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_{\text{лн}}}{I_{\text{н расч}}} = \frac{1 \cdot 100 / 3}{2 \cdot 10} = 1,67 \text{ Ом}$$

$$q = \frac{l}{r \cdot Z_{\text{пр доп}}} = \frac{l}{57,6}$$

Выбор сечения кабелей при конкретном проектировании производится по графику см 5-2-10 приложения 5

УИЭ киоаи, Подп. и дата Взам УИЭ М

10.7 ТН на линиях 110 - 220 кВ на подстанциях с мостовыми схемами предназначается для питания цепей защиты автоматики, измерений и учета

10.7.1 Нагрузки на ТН приведены в таблице СМ 2-2 приложения 2

Расчет нагрузок на ТН выполнен для подстанций на постоянном и выпрямленном оперативном токе с применением стабилизированного блока питания БПНС-2

Суммарные нагрузки определены в режиме работы ТН на одну линию, а также при резервировании нагрузки второй линии путем увеличения нагрузки на один ТН - вдобавок

10.7.2 Допустимые сопротивления проводов кабелей основной обмотки ТН определялись для следующих видов учета на линиях

- расчетного с  $\Delta U = 0,25\%$  (для межсистемных линий),  $\Delta U = 0,5\%$ ,
- технического с  $\Delta U = 1,5\%$ .

Расчет допустимых сопротивлений по  $\Delta U$  и данные по допустимым сопротивлениям проводов кабелей по надежности работы автоматов приведены в таблице СМ 4-1 приложения 4

10.7.3 Расчет сечений кабелей вторичных цепей напряжения основной обмотки ТН 110 - 220 кВ проведен по допустимым сопротивлениям проводов, выбранным в составе данных таблицы СМ 4-1 по падению напряжения и по надежности работы автоматов

В связи с незначительными нагрузками на ТН а также небольшими размерами щитового помещения, сечения кабелей по щиту между панелью ввода цепей напряжения и соответствующими панелями - потребителями релейной защиты, автоматики, измерений, счетчиков не выходят за пределы  $2,5 \text{ мм}^2$  по алюминию для ПС на постоянном оперативном токе

Для ПС на выпрямленном оперативном токе в блоках БПНС-2 при наличии на линиях расчетного учета требуется прокладка отдельного кабеля до панели счетчиков. При организации на линиях технического учета от ТН до панели ввода цепей напряжения используется общий кабель

В таблице СМ 5-1-1 и графиках СМ 5-2 и 14 даны зависимости сечения проводов от длины кабелей

При этом в графиках  $q_1 = f(l_1)$  приведены расчетные зависимости сечения кабелей от длины обозначенные тонкими линиями, и выбранные сечения силовых кабелей, показанные утолщенными линиями

В графиках  $q_2 = f(l_2)$  приведена зависимость сечения (провода) от длины кабелей по щиту

На основании указанных графиков при конкретном проектировании производится выбор сечения кабеля с учетом расстояний по конкретному объекту

10.7.4 Допустимое сопротивление кабеля дополнительной обмотки принимается по надежности действия автомата, из-за незначительной нагрузки в цепи ЗЦ. Расчет зависимости сечения провода кабеля от длины и график см СМ 5-1-2 и СМ 5-2-17 приложения 5

10.8 ТН на шинах 110 - 220 кВ предназначается для питания цепей напряжения устройств защиты автоматики, измерений, учета на

- шинах 110 - 220 кВ,
- отходящих линиях 110 - 220 кВ
- стороны 110 - 220 кВ силовых трансформаторов, автотрансформаторов

10.8.1 Нагрузки на ТН приведены в таблице СМ 2-3 приложения 2

Расчет нагрузок выполнен для одного из видов подстанций с учетом потребления по цепям напряжения на один ТН 110 - 220 кВ от устройств РЗА, измерений, учета 6-ти линий, одного трансформаторного ввода 110 - 220 кВ и соответствующих устройств на шинах

Общая нагрузка на ТН составляет порядка 420 ВА, что обеспечивает работу ТН в классе точности 1

Для определения допустимых сопротивлений кабелей, а также требуемых сечений принята полная мощность ТН в классе точности 1 - 600 ВА

Указанное целесообразно в связи с возможными расширениями РУ 110 - 220 кВ

Распределение 600 ВА между нагрузками РЗА, измерительными приборами и счетчиками осуществлено пропорционально полученным соотношениям при нагрузке 420 ВА

В режиме резервирования на ТН одной системы шин подключается двойная нагрузка (от двух систем шин)

При этом трансформатор будет работать в классе точности 3 ( $S_{ном} = 1200 \text{ ВА}$ )

В связи с непродолжительностью такого режима, это считается допустимым

10.8.2 Допустимые сопротивления проводов кабелей определялись для следующих видов учета на линиях

- расчетного с  $\Delta U = 0,5\%$
- технического с  $\Delta U = 1,5\%$

Данные по допустимым сопротивлениям проводов кабелей приведены в таблице см 4-2

При подключении на шины 110-220 кВ межсистемных линий требуется установка дополнительного ТН, работающего в классе точности не ниже 0,5. Общая нагрузка на указанный ТН не должна быть больше 400 ВА

Определение допустимых сопротивлений для кабелей от дополнительного ТН к счетчикам класса 0,5 (для  $\Delta U = 0,25$  при межсистемном участке) см в п 10.7.2 и таблице см 4-1 соответственно

10.8.3 Расчет сечений кабелей цепей напряжения основной обмотки ТН выполнен по принципам, изложенным в п 10.7.3 по данным таблицы см 4-2 приложения 4

В связи со значительной нагрузкой на ТН шин 110-220 кВ, при расстоянии от ячейки ТН РУ 110-220 кВ до щита более 150 м сечение общего кабеля (РЗА и измерений) будет превышать  $50 \text{ мм}^2$ . Учитывая сложность подключения силового кабеля сечением более  $50 \text{ мм}^2$  к зажимам ТН, следует учитывать соответствующую замену кабеля на участке между зажимами ТН и ящиком зажимов — как пропорциональное удлинение кабеля

В таблице см 5-1-3 и графиках см 5-2-15-16-18 приложения 5 даны зависимости сечения проводов от длины кабелей, по которым производится выбор сечений при конкретном проектировании

Обозначения расчетных и принятых сечений кабелей выполнены аналогично п 8.7.3

10.8.4 Допустимые сопротивления кабеля в цепях дополнительных обмоток ТН 110-220 кВ на шинах и линиях одинаковы и даны в таблицах см 4-2 и см 4-1 соответственно. Таблица расчета сечения провода кабеля и график в соответствии с п 10.7.4 приведены в приложении 5 (см 5-1-3 и см 5-2-1)

10.9 ТН на линиях 330-750 кВ предназначены для питания цепей защиты, автоматики, измерения и учета

10.9.1 Нагрузки на ТН приведены в таблице см 2-4 приложения 2

Расчет нагрузок на ТН выполнен для потребления по цепям напряжения от устройств одной линии, а для режима резервирования со схемами распределителей „Треугольник“, „Четырехугольник“ приведена суммарная нагрузка от двух линий

10.9.2 Допустимые сопротивления проводов кабелей основной обмотки ТН определялись для тех же видов учета с допустимыми потерями по напряжению, как указано в п 10.7.2

Расчет допустимых сопротивлений по  $\Delta U$  и данные по допустимым сопротивлениям проводов кабелей по надежности работы автоматов приведены в таблице см 4-3

10.9.3 Расчет сечений кабелей вторичных цепей напряжения основной обмотки выявил необходимость прокладки отдельного кабеля от ТН до панели счетчиков при расчетном учете на линиях ( $\Delta U = 0,25\%$ ,  $\Delta U = 0,5\%$ )

В данном случае от ТН на щит направляются два кабеля — один для счетчиков, второй общий для устройств защиты, автоматики (РЗА) и устройств измерительных приборов, преобразователей и пр (изм)

При техническом учете на линиях от ТН до щита прокладывается один общий кабель ( $\Delta U = 1,5\%$ ) на панель ввода, от которой кабельными перемычками подаются цепи на панели защиты, автоматики, управления, счетчиков и т.д.

Расчет сечений кабелей основной обмотки ТН приведен в таблице см 5-1-4, графики зависимости сечений от длины кабелей см 5-2-19-21 даны в приложении 5

10.9.4 Допустимое сопротивление кабеля дополнительной обмотки принимается по надежности действия автомата из-за незначительной нагрузки в цепи ЗИ.

Расчет зависимости сечения провода кабеля от длины и график см см 5-1-6 и см 5-2-24 приложения 5

10.10. ТН на шинах 330-750 кВ предназначены для питания цепей напряжения устройств РЗА и измерений на шинах, а также для соответствующих устройств на линиях 330-750 кВ в режиме резервирования.

10.10.1. Нагрузки на ТН приведены в таблице см 2-5 приложения 2.

Расчет нагрузок выполнен для потребителей РЗА и измерений на шинах, а также устройств РЗА, измерений и счетчиков, установленных на одной из резервных линий.

10.10.2. Допустимые сопротивления проводов кабелей основной обмотки ТН определялись по потере напряжения раздельно для кабеля к панели счетчиков (по  $\Delta U = 0,25\%$  и  $\Delta U = 0,5\%$ ) и для кабеля устройств РЗА, измерений, преобразователей и др (по  $\Delta U = 1,5\%$ ) при наличии на резервируемой линии расчетного учета энергии.

При техническом учете на резервируемой линии допустимое сопротивление определялось по  $\Delta U = 1,5\%$  для общего кабеля (РЗА, изм, сч).

10.10.3. Расчет сечений кабелей вторичных цепей напряжения основной обмотки ТН 330-750 кВ проведен по падениям напряжения в кабелях, т.к. допустимые сопротивления по  $\Delta U$  получились менее допустимых сопротивлений проводов по надежной работе автоматов.

В таблице см 5-1-5 и графиках см 5-2-22,23; см 5-2-25,26, приложения 5 даны зависимости сечения проводов от длины кабелей, по которым производится выбор сечений при конкретном проектировании.

Обозначения в графиках расчетных и принятых сечений кабелей, прокладываемых от РУ до щита, выполнены аналогично п 8.7.3.

10.10.4 Допустимые сопротивления кабеля в цепях дополнительных обмоток ТН 330-750 кВ на линиях и шинах однозначны и приведены в таблицах см 4-3 и см 4-4 соответственна.

Таблица расчета сечения кабеля и график приведены в приложении 5 (см 5-1-6 и см 5-2-24).

10.11. В качестве справочного материала по требованиям ПУЭ (п.п. 1.5.15; 1.5.19; 1.5.44), предъявляемым к классам точности работы ТН, устройств учета и допускаемым падениям напряжения  $\Delta U$ , составлена таблица.

Таблица 10-2

Вид и объект учета		Класс точности		Допустимые потери напряжения в кабелях %
		ТН	Счетчиков	
Расчетный учет	На межсистемных линиях 220 кВ и выше	0,5	0,5 (0,7)*	0,25
	На межсистемных линиях 110 кВ		1	
	На прочих объектах учета	1	2	0,5
Технический учет	На линиях с двухсторонним питанием 220 кВ и выше	допускается ниже	1	1,5
	На прочих объектах учета	1	2	

\*) Значение, указанное в скобках, относится к импортным счетчикам

## 11 Пояснения к схемам

Разработка схем трансформаторов напряжения 6-750 кВ и схем организации цепей напряжения выполнена на основании технических решений, перечисленных в разделе 2 настоящей ПЗ

Схемные решения, в основном, реализованы в действующих в настоящее время типовых полных схемах по подстанциям соответствующего типа. В связи с указанным в данных материалах не приводится описание работы схем.

В принципиальных схемах содержится информация по обращению к графикам, разработанным в составе данных типовых материалов и позволяющим подобрать необходимое сечение и тип кабельных перемычек между распределительным устройством соответствующего напряжения и щитом, а также по щиту, без выполнения расчетов.

Схемные решения по организации резервирования питания цепи нагрузки трансформаторов напряжения, присоединенных к линиям электропередач 110-750 кВ соответствуют требованиям п 4.16 Сборника директивных материалов Главтехуправления Минэнерго СССР, вып 1985г. Пояснения по принципам резервирования даны в разделе 4 настоящей ПЗ.

В указанном разделе приведены также описания принципов резервирования цепей напряжения нагрузки, подключенной к ТН на шинах.

Для автоматического перевода питания цепей напряжения автотрансформаторов, трансформаторов со схемой РУ „Треугольник“, „Четырехугольник“, „Полутарная“, помимо переключателя, используются реле переключения цепей напряжения.

Разработка цепей автоматического перевода с применением реле переключения выполняется в составе типовых полных схем по определенным видам подстанций и распределительных устройств.

## 12 Технико-экономические обоснования

Разработанные типовые материалы для проектирования содержат пояснения в части основных технических решений, принятых для схем вторичных цепей трансформаторов напряжения (ТН) с учетом особенностей эксплуатации последних, а также определенный набор расчетных и справочных документов в виде таблиц и графиков. В работе приведены принципиальные схемы вторичных цепей ТН 6-750 кВ, установленных на подстанциях энергосистем и схемы организации цепей напряжения для типовых схем РУ.

Типовые материалы для проектирования предусматривают:

12.1 Проведение выбора автоматов для защиты вторичных цепей трансформаторов напряжения на основе выполненных расчетов по таблице СМЗ (Приложение 3).

12.2 Определение сечений проводов кабелей и выбор соответствующих марок кабелей без выполнения расчетов по графикам зависимости сечения от длины кабелей  $g = f(l)$ .

Графики разработаны для вторичных цепей трансформаторов напряжений (ТН) применительно к типовым схемам распределительных устройств 6-750 кВ и предусматривают подключение к ТН суммарной нагрузки, по характеру и значения наиболее часто встречающейся в практике проектирования.

Графики выполнены на основании расчетов, приведенных в таблицах СМ2 (Приложение 2), СМ4 (Приложение 4), СМ5 (Приложение 5).

12.3 Описание методики проведения расчетов вторичных цепей ТН.

12.4 Пояснение к методике расчета суммарных погрешностей ТН типа НАМИ-10 и приведение примера определения погрешностей для наиболее характерных распределений нагрузок, включаемых на обмотку указанного ТН.

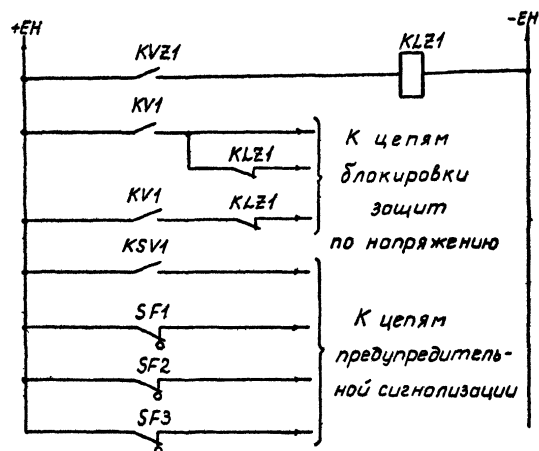
Использование при конкретном проектировании справочных материалов, обоснованных проведенными расчетами, обеспечивает повышение:

- качества проектирования,
  - надежности работы вторичных цепей трансформаторов напряжения,
- а также сокращение:
- расходов цветных металлов в результате уточненных данных по требуемым величинам сечений проводов кабелей,
  - трудозатрат при проектировании, требовавшихся ранее на проведение расчетов по определению сечений кабелей во вторичных цепях ТН по каждому конкретному объекту.

Типовые принципиальные схемы ТН и организации вторичных цепей напряжения служат основой для разработки типовых полных схем по различным видам подстанций.

Перечисленное выше подтверждает технико-экономическую целесообразность разработки и внедрения типовых материалов для проектирования „Схем вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше“.

Альбом 1



Реле-повторитель KVZ1	Цепи сигнализации
Контроль отсутствия (наличия) напряжения	
Сигнал "Земля на вводе НН"	
Сигнал "Неисправность цепей напряжения"	

## Примечания.

1. Необходимость установки резисторов R1-R8 в цепях ТН типа 3хЭНОЛ6-10, 3хЭНОМ-35 для защиты от перенапряжений при самопроизвольных смещениях нейтрали уточняется при эксплуатации. Для ТН типа НАМИ установка резисторов не требуется.
2. Сечение кабелей, прокладываемых от шкафа КРУ(КРУН) 6-10кВ к щиту для ТН 6-10кВ и от шкафа ТН 35кВ к щиту, определяется при конкретном проектировании по данным графиков СМ5-2-1,2,3; см примечание 5.
3. Расположение аппаратуры для ТН 6-10кВ типа 3хЭНОЛ 6-10 и НАМИ-10 уточняется при разработке полных схем.
4. Тип рубильников определяется при разработке полных схем.

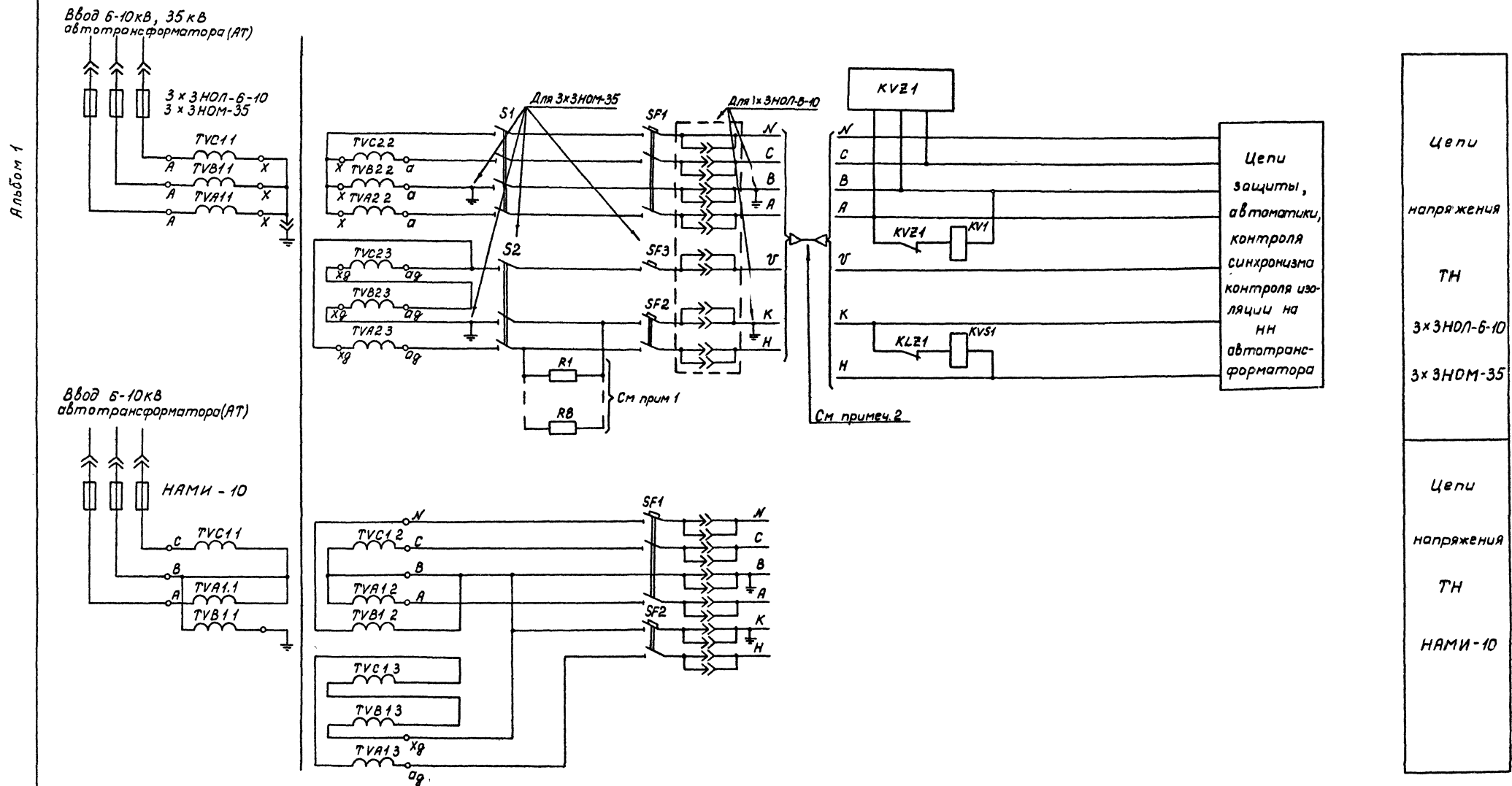
## Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционный обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примечание
При напряжении оперативного тока, В						
Шкаф КРУ(КРУН) ТН 6-10кВ (щит управления)	K'LV1	Реле промежуточные	РН-14	220	110	1
	K'SV1	Реле напряжения	РН-153/60Д			1
	K'V1	Реле напряжения	РН-154/60			1
	KWZ1	Фильтр-реле напряжения обратной последоват.	РНФ-1М			1
Шкаф КРУ(КРУН) ТН 6-10кВ	SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Упр = 2,5А Уотс = 3,5 Упр ВК = 2П		1
	SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Упр = 2,5А Уотс = 3,5 Упр ВК = 2П		1
	R1-R8	Резистор	Б5-35В75	200 Ом ± 5%		8
	S1	Рубильник				1
Шкаф зажимов ТН 35кВ	S2	Рубильник				1
	SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Упр = 2,5А Уотс = 3,5 Упр ВК = 2П		1
	SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Упр = 10А Уотс = 3,5 Упр ВК = 2П		1
	SF3	Выключатель	АП50Б-2МТ	Упр = 4А Уотс = 3,5 Упр ВК = 2П		1

407-03-48487-38

Гип	Шифр	Инициал	Схема вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	Стр.	Лист	Листов
Нач. отд.	Итерзленкова	И	ТН 3хЭНОЛ6-10, НАМИ-10	рп	1	
Н. контр.	Химелев	Х	3хЭНОМ-35 на вводе 6-10-35кВ			
Нач. сект.	Тучинов	Т	автотрансформатора			
Вик. зр.	Имизяева	И	Схема электрическая			
Шифр	Егорова	Е	принципиальная			
				ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковский отдел 1988г.		

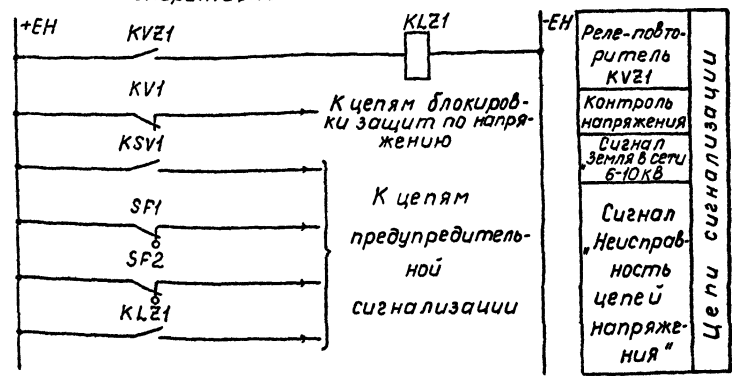




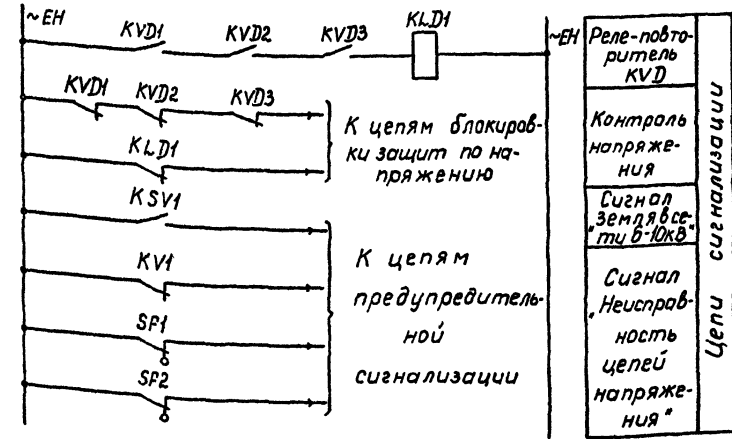
407-03-48487-3В			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше			
Гип	Ширшина	Вилкина	
Нач. автор	Мерзлякова	М.	
Н. контр.	Хмелья	В.	
Нач. св-т	Тумашов	В.	
Рук. гр.	Мизяева	В.	
Ст. техн.	Хорошнина	В.	
ТН 3xНОЛ-6-10, НАМИ-10, 3xНОМ-35 на вводе 6-10-35 кВ автотрансформатора		Стаж	Лист
Схема электрическая принципиальная		РП	2
ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ		Горьковский отделение	

Альбом 1

Для подстанций на постоянном и выпрямленном оперативном токе



Для подстанций на переменном оперативном токе



Примечания:

- 1. Необходимость установки резисторов R1-R8 в цепях ТН типа 3хЗНОЛ-6-10 для защиты от перенапряжений при самопроизвольных смещениях нейтрали уточняется при эксплуатации. Для ТН типа НАМИ-10 установка резисторов не требуется.
- 2. Сечение кабеля см. приложение 5, график СМ 5-2-5.
- 3. Аппаратура и шинки предусматриваются при установке на линиях 6-10 кВ защит типа ЗЗП-1.
- 4. В маркировку шин 6-10 кВ вместо "..." вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения: для 10 кВ - К, для 6 кВ - Р.

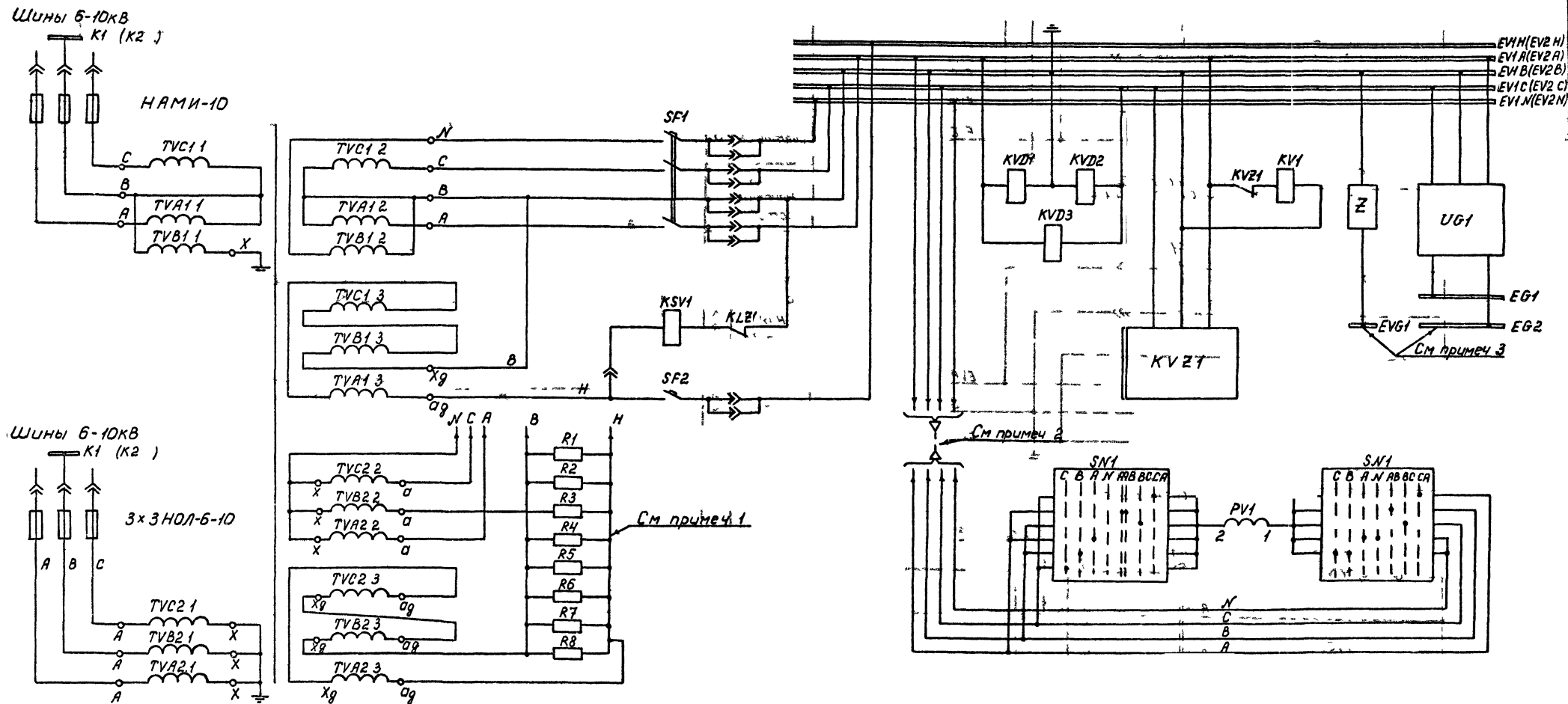
Перечень аппаратуры

Место установки	Позиция обозначения	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
При напряжении оперативного тока, В				220	110	
Шит упробления	PIV1	Вольтметр	9-365	... кВ	1	
	SIN1	Переключатель	ПМОФ45-11222/1-Д1		1	
Шит трансформатора 6-10 кВ	KLZ1	Реле промежуточное	РП16-14	220	110	1
	KLZ1	Реле промежуточное	РП16-74	~ 220		1
	KLZ1	Реле промежуточное	РП16-74	~ 220		1
	KSV1	Реле напряжения	РН153/600			1
	KIV1	Реле напряжения	РН154/160			1
	KWZ1	Фильтр реле напряжения обратной последовательности	РНФ-1М	100 В		1
	KVD1-KVD3	Реле напряжения	РН154/160			3
	R1-R8	Резистор	С5-35875	200 Ом ± 5%		8
	SIN1	Переключатель	ПМОФ45-33466/1-Д27			1
	SF1	Выключатель	АП506-3МТ	Упр = 2,5 А Уотс = 3,5 Упр ВК = 2П		1
Шит крч (крч) 6-10 кВ	SF2	Выключатель	АП506-3МТ	Упр = 1,6 А Уотс = 3,5 Упр ВК = 2П		1
	SF2	Выключатель	АП506-3МТ	Упр = 2,5 А Уотс = 3,5 Упр ВК = 2П		1
	WIG1	Блок питания	БЛН-1/2			1
	2	Вспомогательное устройство	ВУ1			1

Шит трансформатора 6-10 кВ

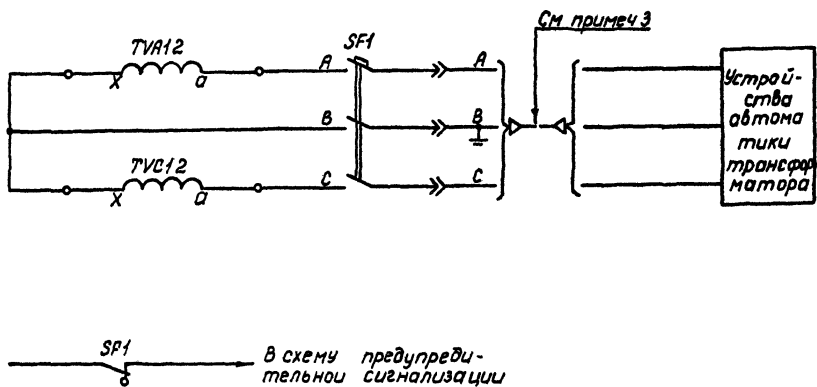
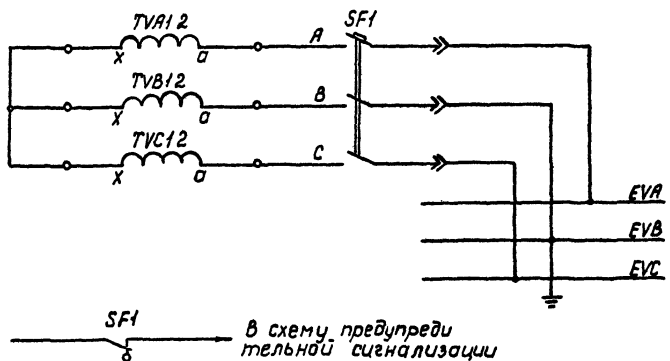
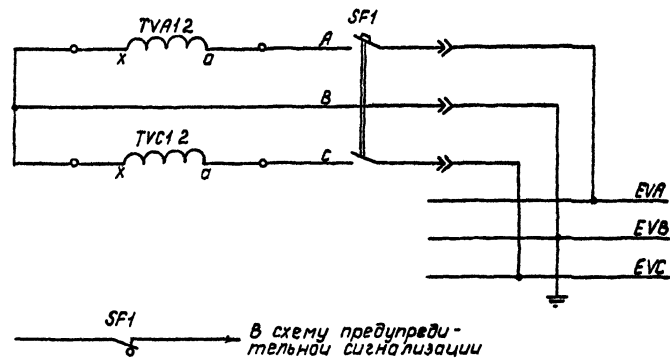
407-03-48487-38			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше			
Гип	Шифр	Исполн	Исполн
Начальник	Медведева	И.И.	И.И.
Начальник	Хмельев	И.И.	И.И.
Начальник	Тучахов	И.И.	И.И.
Рис	Мухомов	И.И.	И.И.
От техн	Харькова	И.И.	И.И.
Энергосетьпроект		Горьковский отдел	

Альбом 1



407-03-48487-38			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
Гип	Шукина	В.И.	
Начальн	Мещеряков	А.И.	
Н.контр	Хмельев	А.И.	
Нач.сект	Тучманов	А.И.	
Рук.гр	Михайлов	А.И.	
Ст.техн	Александров	А.И.	
Трансформаторы напряжения типа НАМИ 10, 3х3 на 6-10 на шинах 6-10кВ		Стадия	Лист
Схема электрическая принципиальная		РП	4
ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ		Горьковский отдел	

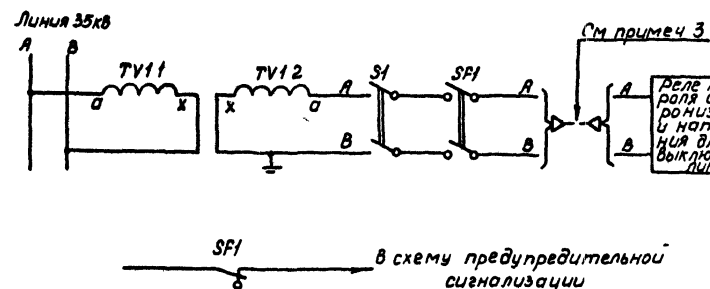
Альбом 1



Трансформатор напряжения 2x10кВ(ном) для питания счетчиков	Цепи напряжения
Сигнал "Неисправность ТН"	
Трансформатор напряжения 3x10кВ(ном) для питания счетчиков	Цепи напряжения
Сигнал "Неисправность ТН"	
Трансформатор напряжения 2x10кВ(ном) на вводе 6-10кВ трансформатора	Цепи напряжения
Сигнал "Неисправность ТН"	

Перечень аппаратуры

Место установки	Позиция обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примечание
Шкаф учета 6-10кВ	SF1	Выключатель	АП50Б-2МТ	Упр = 2,5А Затс = 3,5Знр ВК = 2П	3	Рис 1-3
Шкаф учета ТН 35кВ	SF1	Выключатель	АП50Б-2МТ	Упр = 2,5А Затс = 3,5Знр ВК = 2П	1	Рис 4
	S1	Рубильник				см примечание 4



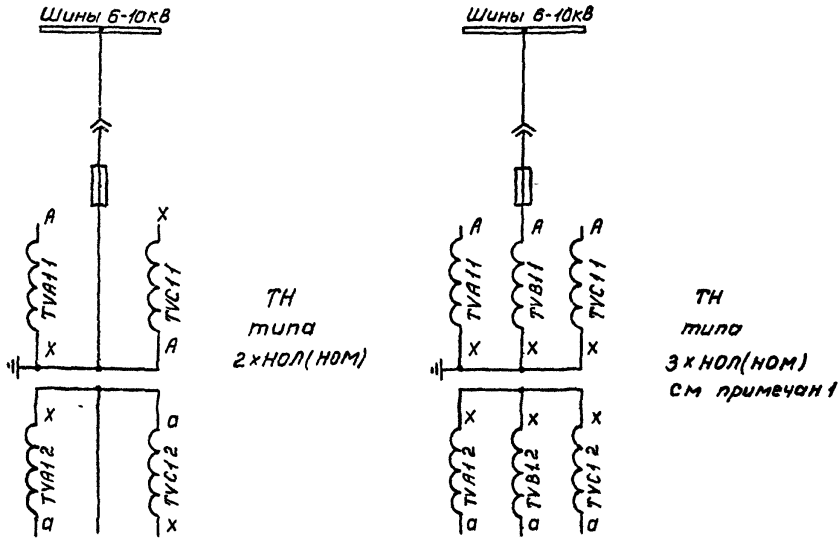
Цепи напряжения ТН ном 35кВ
Сигнал "Неисправность ТН"

В альбоме 1

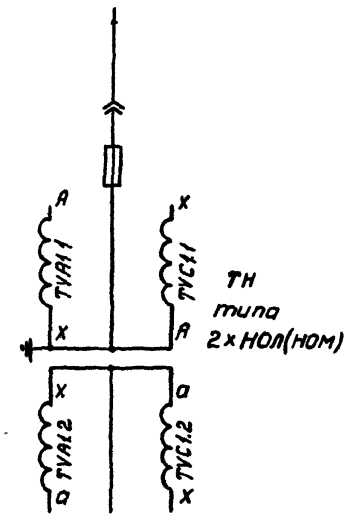
407-03-48487-3В			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
ГИП	Шифры	Исполн	Дата
Начальн	Мезенко	И.И.	11.11
Начальн	Хмель	В.И.	11.11
Начальн	Тумашов	В.И.	11.11
Рук.гр.	Мизяева	В.И.	11.11
Инженер	Саварова	В.И.	11.11
ТН 6-10кВ для счетчиков, ТН на вводе 6-10кВ автом. трансформатора, ТН на линии 35кВ		Станд	Лист 5
Схема электрическая принципиальная		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ	

Альбом 1

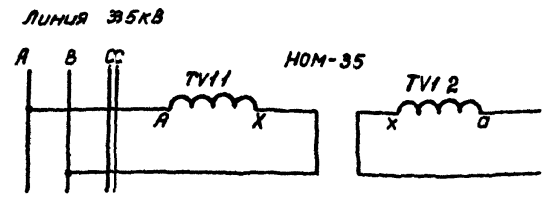
Трансформаторы напряжения для питания счетчиков



Трансформатор напряжения на вводе 6-10кВ трансформатора



Трансформатор напряжения на линии 35кВ



Примечания

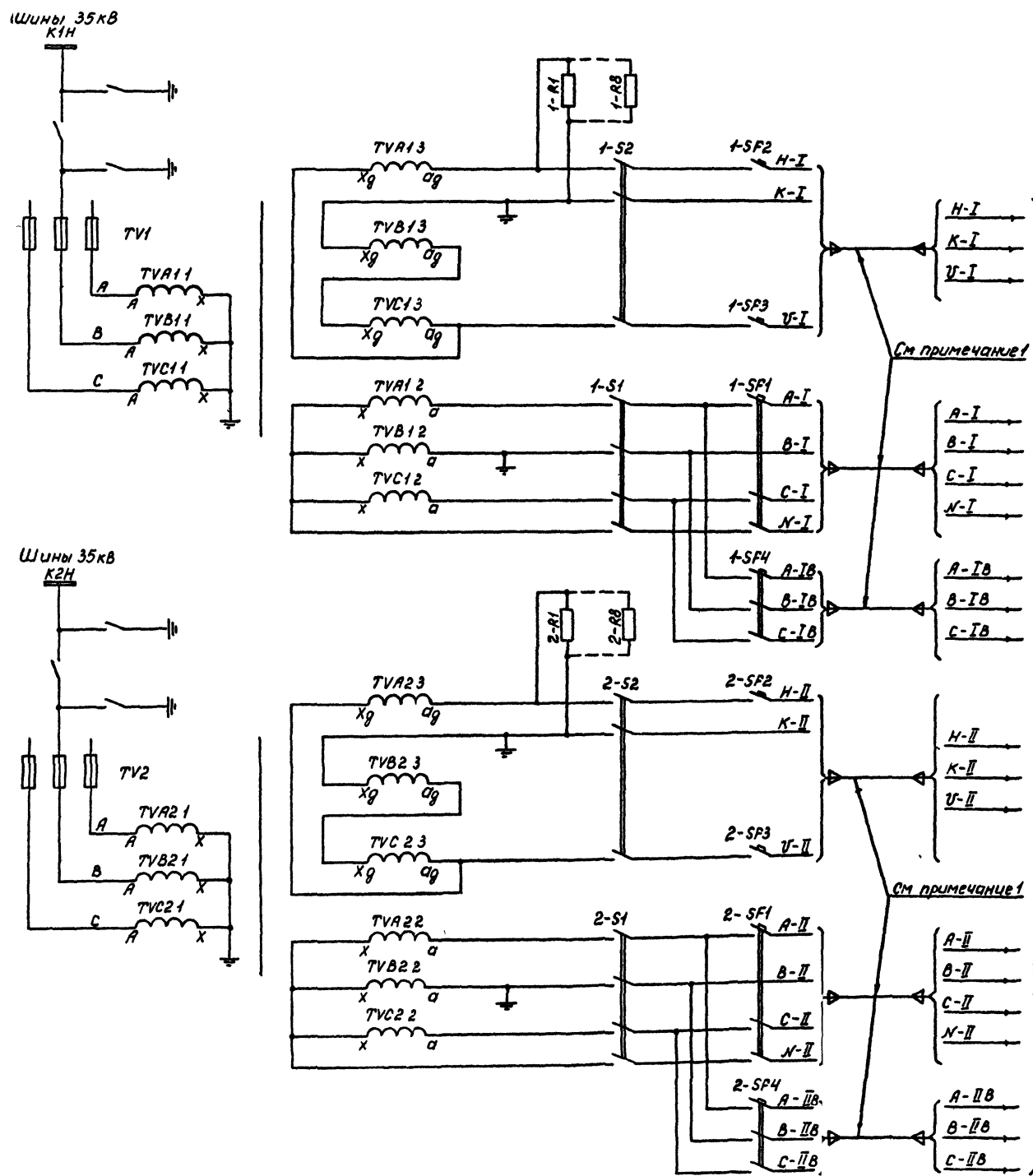
1 Использование дополнительных ТН 6-10кВ 2xНОЛ-6-10 или 3xНОЛ-6-10 для питания счетчиков линий 6-10кВ с расчетным учетом определяется при конкретном проектировании в зависимости от числа линий, счетчики которых подключаются к цепям дополнительных ТН, по таблице

ТН 6-10кВ для питания счетчиков	Максимальная расчетная величина нагрузки на фазу от счетчиков одной линии		Количество линий с расчетным учетом		Номинальная мощность ТН на фазу в классе точности 1
	Счетчики ЭЭБ700	Счетчики СЯЗУ, СРЧУ	Счетчики ЭЭБ700	Счетчики СЯЗУ, СРЧУ	
2xНОЛ(НОМ)-6	~13	~20	~6	~4	75
2xНОЛ(НОМ)-10			12	8	150
3xНОЛ(НОМ)-6	7,4	12	10	6	75
3xНОЛ(НОМ)-10			20	12	150

- Шинки трансформаторов напряжения 6-10кВ для питания счетчиков линий должны прокладываться отдельно от шин напряжения основных (шинных) ТН 6-10кВ
- Сечение кабеля см приложение 5, график СМ5-2-4
- Тип рубильников определяется при разработке полных схем

407-03-48487-3В				
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше				
Гип	Шифрина	Мин	ТН 6-10кВ для счетчиков, ТН на вводе 6-10кВ трансформатора, ТН на линии 35кВ	Станд. Лист
Нач. отд.	Мещеряков	А. В.		Листов
Н. контр.	Хмелев	А. И.		РП 6
Нач. св-т.	Тумашов	А. И.		
Рук. гр.	Мизяева	И. В.		
Ил.	Хасанова	З. А.		
Ст. тех.	Хасанова	З. А.		
Схема электрическая принципиальная			ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1986 г.	

Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиция обозначения	Наименование	Тип	Техническая характеристика	кол	Примечание
Шкаф зажимов ТН на шинах 35 кВ К1Н	1-S1	Рубильник			1	см примечание 2
	1-S2	Рубильник			1	чание 2
	1-SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	$J_{нр} = 10 А$ $J_{отс} = 3,5 J_{нр}$ $BK = 2П$	1	
	1-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	$J_{нр} = 10 А$ $J_{отс} = 3,5 J_{нр}$ $BK = 2П$	1	Используется тепловой расцепитель
	1-SF3	Выключатель	АП50Б-2М	$J_{нр} = 4 А$ $J_{отс} = 3,5 J_{нр}$ $BK = 2П$	1	
	1-SF4	Выключатель	АП50Б-3МТ	$J_{нр} = 2,5 А$ $J_{отс} = 3,5 J_{нр}$ $BK = 2П$	1	
	1R1-1R8	Резистор	С5-35В75	$200 Ом \pm 10\%$	8	
Шкаф зажимов ТН на шинах 35 кВ К2Н	2-S1	Рубильник			1	см примечание 2
	2-S2	Рубильник			1	чание 2
	2-SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	$J_{нр} = 10 А$ $J_{отс} = 3,5 J_{нр}$ $BK = 2П$	1	
	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	$J_{нр} = 10 А$ $J_{отс} = 3,5 J_{нр}$ $BK = 2П$	1	Используется тепловой расцепитель
	2-SF3	Выключатель	АП50Б-2М	$J_{нр} = 4 А$ $J_{отс} = 3,5 J_{нр}$ $BK = 2П$	1	
	2-SF4	Выключатель	АП50Б-3МТ	$J_{нр} = 2,5 А$ $J_{отс} = 3,5 J_{нр}$ $BK = 2П$	1	
	2R1-2R8	Резистор	С5-35В75	$200 Ом \pm 10\%$	8	

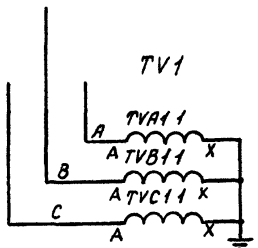
Примечания

- 1 Определение сечений кабелей см приложение 5, графики см 5-2-б+10
- 2 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

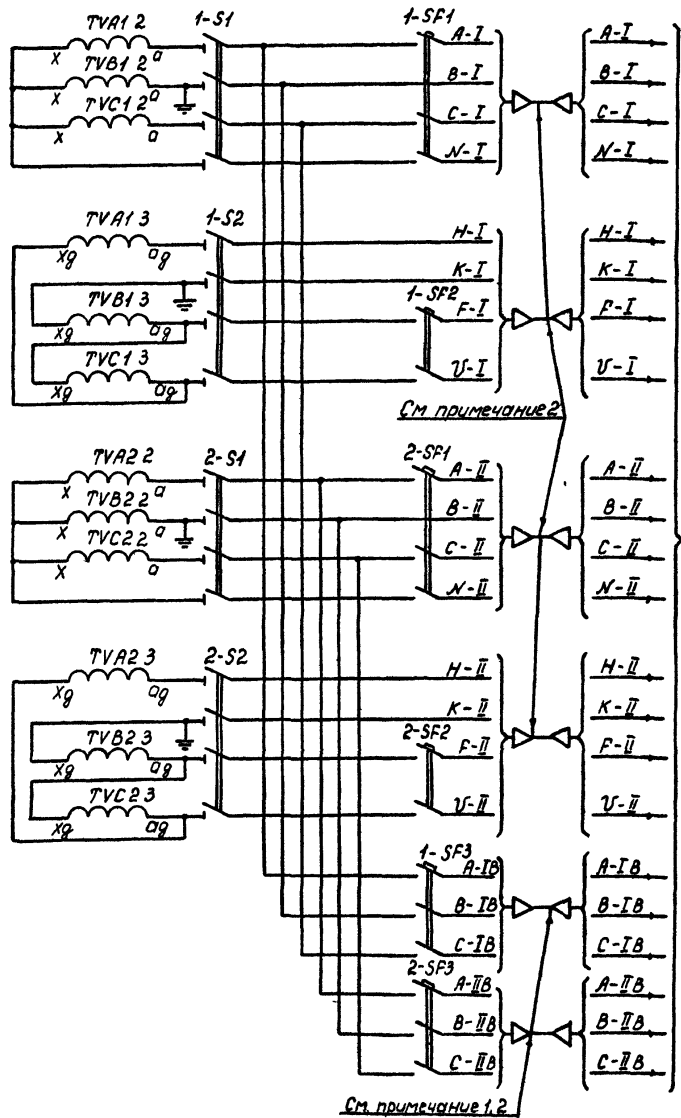
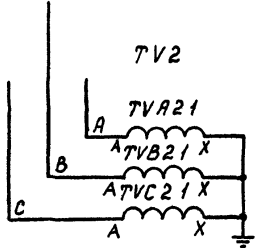
407-03-48487-3В			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше			
Гип	Шифрина	И.И.	
Начальн	Мерзлякова	В.И.	
Начальн	Хмельев	В.И.	
Начальн	Тучашов	В.И.	
Руч зр	Мизяева	В.И.	
Ст тех	Хаватчина	В.И.	
Трансформатор напряж		Точность	Лист
ния 3х3НОМ35 на шинах		РП	7
35 кВ		Листов	
Схема электрическая		ЭНЕРГПРОЕКТО	
принципиальная		горьковский отдел	

Альбом 1

1К линии W1



К линии W2



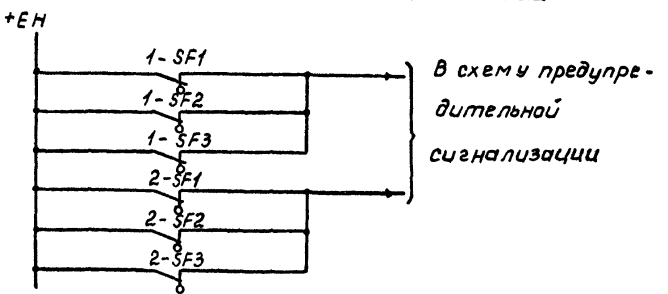
См. примечание 2

См. примечание 1, 2

Примечания

- 1 Прокладка отдельных кабелей для расчетных счетчиков линии предусматривается на - ПС с РУ-110-220кВ по схеме "мостика с выпрямленным оперативным током (с БПС-2)", - ПС с РУ 220кВ по схеме "Четырехугольник"
- 2 Определение сечений кабелей см. приложение 5 графики СМ 5-2-11-14, 18 для РУ 110-220кВ по схеме "мостика" и РУ 220кВ по схеме "Четырехугольник"
- 3 Организация цепей напряжения для ПС с РУ 110-220кВ по схеме "мостик" см. лист 16 по схеме "Четырехугольник" с РУ 220кВ см. лист 18
- 4 В маркировку линий вместо "вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 220кВ-Е, для РУ 110кВ-Г"
- 5 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

напряжения РУ-110-220 кВ см. прим. 3  
цепей напряжения  
В схему организации



Сигнал  
Неисправность  
трансформаторов  
напряжения  
Цепи сигнализации

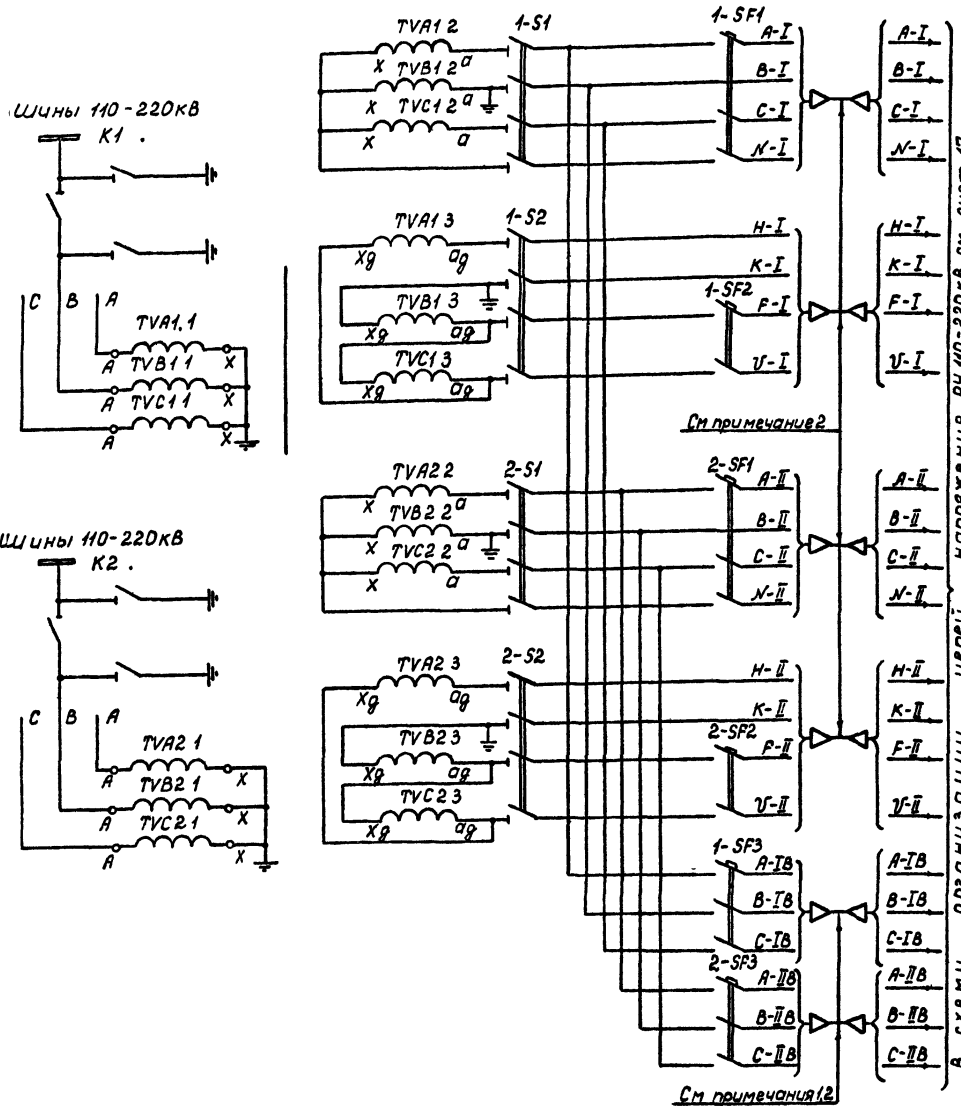
Перечень аппаратуры

Место установки	Позиция обозначения по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV1	1-S11, 1-S12	Рубильник			2	см примеч 5
	1-SF1	Выключатель	АП506-3мт	Упр = 2,5А Уотс = 3,5Упр ВК = 2п	1	
	1-SF2	Выключатель	АП506-2мт	Упр = 10А Уотс = 3,5Упр ВК = 2п	1	Для НКФ-110
	1-SF3	Выключатель	АП506-3мт	Упр = 10А Уотс = 3,5Упр ВК = 2п	1	Для НКФ-110
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV2	2-S11, 2-S12	Рубильник			2	см примеч 5
	2-SF1	Выключатель	АП506-3мт	Упр = 2,5А Уотс = 3,5Упр ВК = 2п	1	
	2-SF2	Выключатель	АП506-2мт	Упр = 10А Уотс = 3,5Упр ВК = 2п	1	Для НКФ-110
	2-SF3	Выключатель	АП506-3мт	Упр = 10А Уотс = 3,5Упр ВК = 2п	1	Для НКФ-110

407-03-48487-ЭВ					
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше					
Гип	Шифр	Исполн	Дата	Лист	Листов
Начальн	Мерзляков	И.И.	1988	8	
Начальн	Хмелев	В.И.			
Начальн	Туманов	В.И.			
Рис	М.И.Зева	И.И.			
Инженер	Егоррова	И.И.			
Схема электрическая принципиальная			ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988		

Я. М. Подп. Подпись и дата Взам. Инв. №

Альбом 1



**Примечания**

1 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линии

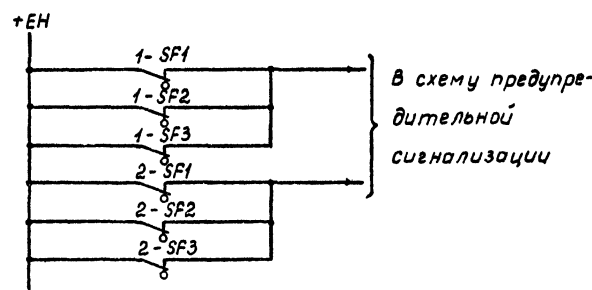
2 Определение сечения кабелей см. приложение 5 (графики 045-2-15-18)

3 3 маркировку шин вместо, вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 220 кВ - Е, для РУ 110 кВ - Г

4 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

**Перечень аппаратуры**

Место установки	Позиция обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV1	1-SF1, 1-SF2	Рубильник			2	см примеч
	1-SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Унр = 25 А Уотс = 3,5 Унр ВК = 2 П	1	
	1-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Унр = 10 А Уотс = 3,5 Унр ВК = 2 П	1	Для НКФ-110
	1-SF3	Выключатель	АП50Б-3МТ	Унр = 10 А Уотс = 3,5 Унр ВК = 2 П	1	Для НКФ-110
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV2	2-SF1, 2-SF2	Рубильник			2	см примеч
	2-SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Унр = 25 А Уотс = 3,5 Унр ВК = 2 П	1	
	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Унр = 10 А Уотс = 3,5 Унр ВК = 2 П	1	Для НКФ-110
	2-SF3	Выключатель	АП50Б-3МТ	Унр = 10 А Уотс = 3,5 Унр ВК = 2 П	1	Для НКФ-110

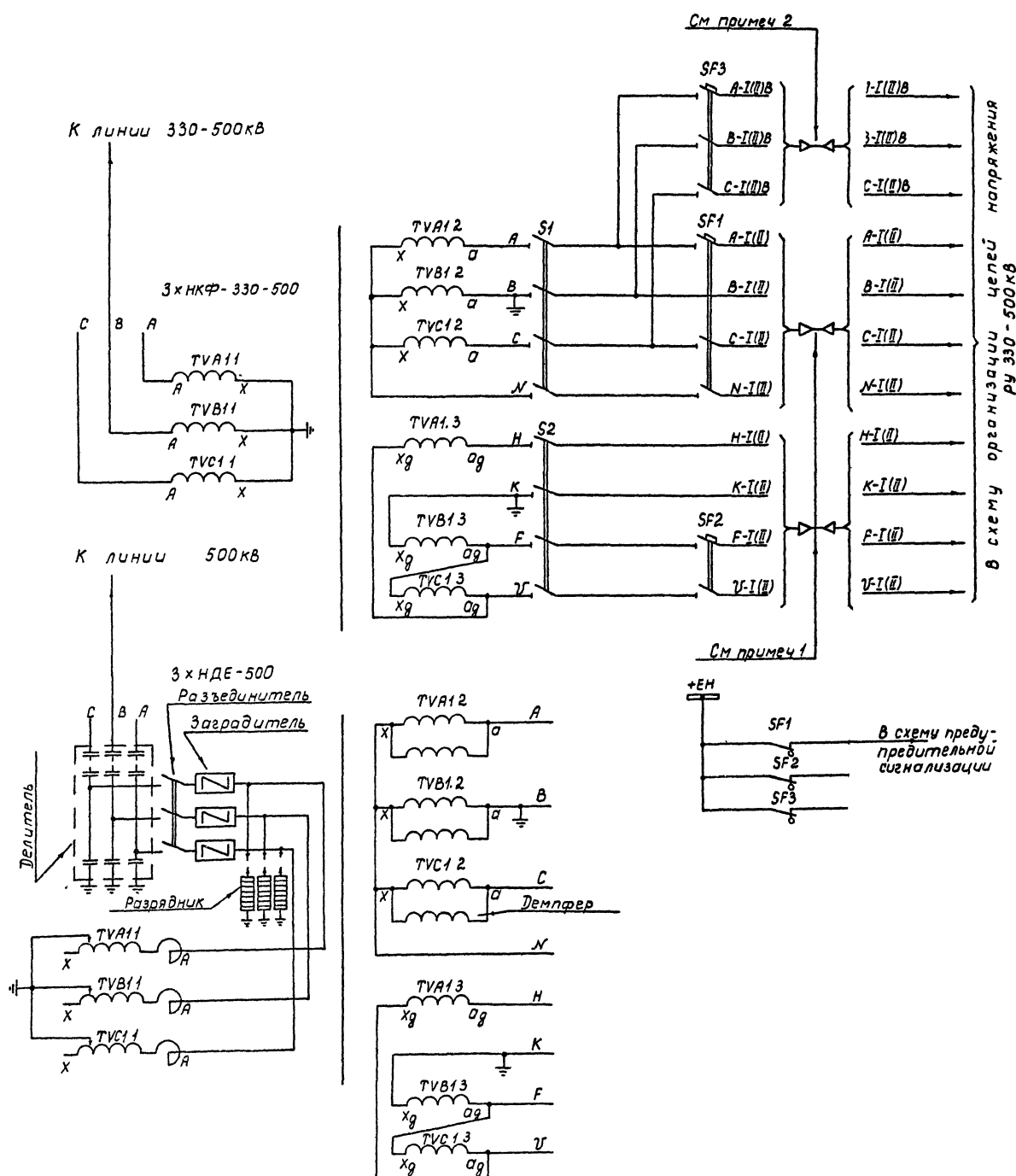


Сигнал "Неисправность трансформаторов напряжения"

Цепи сигнализации

407-03-48487-3В					
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше					
Гип	Ширшина	В.И.	Этап	Лист	Листов
Нач. отд.	Морозенкова	В.И.	Трансформатор напряже-	РП	9
Нач. контр.	Хмидев	В.И.	ния ЭН НКФ 110-220 кВ		
Нач. сект.	Тумашов	В.И.	на шинах 110-220 кВ		
Вук. зр.	Музырева	В.И.	Схема электрическая	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ	
Инженер	Евдокимов	В.И.	принципиальная	Горьковский р-н	
Ст. техн.	Хасанов	В.И.		1988	



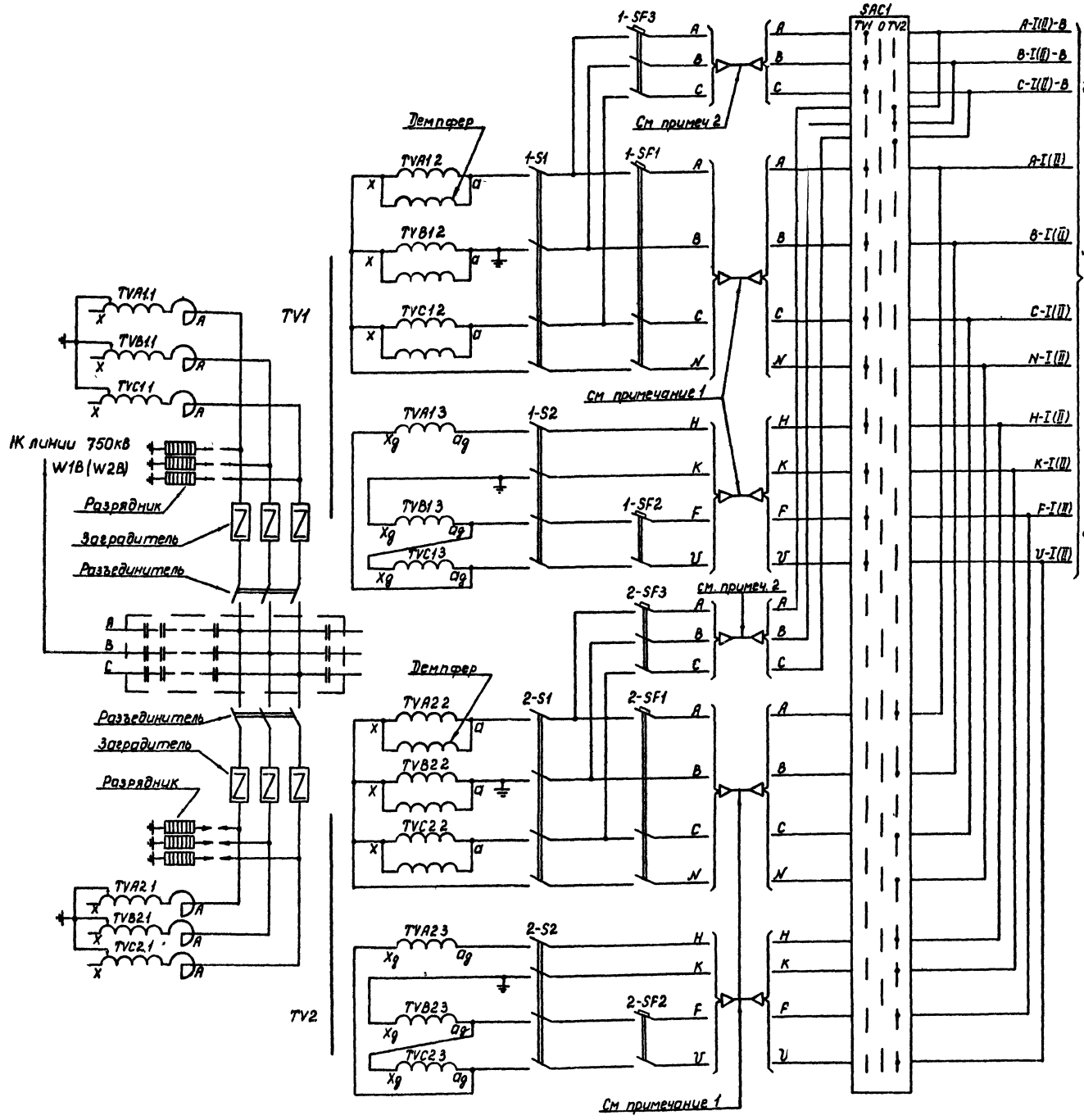


Место устано- вки	Позиц обознач ение по схеме	Наименование	тип	Техническая характерис- тика	кол.	Примечан
Шкаф зажимов транс- форматора напряжения	SF, IS2	Рубильник			2	см примеч
	SF#1	Выключатель	АП505-3МТ	$I_{нр} = 25A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $ВК = 2П$	1	для НКФ
			$I_{нр} = 10A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $ВК = 2П$	для НДЕ-500		
	SF#2	Выключатель	АП505-2МТ	$I_{нр} = 10A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $ВК = 2П$	1	для НКФ-330
			$I_{нр} = 6,3A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $ВК = 2П$	для НКФ-500, НДЕ-500		
	SF#3	Выключатель	АП505-3МТ	$I_{нр} = 6,3A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $ВК = 2П$	1	для НКФ
			$I_{нр} = 2,5A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$	для НДЕ-500		

- 1 Определение сечения кабелей см приложение 5, график СМ5-2-20
- 2 Прокладка отдельного кабеля предусматривается для счетчиков расчетного учета линии в соответствии с данными по определению сечения кабелей, см приложение 5, график СМ5-2-19.
- 3 На ВЛ 500 кВ устанавливается, как правило, один трансформатор напряжения, тип его (НЖФ или НДЕ) определяется при конкретном проектировании. Установка второго трансформатора допускается при наличии соответствующего обоснования. Цепи напряжения при установке на линии 500 кВ двух ТН аналогичны приведенным для линии 750 кВ, см листы №12.
- 4 Типы рубильников определяются при разработке полных схем.

					407-03-48487-3В
					Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше
ГИП	Шишарина	Ирина			Трансформаторы напряже-
Нач. отд.	Морозенкова	Ан			ний типа ЭХ НКФ - 330-500,
и контрол.	Хмелев	Виктор			ЭХ НДБ - 500 на линиях
нач. сект.	Тумашов	Людмила			330 - 500 кВ
рук. гр.	Музалева	Юлия			рп 10
инженер	Егорова	Роса			Схема электрическая принципиальная
					ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТО Горьковского областного центра электроснабжения

Альбом 1



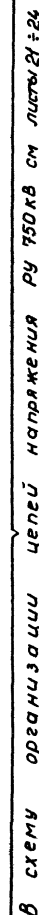
Перечень аппаратуры

Место установка	Обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примечание
Щит зажимов трансформатора напряжения TV1	1-S1, 1-S2	Рубильник			2	см. прим. 3
	1-SF1	Выключатель	АП506-3МТ	Упр=6,3А Iомс=3,5Упр ВК=2П	1	
	1-SF2	Выключатель	АП506-2МТ	Упр=6,3А Iомс=3,5Упр ВК=2П	1	
	1-SF3	Выключатель	АП506-3МТ	Упр=2,5А Iомс=3,5Упр ВК=2П	1	
Щит зажимов трансформатора напряжения TV2	2-S1, 2-S2	Рубильник				
	2-SF1	Выключатель	АП506-3МТ	Упр=6,3А Iомс=3,5Упр ВК=2П	1	
	2-SF2	Выключатель	АП506-2МТ	Упр=6,3А Iомс=3,5Упр ВК=2П	1	
	2-SF3	Выключатель	АП506-3МТ	Упр=2,5А Iомс=3,5Упр ВК=2П	1	
Щит упр-ния	5-AC1	Переключатель	ПКУЗ-12 Ж 1203		1	

Примечания

1. Определение сечения кабелей см. приложение 5, графики СМ5-2-19-21
2. Прокладка отдельного кабеля предусматривается для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечения кабелей, см. приложение 5, график СМ5-2-19
3. Тип рубильников определяется при разработке: полных схем

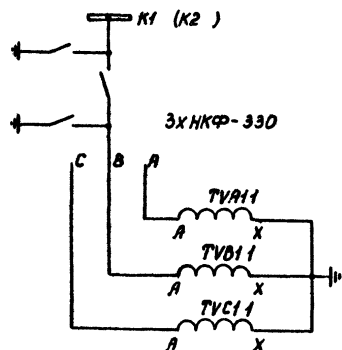
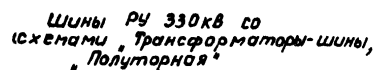
407-03-48487-ЭВ					
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше					
Гип	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.
Нач. отд.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.
Н. контр.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.
Нач. сект.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.
Рук. зр.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.
Инженер	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.	И.И.И.И.И.И.
Энергопроект			Энергопроект		
Горьковского			Горьковского		



Место установки	Позиция обознач. по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	кол.	Примечания
Шкаф зажимов трансформатора напряжения ТУ1	1-S1, 1-S2	Рубильник			2	см примеч 3
	1-SF11	Выключатель	АП50Б-3мт	$I_{нр} = 6,3 А$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$	1	
	1-SF12	Выключатель	АП50Б-2мт	$I_{нр} = 6,3 А$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$	1	
	1-SF33	Выключатель	АП50Б-3мт	$I_{нр} = 2,5 А$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$	1	
Шкаф зажимов трансформатора напряжения ТУ2	2-S1, 2-S2	Рубильник	.		2	см примеч 3
	2-SF1	Выключатель	АП50Б-3мт	$I_{нр} = 6,3 А$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$	1	
	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2мт	$I_{нр} = 6,3 А$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$	1	
	2-SF3	Выключатель	АП50Б-3мт	$I_{нр} = 2,5 А$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$	1	

- 1 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета
- 2 Определение сечения кабелей см приложение 5, графики СМ5 - 2 - 19 - 21.
- 3 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

[illegible]



Шины РУ 500-750кВ со  
схемами трансформаторы-шины,  
„Полуторная“  
K1 (K2...)

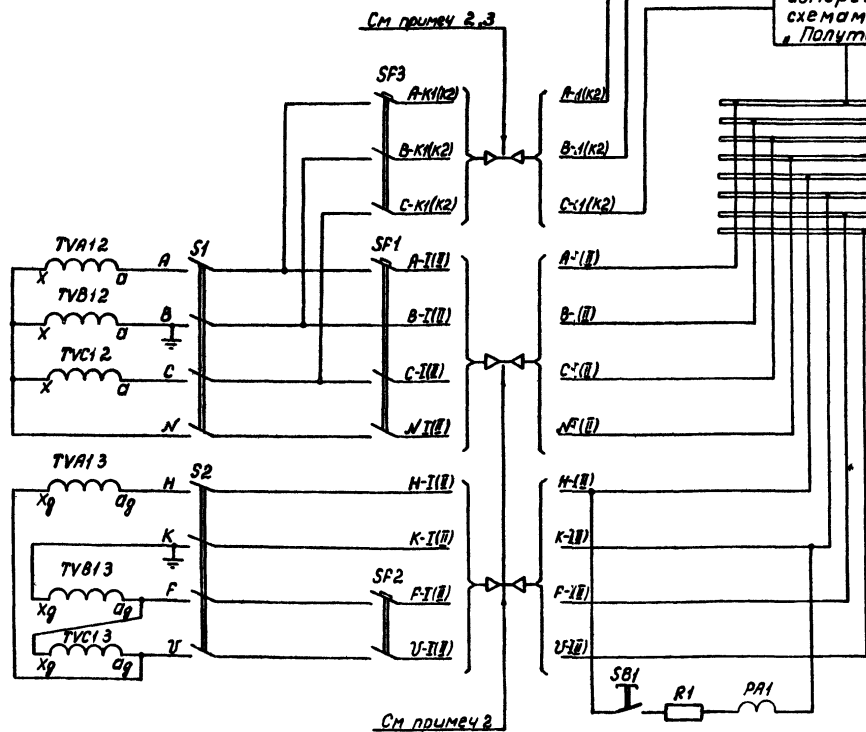
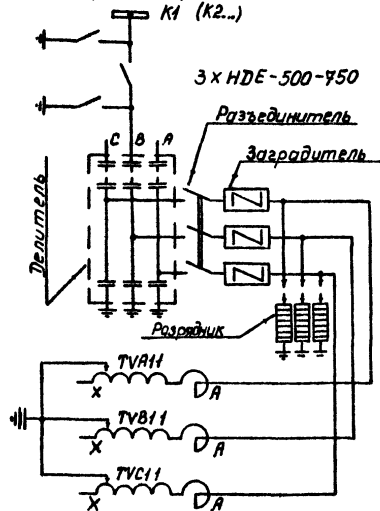


Схема организации цепей напряжения защиты, автоматики, измерений, учета РУ 330-750кВ со схемами трансформаторов-шины, Полуморская

**Вольтметры  
показывающий,  
регистрирующий  
частотомер**

- EV1 A (EV2 A)
- EV1 B (EV2 B)
- EV1 C (EV2 C)
- EV1 H (EV2 N)
- EV1 H (EV2 H)
- EV1 K (EV2 K)
- EV1 F (EV2 F)
- EV1 U (EV2 U)

Перечень аппаратуры						
Место установки	Позиция обознач по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примечание
Щаф зажимов трансформатора напряжения	S1, S2	Рубильник			2	см прим 4
	SF-1	Выключатель	АН50Б-3МТ	$I_{нр} = 25A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$	1	Для НКФ-330
				$I_{нр} = 16A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$		Для НДЕ-500
				$I_{нр} = 10A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$		Для НДЕ-750
	SIF2	Выключатель	АН50Б-2МТ	$I_{нр} = 10A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$	1	Для НКФ-330
				$I_{нр} = 6,3A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$		Для НДЕ-500-750
	SIF3	Выключатель	АН50Б-3МТ	$I_{нр} = 6,3A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$	1	Для НКФ-330
				$I_{нр} = 2,5A$ $I_{отс} = 3,5 I_{нр}$ $BK = 2П$		Для НДЕ 500-750
	Щит управления	PIA1	Миллиамперметр	Э-8021	0-100мА	1
R1		Резистор	С5-35Б25	150 Ом $\pm 10\%$	1	
S1B1		Кнопка	КЕ-011	исп 2	1	

### Примечания

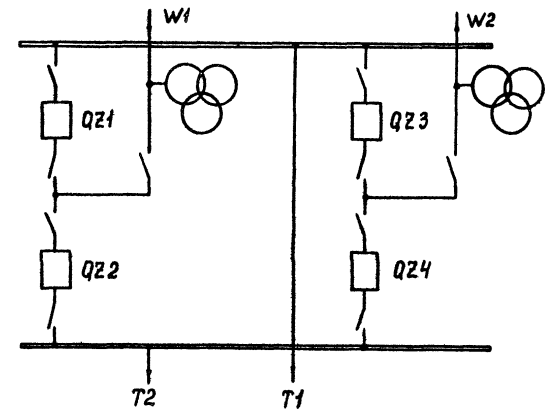
- 1 В маркировку или вместо \* вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 750 кВ - В, для РУ 500 кВ - С, для РУ 330 кВ - Д
- 2 Определение сечения кабелей см приложение 5, графики СМ5-2-23, 24
- 3 Прокладка отдельного кабеля предусматривается для режима резервирования цепей напряжения счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечения кабелей, см приложение 5, график СМ5-2-22
- 4 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

**Сигнал  
"Неисправ-  
ность цепей  
напряжения"**

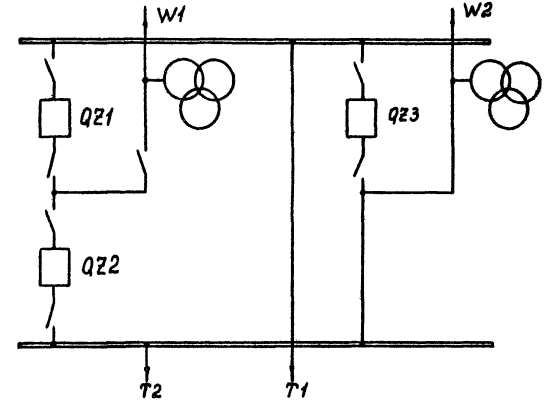
[illegible]

Альбом 1

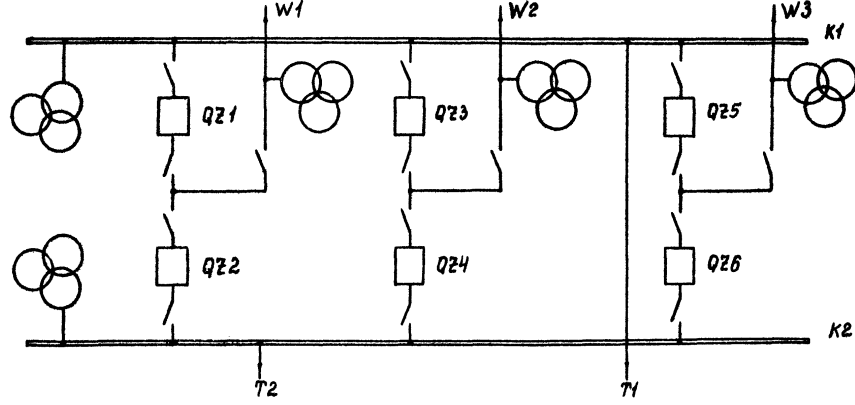
„Четырехугольник“ 220-750 кВ



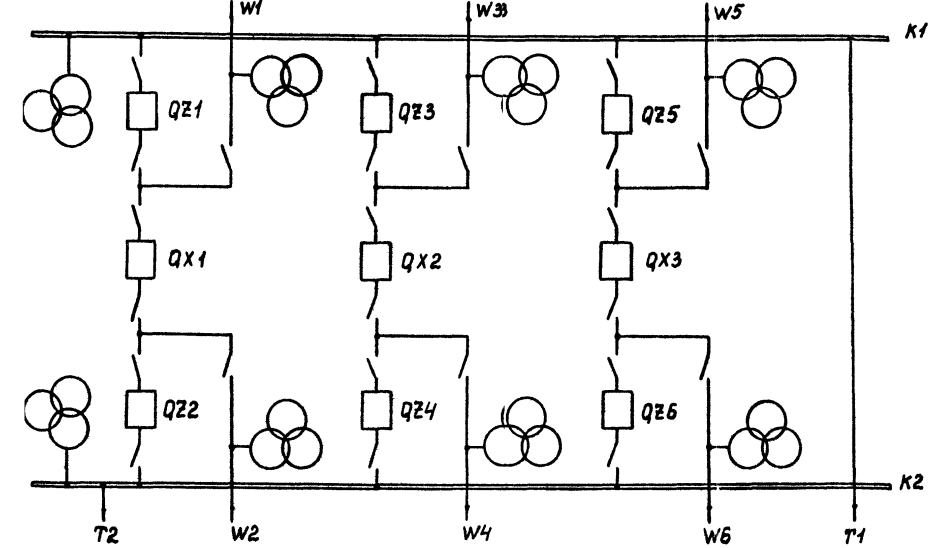
„Треугольник“ 220-750 кВ



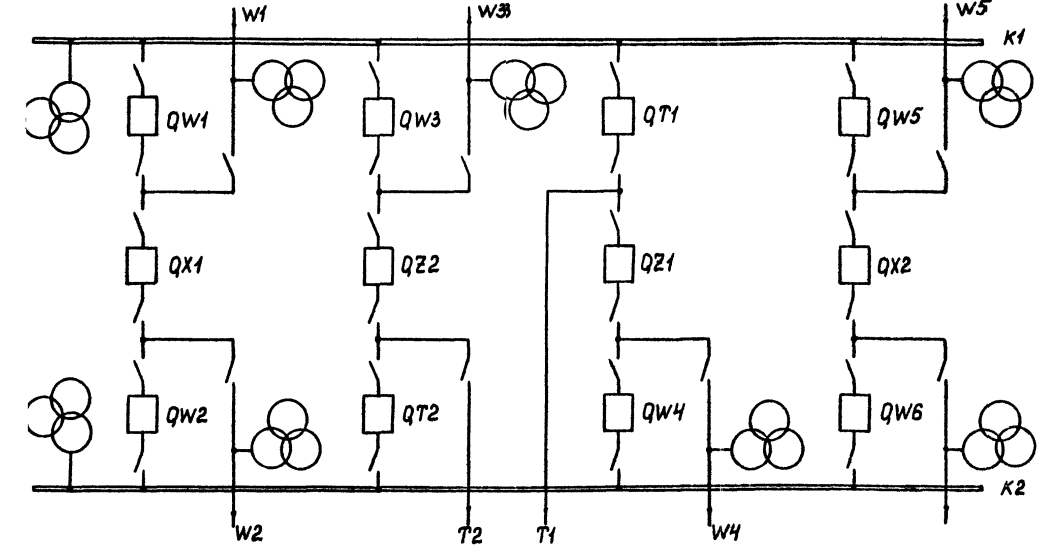
„Трансформаторы-шины“ с присоединением линий через два выключателя 330-750 кВ



„Трансформаторы-шины“ с полуторным присоединением линий 330-750 кВ

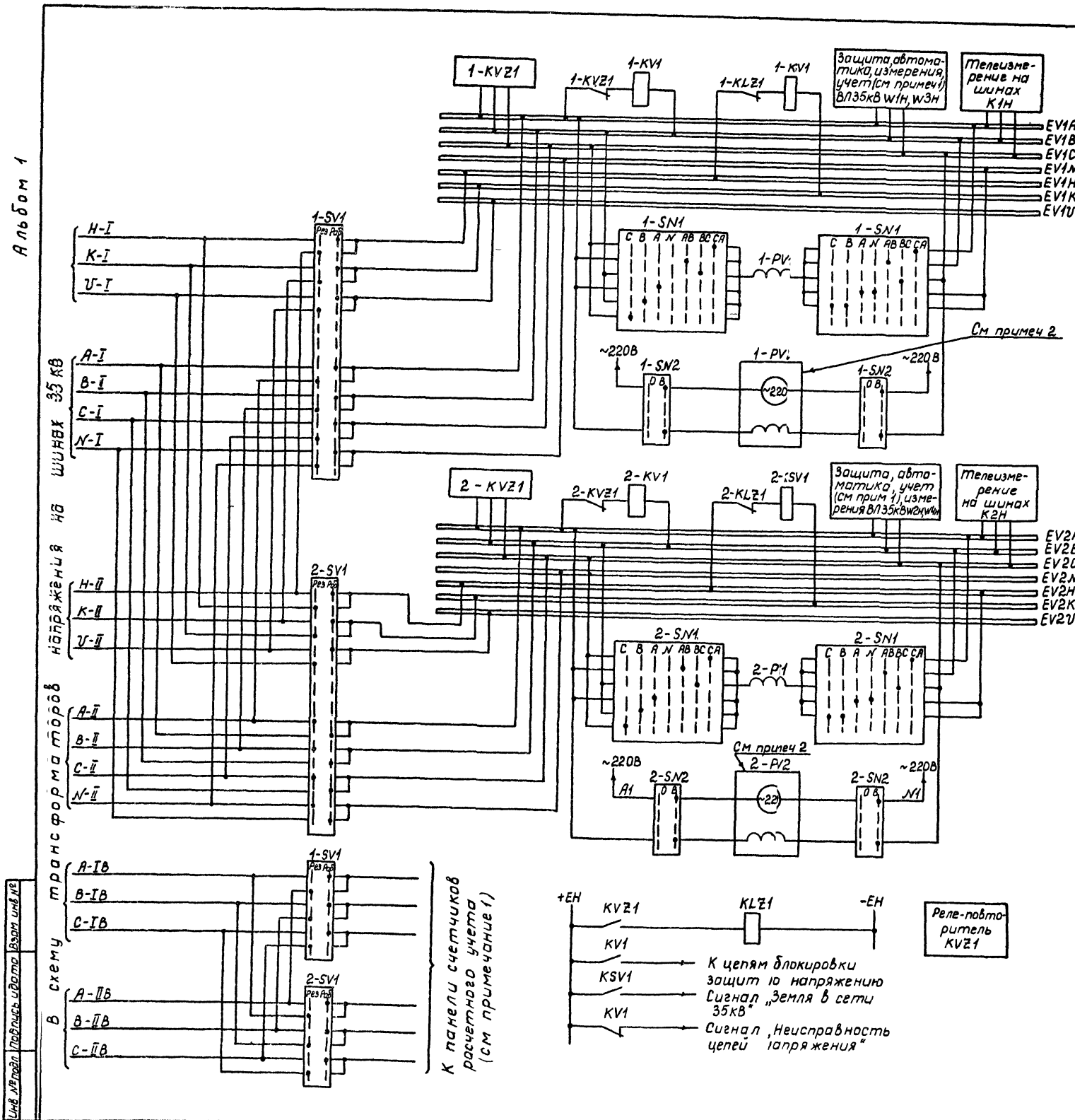


„Полуторная“ 330-750 кВ



407-03-48487-38			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше			
Гип	Ширшина	Ширшина	Ширшина
Начальн	Морозенкова	В. П.	В. П.
Н. контр.	Хмелев	В. П.	В. П.
Начальн	Тумашов	В. П.	В. П.
Рис. гр.	Мизяева	В. П.	В. П.
Отт. техн.	Хасаншина	В. П.	В. П.
Поясняющие схемы РУ 330-750 кВ		Стр. 14	Лист 14
Схема электрическая принципиальная		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ	

Альбом 1



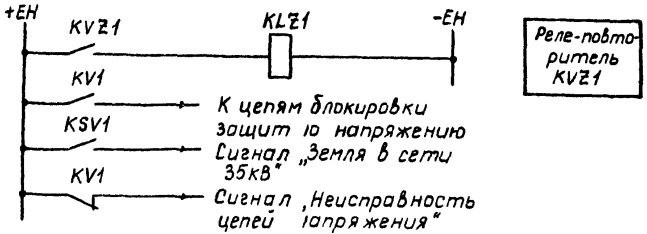
Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционные обозначения по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примеч.
Щит управления	1- KSV1, 2- KSV1	реле напряжения	РН-153/60Д		2	
	1- KV1, 2- KV1	реле напряжения	РН-154/160		2	
	1- KVZ1, 2- KVZ1	фильтр-реле напряжения обратной последовательности	РНФ-1М		2	
	1- KLV1, 2- KLV1	реле промежуточное	РП-18		2	
	1- PV1, 2- PV1	Вольтметр	З-365		2	
	1- IPV2, 2- IPV2	вольтметр регистрирующий	Н-34Н		2	см примеч 2
	1- SN2, 2- SN2	Переключатель	ПМОФ90-НН111/1-Д42		2	см примеч 2
	1- SN1, 2- SN1	Переключатель	ПМОФ45-334466/1-Д27		2	
	1- SV1, 2- SV1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 1203		2	

Примечания

- 1 Целесообразность прокладки отдельного кабеля к счетчикам расчетного учета определяется по графиком СМ5-2-б-8, приложение 5.
- 2 Регистрирующий вольтметр PV2 и переключатель SN2 предусматриваются в контрольных точках, по которым ведется режим энергосистем

К панели счетчиков расчетного учета (см примечание 1)

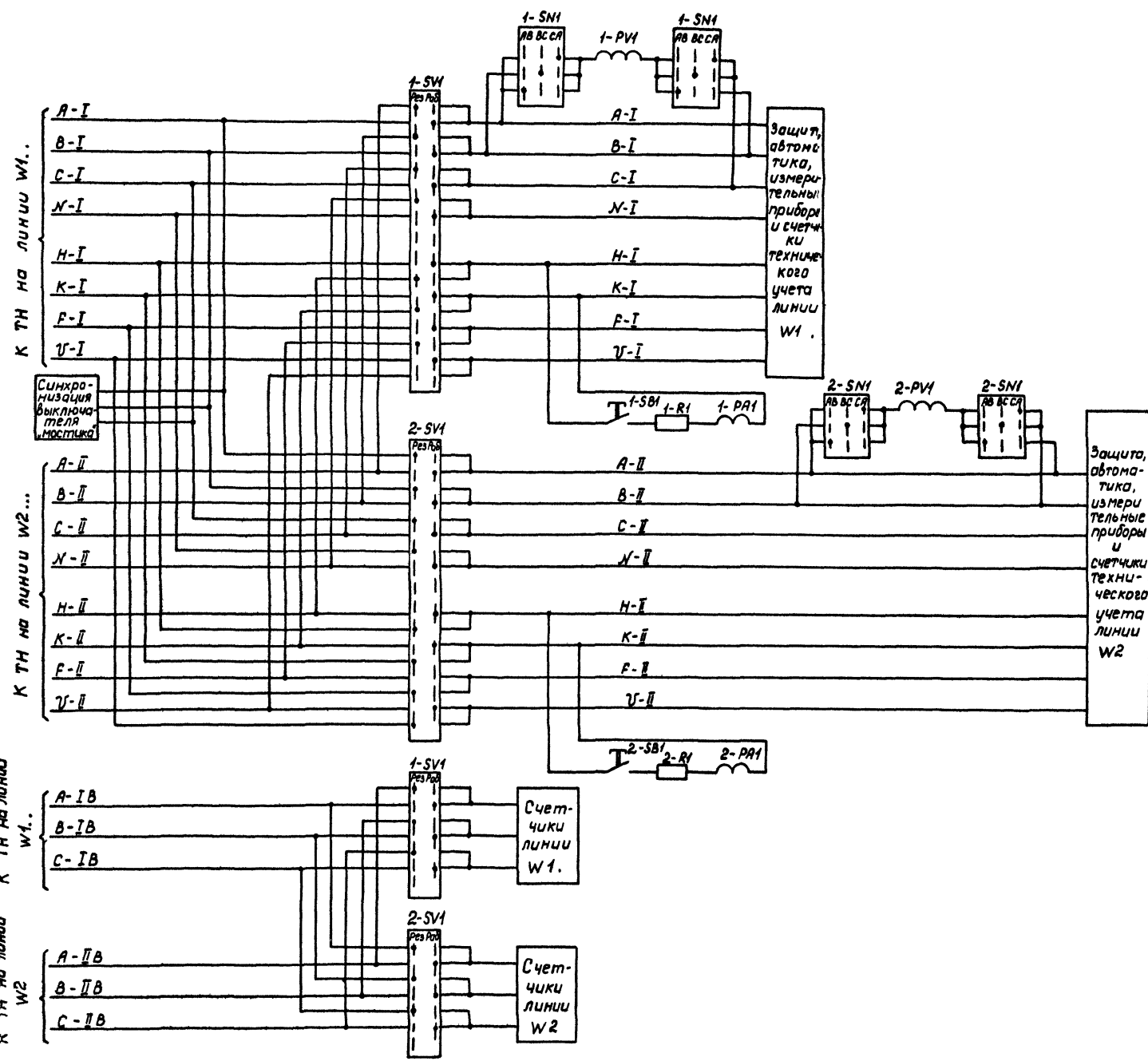


407-03-484.87-3В

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше			
Гип	Шифрина	И.И.	
Нач. отд.	Мерзляков	И.И.	
Н.контр.	Хмельев	И.И.	
Нач. сект.	Колесников	И.И.	
Руч. в.	Музыкова	И.И.	
Чертежи	Гусева	И.И.	
Организация цепей напряжения РУ 35 кВ		Этап	Лист 15
Схема электрическая принципиальная		ЭНЕРГОГЕТПРОЕКТ Горьковское отделение 1984г	

Альбом 1

Шифр проекта: Подпись и дата: Изм. №



Перечень аппаратуры

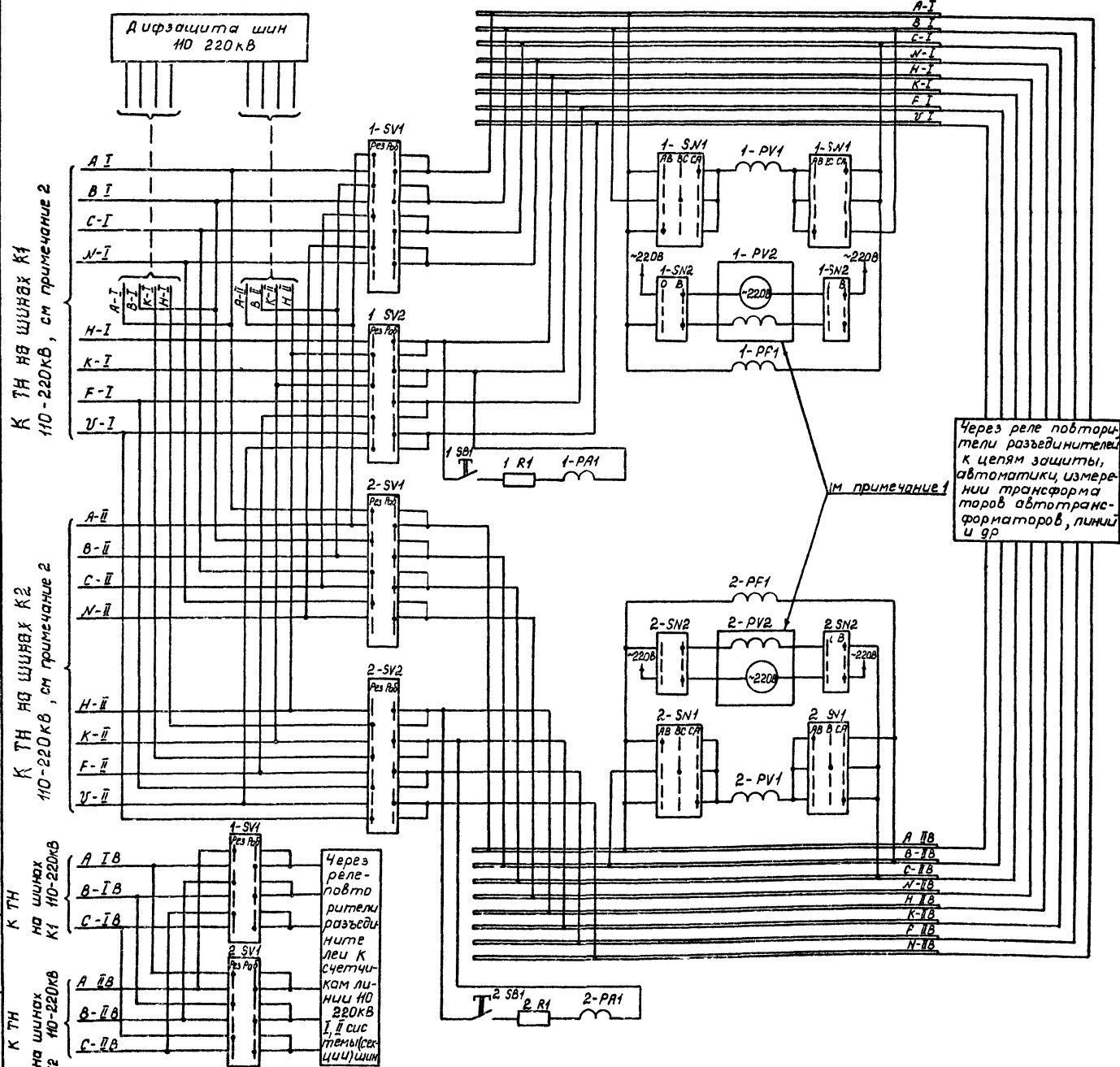
Место установки	Позиция обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Щит управления	1- PA1, 2- PA1	Миллиамперметр	Э-8021	0-100 мА	2	
	1- PV1, 2- PV1	Вольтметр	Э-365	.. кВ	2	
	1- R1, 2- R1	Резистор	С5-35В25	150 Ом ± 10%	2	
	1- SB1, 2- SB1	Кнопка	КЕ-011	Исп 2	2	
	1- SN1, 2- SN1	Переключатель	ПМОФ45-112222/Г-Д1		2	
	1- SV1, 2- SV1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж1203		2	

Примечание В маркировку линий вместо, вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 220 кВ-Е, РУ 110 кВ-Б

407-03-48487-3В					
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше					
Гип	Шифр	Инициалы	Организация	Стадия	Лист
Нач. отд.	Мерзлякова	М.И.	Организация цепей напряжения РУ 110-220 кВ со схемой "мостик"	РП	16
Н.контр.	Хмелев	В.И.	Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОПРОЕКТ Горьковский отдел 1983 г.	
Нач. сект.	Гумашов	В.И.			
Рук. в.	Музязева	В.И.			
Инженер	Евсеева	В.И.			
Ст. техн.	Харсаншина	В.И.			

Альбом 1

Лист № 100/100. Подпись и дата. Взам ЛНВ № 2



Перечень аппаратуры

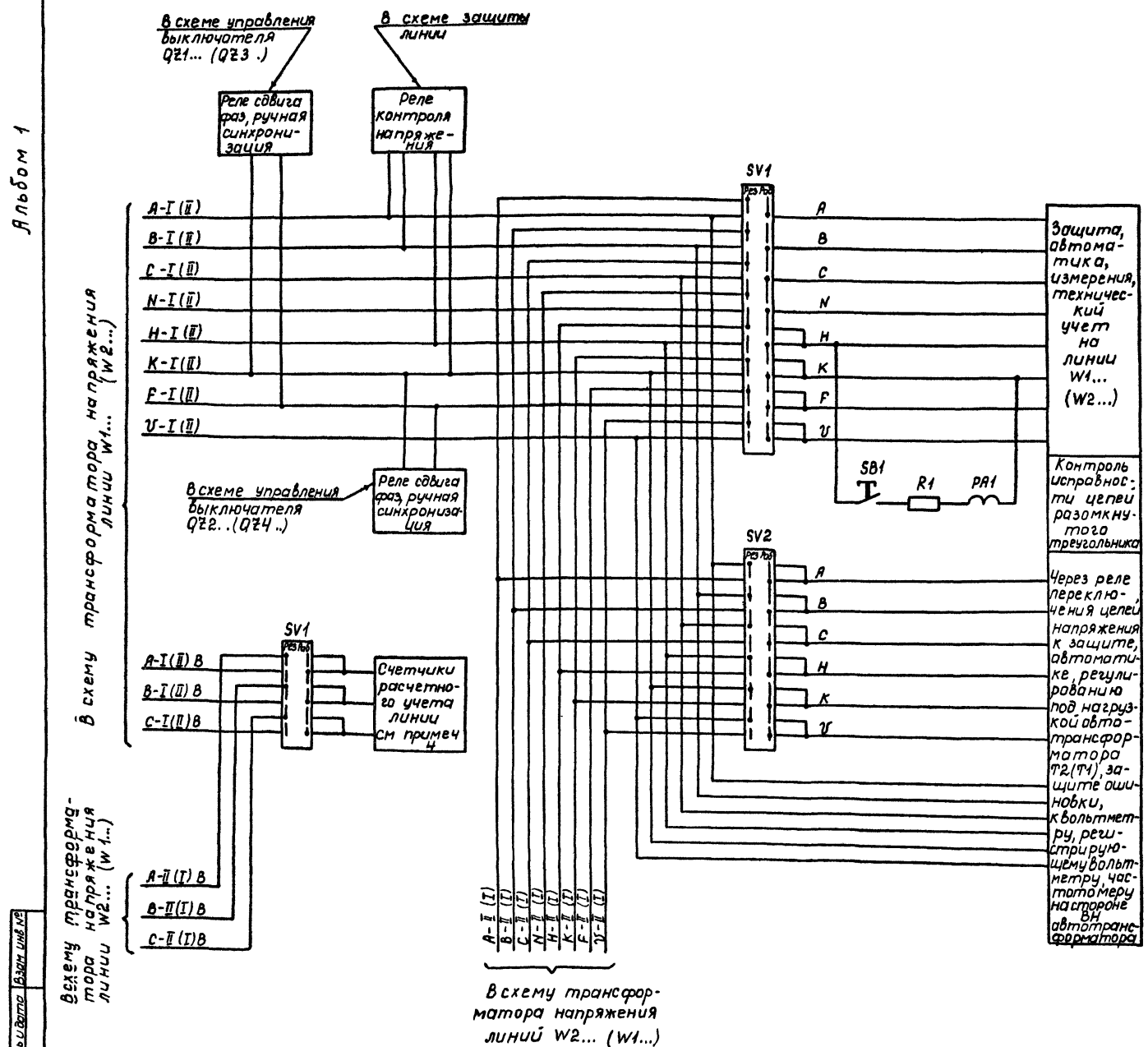
Место установки	Позиция обознач. по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Щит управления	1-PA1, 2-PA1	Миллиамперметр	3-8021	0-100 мА	2	
	1-PF1, 2-PF2	Частотомер	3-372		2	
	1-PV1, 2-PV1	Вольтметр	3-365	кВ	2	
	1-PV2, 2-PV2	Вольтметр	Н-393	кВ	2	
	1-R1, 2-R1	Резистор	С5-35В25	1500М ± 10%	2	
	1-SB1, 2-SB1	Кнопка	КЕ-011	исп 2	2	
	1-SV1, 2-SV1	Переключатель	ПКУЗ - 12 ж 8012		2	
	1-SV2, 2-SV2	Переключатель	ПКУЗ - 12 ж 4037		2	
	1-SN1, 2-SN1	Переключатель	ПМОФ45 - 112222/Г-Д1		2	
	1-SN2, 2-SN2	Переключатель	ПМОФ 90 - 111111/Г-Д42		2	
Щит						

Примечания: 1. Регистрирующие вольтметры предусматриваются на сборных шинах узловых подстанций, от которых отходят межсистемные линии и линии с двухсторонним питанием. Частотомеры устанавливаются при необходимости точной (ручной или полуавтоматической) синхронизации. 2. В маркировку шин вместо «\*» вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 220 кВ-Е, для РУ 110 кВ-Б.

407-03-48487-3В			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше			
Гип	Шифр	Исполн	Исполн
Нач. отд.	Мерзленков	М	
Н. контр.	Хмельев	Л	
Нач. сект.	Тимошова	Л	
Руч. гр.	Милзеева	Л	
Инженер	Егорова	Л	
Организация цепи напряжения РУ 110-220 кВ с двумя системами шин		Станд. лист	Листов
Схема электрическая принципиальная		РП 17	
		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковский отделен 1928г	



Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	кол	Примеч
Щит управления	PA1'	Миллиамперметр	Э-8021	0..100мА	1	
	R1	Резистор	С5-35В25	1500Ω±10%	1	
	SB11	Кнопка	КЕ-ОН	исп 2	1	
	SV'1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 1203		1	
	SV'2	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 6001		1	

Примечания

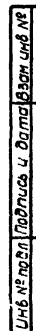
- 1 Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы РУ "Четырехугольник", "Треугольник". Поясняющую схему см лист 14
- 2 Резервирование питания нагрузок цепей напряжения линии производится от ТН другой линии
- 3 Питание цепей напряжения автотрансформаторов Т1, Т2 выполняется от ТН линий через реле переключения цепей напряжения в зависимости от включенного положения выключателей QZ1..., QZ3, QZ2..., QZ4...
- 4 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечений, см приложение 5, графики СТ5-2-19-23
- 5 В маркировку шин, линий, выключателей вместо "... " вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ: 450кВ-В, 500кВ-С; 330кВ-Д, 220кВ-Е

Лист 5 из 6

Подпись и дата

Взят лист №

407-03-484.87-3В			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
Гип	Щифрина	Мерзленков	Мерзленков
Начальник	Хмелев	Мерзленков	Мерзленков
Начальник	Мерзленков	Мерзленков	Мерзленков
Рис. 20	Мерзленков	Мерзленков	Мерзленков
Инженер	Мерзленков	Мерзленков	Мерзленков
Схема электрическая принципиальная		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ	Горьковское отделение
		РП	18
		Лист	18
		Страница	18
		Листов	18



Место устано- вки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характерис- тика	Кол	Примеч
Щит управления	SV1	Переключатель	ПКУ3 - 12 ж 1203		1	
	SW2	Переключатель	ПКУ - 12 ж 6001		1	

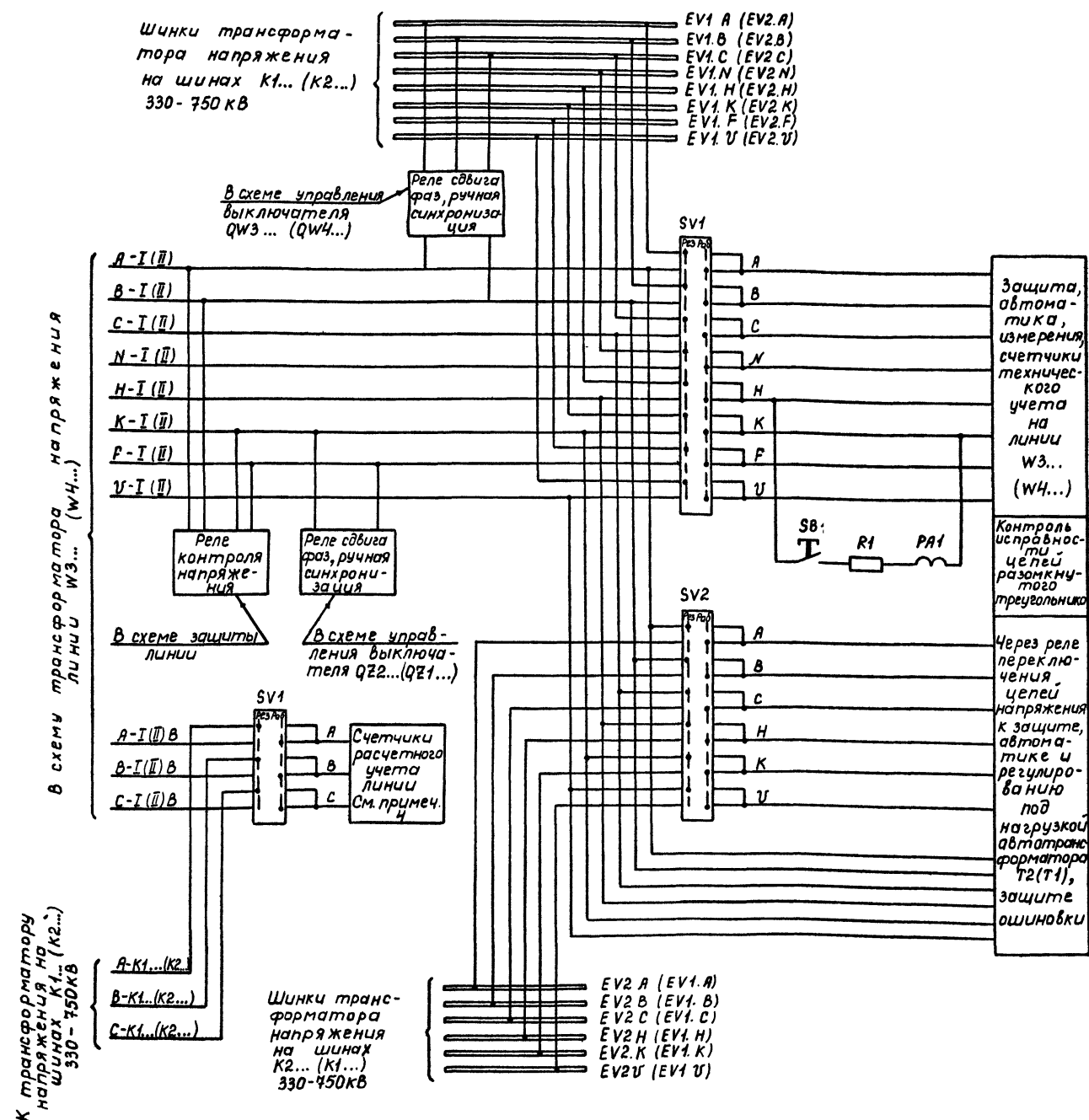
1 Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы РУ 330-750 кВ "Трансформаторы-шины" для линий с нечетными номерами W1..(W3..) и трансформатора Т1 при присоединении линии через два выключателя. Для схемы "Трансформаторы-шины с полторным присоединением" линий маркировка выключателей QZ2..(QZ6..) заменяется на QX1...(QX2...) соответственно с подачи цепей напряжения "А", "В", "С" к реле сдвига фаз от ТН линий W2(W4). При выполнении схемы организации вторичных цепей напряжения для линий с четными номерами W2..., W4... необходимо изменить маркировку шин EV1 на EV2 для подачи резервного питания цепей напряжения на устройства защиты, автоматики и др.

Для автотрансформатора Т2 подачу рабочего питания выполнить от шин EV2..., а для резервирования - от шин EV1.... Изменения в маркировке выключателей следует выполнить в соответствующей с поясняющей схемой, приведенной на листе 14.

2 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечений кабелей, см. приложение 5, график СМ5-2-19, 20.

3 В маркировку шин, линий, выключателей вместо "... " вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 750 кВ - В, 500 кВ - С, 330 кВ - Д.

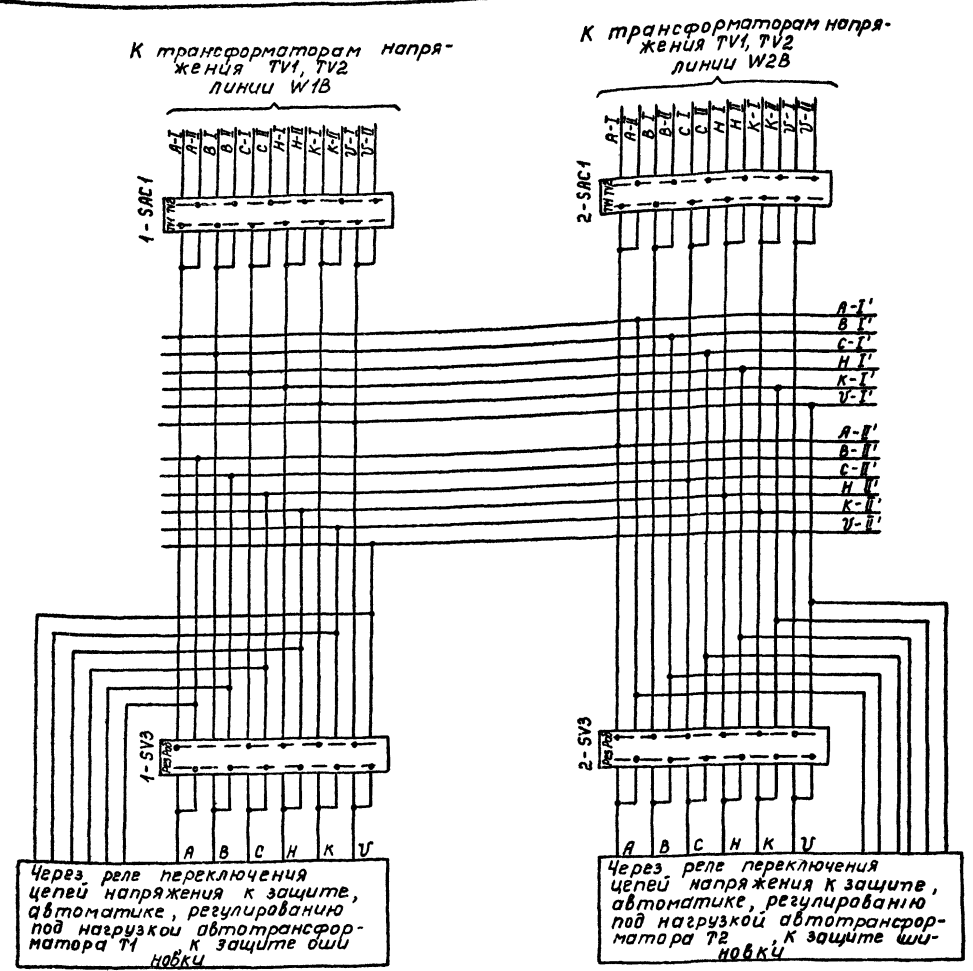
				407-03-48487-ЭВ
				Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше
Гип	шифрына	ММШ		
нач от	Мерленкова	И		Организация цепей напряжения ру 330-750 кв по схеме "трансформаторы-шины"
и контр.	Химелев	ВШШ		
нач сект	Тумашов	МШШ		
рук в	Киселева	МШШ		
инженер	Бигорода	ЮШШ		
от тех	Марсадин			
				Схема электротрическая принципиальная
				ИНФОРПГЕТЬПРОСКУ ГОРЬКОБЕЖНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ 1988г?



Место устано- вки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характерис- тика	Кол	Примеч
Щит управления	РА1	Миллиамперметр	З-8021	0...100мА	1	
	Р1	Резистор	С5-35В25	1500м ± 10%	1	
	SSB1	Кнопка	КЕ-ОН	исп. 2	1	
	SSV1	Переключатель	ПКУЗ-12ж 1203		1	
	SSV2	Переключатель	ПКУЗ-12ж 6001		1	

1. Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы моста линия  $W3... (W4...)$  - автотрансформатор  $T2(T1)$ .  
Поясняющую схему см. лист 14
2. Резервирование питания нагрузки цепей напряжения линии  $W3... (W4...)$  производится от ТН той системы шин, к которой линия подключается через один выключатель, т.е.  $K1... (K2...)$ .
3. Питание цепей напряжения автотрансформатора  $T2(T1)$  в рабочем режиме осуществляется от ТН системы шин, к которой они подключены через один выключатель, резервирование производится от ТН смежной линии  $W3... (W4...)$ .
4. Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечений кабелей, см приложение 5, графики СМ5-2-19, 20.
5. В маркировку шин, линий, выключателей вместо "..." вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ: 750кВ - В; 500кВ - С; 330кВ - Д.

					407-03-484.87-3В								
					Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше								
								Организация цепей напряжения РЧЗ30-950кВ по схеме "Полуторная"			Страницы Лист Листов		
					Гип Шифринов ММ						РЛ 20		
					Начальн Мерзленкова НТ								
					и Канто Химельб ЯКШ								
					Начальн Тумашев ЮИ								
					рук гр Михайлова ВБ								
					инженер Егорово ВИ								
					Схема электрическая принципиальная								
					ЭНЕРГО СЕТЬ ПРОЕКТ ...ровский отд елений 1988г.								



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Щит управления	1-PA1, 1 PA2, 2 PA1, 2 PA2	Миллиамперметр	Э-8021	0 100мА	4	
	1 R1, 1 R2, 2 R1, 2 R2	Резистор	С5-35825	1500м ± 10%	4	
	1 SB1, 1 SB2, 2 SB1, 2 SB2	Кнопка	КЕ-ОН	исп 2	4	
	1- SV1, 2- SV1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж1203		2	
	1- SV2, 2- SV2	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 8012		2	
	1 SK3, 2 SV3, 1-SAC1, 2-SAC1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж6001		4	

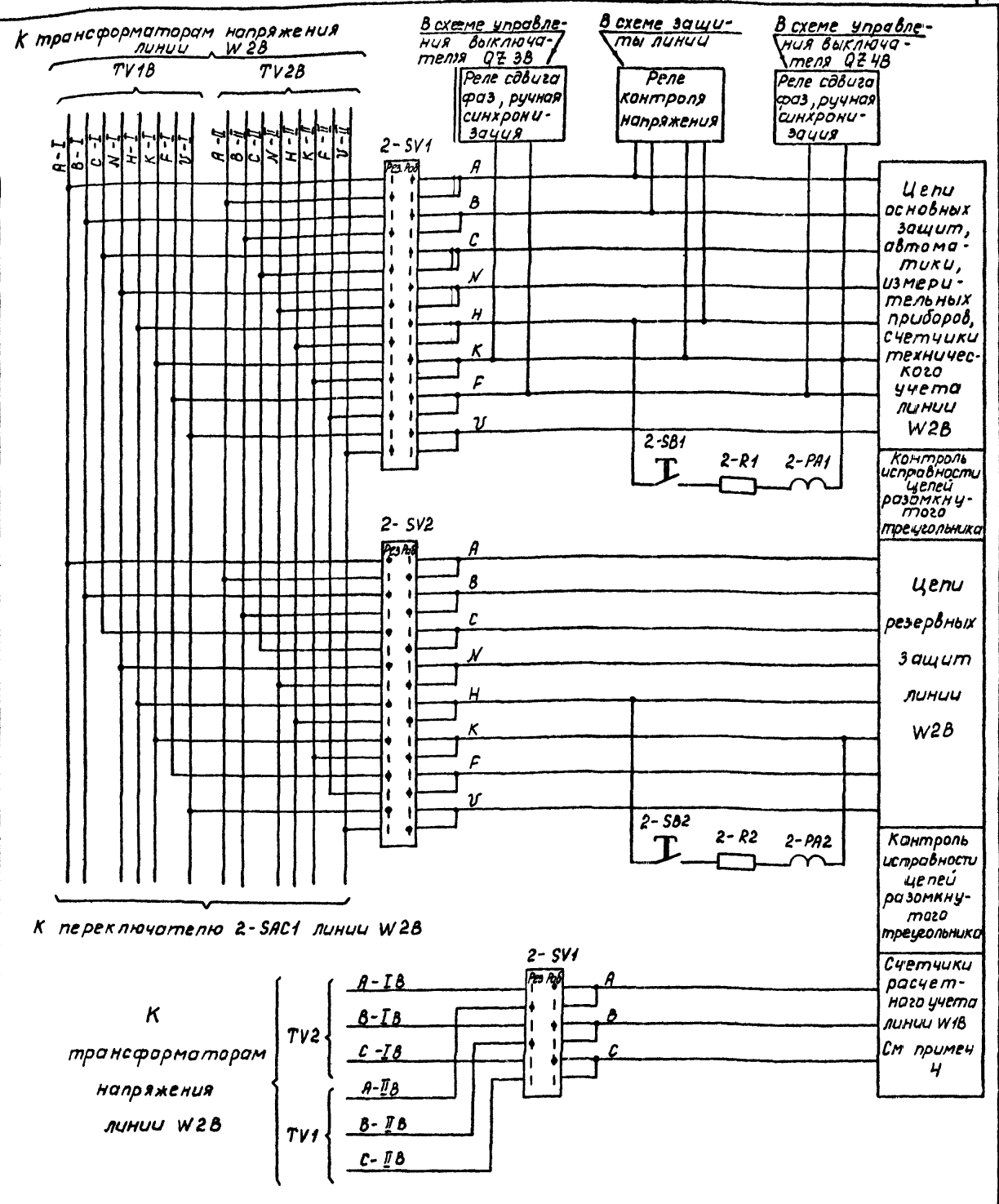
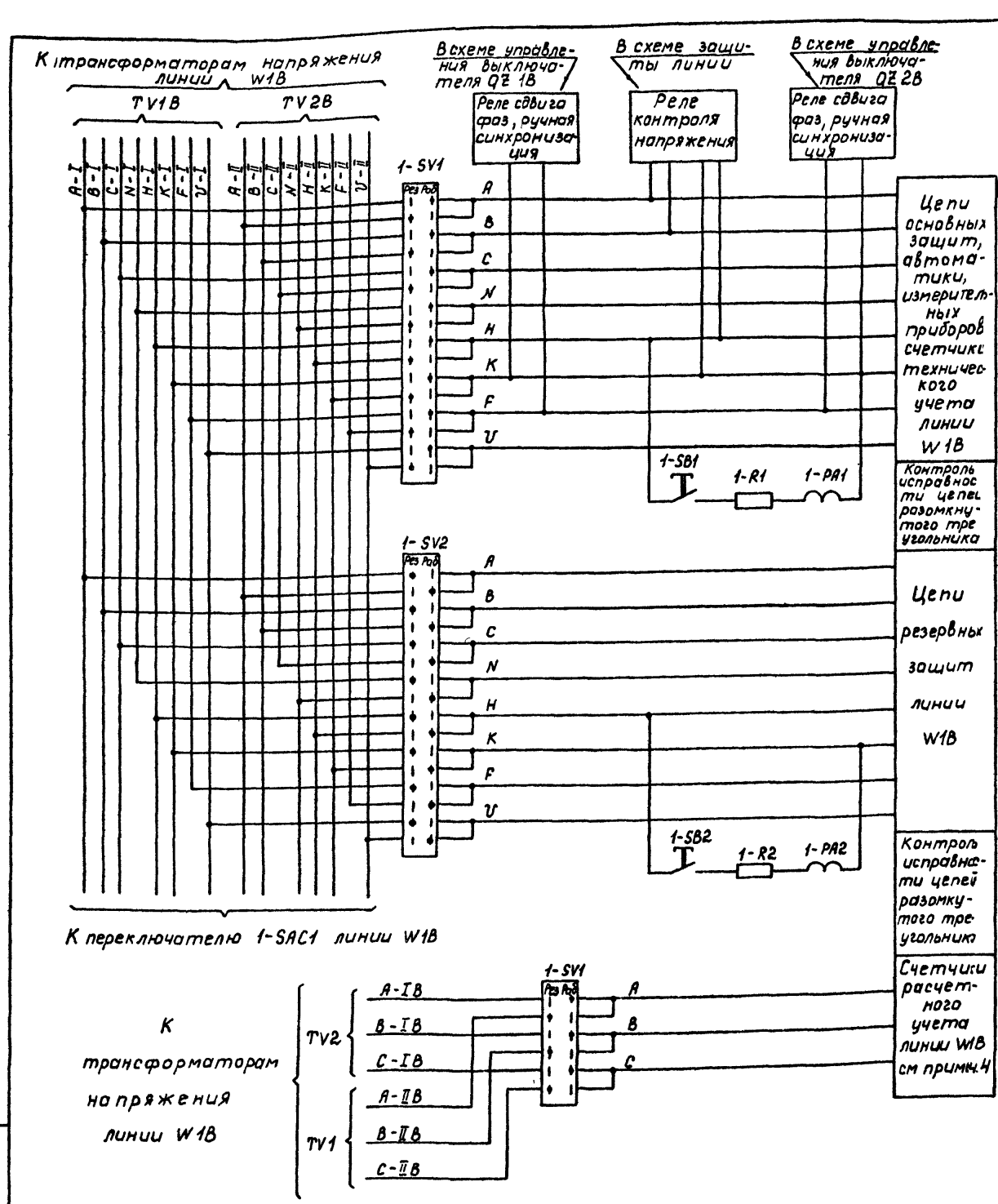
Примечания

- 1 Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы РЩ 750кВ "Четырехугольник", "Треугольник" при установке на линиях двух комплектов трансформаторов напряжения
- 2 Питание цепей напряжения отдельных видов нагрузки линий распределяется между трансформаторами напряжения TV1 и TV2 данной линии Резервирование цепей напряжения осуществляется переключателями (1-SV1, 1-SV2 для линии W1B и 2-SV1, 2-SV2 для W2B), переводящими питание всех цепей напряжения линии на TV1 либо TV2 данной линии
- 3 Цепи напряжения автотрансформатора Т1(Т2) в рабочем режиме питаются от ТН линии W1B(W2B) по выбору от TV1 либо TV2 через переключатель 1-SAC1(2-SAC1) Резервирование цепей напряжения автотрансформатора Т1(Т2) осуществляется от ТН линии W2B(W1B) через переключатель 1-SV3(2-SV3) и реле переключения цепей напряжения
- 4 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечения кабелей, см приложение 5, графики СМ5-22-19,20

Шифр № подл. Подпись и дата. Взам. инв. №

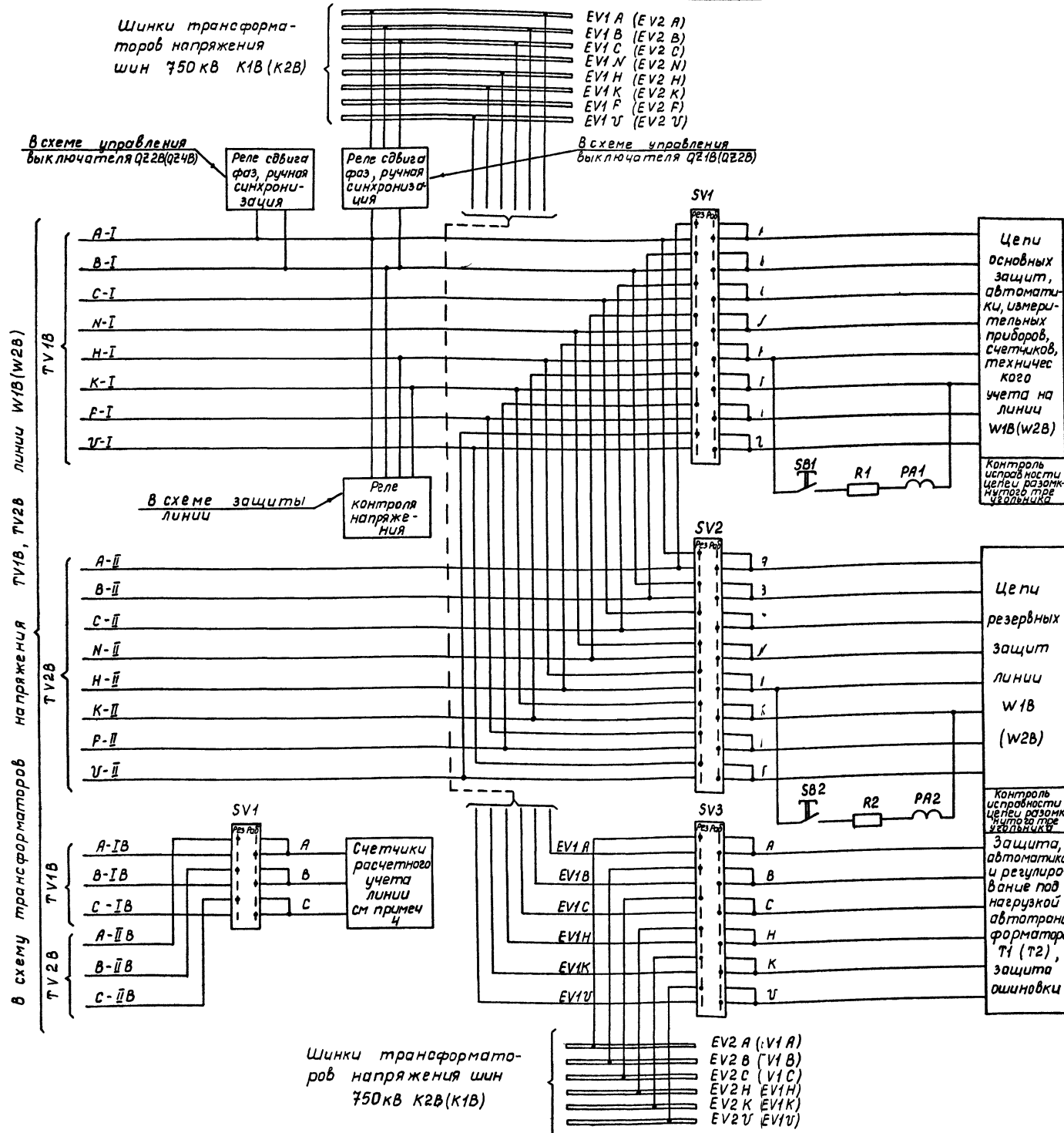
407-03-48487-38			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
Гип	Шифр	Исполн	Провер
Начальн	М.И. Завенягин	А.И. Д.	Л.И.
Н.контр	Хималов	В.А. М.	В.А. М.
Нач. сект	Тучашилов	В.А. М.	В.А. М.
Рук. го	М.И. Завенягин	А.И. Д.	Л.И.
Ст. техн	Завенягин	А.И. Д.	Л.И.
Схема электрическая принципиальная			ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковский отдел 1988г

Альбом 1



Инв. № табл. Подпись и дата. Взам. инв. №

407-03-48487-3B			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
Гип	Шифрина	НМ	Организация цепей напряжения 10кВ по схеме "Четырехугольник" треугольник при 2х комплектах ТН на линии
Нач. авт.	Мерзленкова	М	Станд.
Н. контр.	Хмелев	М	Лист
Нач. св.	Тучиашов	М	Листов
Рук. пр.	Мизяева	М	РП 2/2
Инж. пр.	Егоррова	М	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковский отделение 1988г



## Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Управление	PA1, PA2	Миллиамперметр	Э-8021	0-100 мА	2	
	R1, R2	Резистор	С5-35825	150 Ом ± 10%	2	
	SB1, SB2	Кнопка	КЕ-011	исп. 2	2	
Щит	SV1	Переключатель	ПКУЗ-12 Ж 1203		1	
	SV2	Переключатель	ПКУЗ-12 Ж 8012		1	
	SV3	Переключатель	ПКУЗ-12 Ж 6001		1	

## Примечания

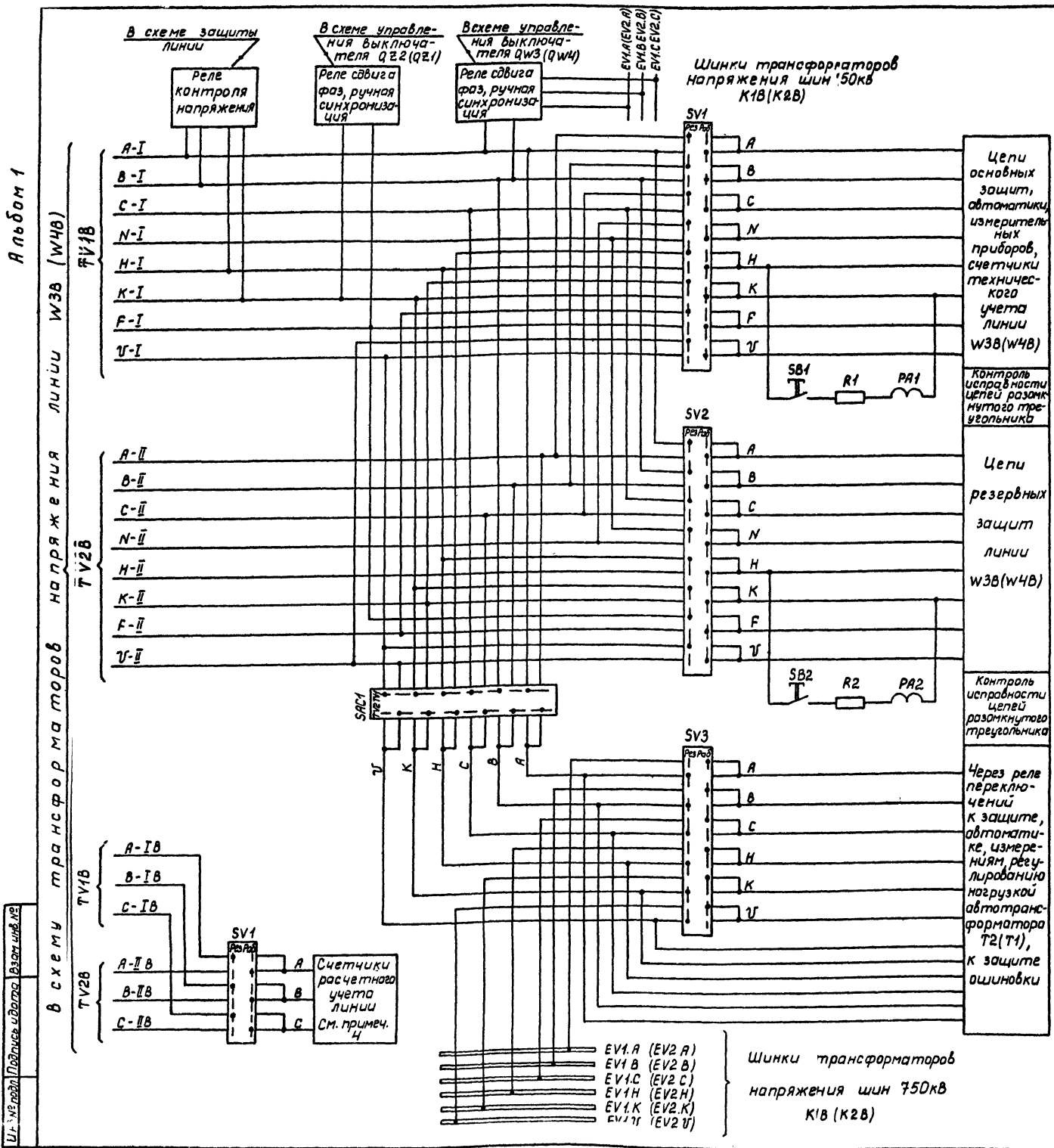
- 1 Организация вторичных цепей напряжения выполнена для РУ-750 кВ по схеме "Трансформаторы-шины" при установке на линиях 750 кВ двух комплектов конденсаторов связи
- 2 Резервирование питания нагрузки цепей напряжения линий осуществляется переключением цепей TV1В, TV2В данной линии на переключателях SV1, SV2
- 3 Питание цепей напряжения автотрансформаторов Т1 (Т2) выполняется от ТН на шинах К1В (К2В) и резервируется от ТН на шинах К2В (К1В).
- 4 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечений кабелей, см. приложение 5, графики СМ5-2-19, 20

407-03-48487-3В

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше

Гип	Шифр	Инициалы	Масштаб	Лист	Листов
Нач. отд. инженерной	М. В.		Организация цепей напряжения РУ 750 кВ по схеме "Трансформаторы-шины" при двух комплектах ТН на линии	Станд. рп	23
Нач. сект. ТТ	М. В.		Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ	1
Инженер	Е. Г.				1988

А л ь б о м 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч.
Шит управления	РА1, РА2	Миллиамперметр	Э-8021	0 100мА	2	
	R1, R2	Резистор	С5-35В25	150Ω ± 10%	2	
	SB1, SB2	Кнопка	КЕ-011	исп 2	2	
	SV1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 1203		1	
	SV2	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 8012		1	
	SV3, SACS1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 6001		2	

Примечания.

1. Организация вторичных цепей напряжения выполнена для РУ 750кВ по схеме „Полуторная“ при установке на линиях 750кВ двух комплектов трансформаторов напряжения. Поясняющую схему РУ 750кВ см. лист 14.
2. Резервирование питания нагрузки цепей напряжения линии осуществляется переключателями SV1, SV12 данной линии.
3. Питание цепей напряжения автотрансформатора ТУ1 (Т2) выполняется от ТН на шинах К1В (К2В) и резервируется от ТН (TV1, TV2 по выбору с помощью переключателя SACS1) смежной линии W4В (W3В) через переключатель SV3.
4. Прокладка отдельных кабелей предусмотрена для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечений кабелей, см. приложение 5, графики СМ5-2-19, 20.

407-03-484.87-3В

Гип	Шифр	Масштаб	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	Стр.	Лист	Листов
нач.пр.	нач.пр.	нач.пр.	Организация цепей напряжения РУ 750кВ по схеме „Полуторная“ при двух комплектах ТН на линии	РП	24	
Нач.сек.	Нач.сек.	Нач.сек.	Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ	Горьковский отдел	1333
Руч.гр.	Руч.гр.	Руч.гр.				
Инж.-22	Инж.-22	Инж.-22				

Основные технические данные трансформаторов напряжения, используемых для питания цепей напряжения устройств защиты, автоматики, измерений, учета и др

Приложение I

Таблица СМ1-1

Тип трансформатора напряжения	Номинальное напряжение обмоток, В			Номинальная мощность ВА для классов точности				Пределная мощность ВА		Uк %			Z к
	ВН	НН (основной)	НН (дополнительный)	0,2	0,5	1	3	основной обмотки	дополнительной обмотки	ВН - НН основной обмотки	ВН - НН дополнительной обмотки	НН основной обмотки	
НДЕ - 750-72	750000/√3	100/√3	100		300	500	1000	1600		1,9 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>	0,15 <sup>1)</sup>	
НДЕ - 500-72	500000/√3	100/√3	100		300	500	1000	1600		1,9 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>	0,15 <sup>1)</sup>	
НКФ - 500-78	500000/√3	100/√3	100			500	1000	2000		4,4/8	6,4	0,3	
НКФ - 330-73	330000/√3	100/√3	100		400	600	1200	2000	1200	4,3/5	4,2	0,27	
НКФ - 220-58	220000/√3	100/√3	100		400	600	1200	2000	1200	4,1/3	5,15	0,54	
НКФ - 110-57	110000/√3	100/√3	100		400	600	1200	2000	1200	4,0/5	3,87	0,62	
ЗНОМ - 35-65	35000/√3	100/√3	100/3		150	250	600	1200		6,100	11,2	10,4	
НОМ - 35-66	35000	100			150	250	600	1000		3,187			
НОМ - 10-66	10000	100			75	150	300	630		6,4			
НОМ - 6-77	6000	100			50	75	200	400		8,115			
ЗНОЛ - 06-10	10000/√3	100/√3	100/3 или 100	50	75	150	300	640	300	4,8	7,9	6,85	
ЗНОЛ - 09-10													
ЗНОЛ - 06-6	6000/√3	100/√3	100/3 или 100	30	50	75	200	400	200	3,55	5,6	4,65	
ЗНОЛ - 09-6													
НАМИ - 10	10000	100	100	См таблицу СМ1-2				1000	100				0,6
НАМИ - 10	6000	100	100										
НОЛ - 08-10	10000	100		50	75	150	300	630		4,95			
НОЛ - 08-6	600	100		30	50	75	200	400		3,47			

1) Для НДЕ значения Uк% ВН-ННосн и ВН-ННдоп соответствуют активному сопротивлению, Uк% ННосн-ННдоп соответствуют индуктивному сопротивлению

Таблица технических данных для НАМИ-10

Таблица СМ11-2

Тип трансформатора напряжения	Номинальное напряжение обмоток, В			Мощность на вводах основных вторичных обмоток, ВА			Допускаемая основная погрешность ΔU %	Пределы допустимых погрешностей ΔUg %	Максимальная суммарная погрешность ΣΔU %	Номинальная мощность дополнительной вторичных обмоток
	ВН	НН (основной)	НН (дополнительный)	аВ	бС	сА				
НАМИ-10	10000	100	1)	50	50	0		+ 0,15	+ 0,35	300 ВА
				50	50	15		± 0,15	± 0,35	
				75	75	0		0	± 0,2	
				100	100	0	± 0,2	- 0,15	- 0,35	
НАМИ-10	6000			75	75	30		- 0,5	- 0,7	
				150	150	0		- 0,5	- 0,7	
				150	150	150		- 3	- 3,2	

1) При симметричном номинальном первичном фазном напряжении - 38, при металлическом замыкании одной из фаз сети на землю - 90, 100В

407-03-48487-СМ1			
Гип	Шифровка	И/К	
Нач. отд.	Мерленкова	И/К	
Нач. отд.	Хмельев	И/К	
Нач. отд.	Гумашов	И/К	
Рук. гр.	Мизяева	И/К	
Инженер	Б. Горова	И/К	
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше. Технические характеристики трансформаторов напряжения.			
Этадия	Лист	Листов	
РП	1	1	
ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г			

Листом 1

Шифр подл. Подпись и дата





## Нагрузки вторичных цепей ТН ЗХНКФ-110-220 на линиях 110-220 кВ

Приложение 2

Таблица СМ2-2

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (А)		Дополнительная обмотка ТН (А)
	S нагрузки на фазу, ВА	S нагрузки на обмотку, ВА	S нагрузки ЗУо, ВА
Счетчик активной энергии Ф443А	10 <sup>1)</sup>		
Счетчик активной энергии СЯЗУ-0670М		6 <sup>1)</sup>	
Счетчик 336700		37 <sup>1)</sup>	
Панель ПДЗ-2802	3		
Щит защиты ЩДЗ-2801	3		3
ЛИФП-В измерительный прибор активной мощности		1(аб, вс), 3(са)	3
Вольтметр показы- вающий с одно- сторонней шкалой Э-365		2	
Ваттметр показы- вающий с двух- сторонней шкалой Д-365		10	
Варметр показы- вающий с двух- сторонней шкалой Д-367		10	
Частотомер показы- вающий Э-372		3	
Реле напряжения РН-55		6,5	
БПНС-2 (при нагрузке ~190Вт)	160		

Продолжение Таблица СМ2-2

Расчет нагрузок на обмотках ТН	Основная обмотка ТН (А)		Дополнительная обмотка ТН (А)
			С нагрузкой ЗУо, ВА
<p>Пс на постоянном оперативном токе</p>	$S_{\text{нф, макс}} = \frac{S_{\text{вс}}}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{S_{\text{аб}}}{S_{\text{вс}}}\right)^2 + \frac{S_{\text{аб}}}{S_{\text{вс}}} + 1} + S_{\text{ф}}$ <p>при <math>S_{\text{аб}} &gt; S_{\text{вс}} &gt; S_{\text{ав}}</math></p> $S_{\text{аб}} = 2 + 10 + 10 + 1 = 23,0 \text{ ВА};$ $S_{\text{вс}} = 6,5 + 1 + 3 + 10 = 20,5 \text{ ВА};$ $S_{\text{ф}} = 10^{1)} + 3 + 3 = 16 \text{ ВА};$ $S_{\text{нф, макс}} = S_{\text{нф в}} = \frac{20,5}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{23}{20,5}\right)^2 + \frac{23}{20,5} + 1} + 16 =$ $= 37,681 \text{ ВА} \approx 40^{(2)} \text{ ВА}$		<p><math>S_{\text{ЗУо}} = 6,0 \text{ ВА}</math></p>
<p>Пс на выпрямленном оперативном токе с БПНС-2</p>	$S_{\text{аб}} = 23,0 \text{ ВА}, S_{\text{вс}} = 20,5 \text{ ВА}$ $S_{\text{ф}} = 16 + 16 \cdot 0,7 = 17,6 \text{ ВА}$ $S_{\text{нф, макс}} = 21,68 + 17,6 = 39,28 \text{ ВА} \approx$ $\approx 40^{(2)} \text{ ВА}$		

Сопоставление суммарной нагрузки в режиме резервирования с мощностью ТН в классе точности 3

$$\Sigma S_{\text{н}} = S_{\text{нн}} + \frac{S'_{\text{нф}} + S''_{\text{нф}}}{3}$$

$$S_{\text{нн}} = 2 S_{\text{ЗУо}} = 2 \times 6 = 12 \text{ ВА}, 2 S_{\text{ф}} = 17,6 \times 2 = 35,2 \text{ ВА};$$

$$2 S_{\text{аб}} = 2 \times 23 = 46 \text{ ВА}, 2 S_{\text{вс}} = 2 \times 20,5 = 41 \text{ ВА};$$

$$S'_{\text{нф}} = 2 S_{\text{ф}} + 2 S_{\text{аб}} = 35,2 + 46 = 81,2; S''_{\text{нф}} = 2 S_{\text{ф}} + 2 S_{\text{вс}} = 35,2 + 41 = 76,2 \text{ ВА}$$

$$\Sigma S_{\text{н}} = 12 + \frac{81,2 + 76,2}{3} = 275,1 \text{ ВА} \ll 1200 \text{ ВА}$$

- 1) При расчете максимальной нагрузки на фазу учитывать потребление счетчика типа Ф443А (10 ВА)
- 2) В режиме резервирования нагрузка на ТН удваивается и равна соответственно 80 ВА и 400 ВА.  
При указанных нагрузках ТН работает в классе точности 0,5

Нагрузки вторичных цепей ТН 3хНКФ-110-220 на шинах 110-220кВ

Приложение 2

Таблица СМ2-3

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (Л)					Примечание
	Потребление на обмотках					
	Шины, т-р	Линия	Шины, т-р	Линия	3Uo	
Шкаф защиты ШДЭ 2801		3				Линия 5
Панели						
ДФЗ-201		10				Линия 3
ПЗ-2105А	62		5(бс)			
ПДЭ-0301	2х2					
ШП-2701		4				Линия-2
ШП-2702		2				Линия-2
ШП-2703	12					Линия-2
АПАХ		45				
Реле напряжения						
РН-53/60Д						
РН-55				6,5(бс)		
ЛЦФП В					3	
Измерительный преобразователь активной мощности				1(аб,бс), 3(са)		
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой Э-365			2(аб)			
Вольтметр регистрирующий Н-344			10(са)			
Ваттметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-365				10(аб,бс)		Линия-5
Варметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-367				10(аб,бс)		Линия-5
Частотомер показывающий Э-372			3(бс)			
Счетчик активной и реактивной энергии СЛЗУ-У670М				6		Линия-5
СРЧУ-У673М				6		Ввод 110-220кВ т-ра-1
Датчики активной и реактивной мощности				1(аб,бс) 10(са)		Линия 5х2 и ввод т-ра

Продолжение Таблица СМ2-3

Расчет нагрузок на обмотках ТН
$S_{аб} = 2 + 6 \times 10 + 6 \times 10 + 14 \times 11 + 36 + 12 = 184 \text{ ВА}$ , $S_{бс} = 5 \times 6,5 + 6 \times 10 + 6 \times 10 + 3 + 44 \times 1 + 36 + 12 = 196,5 \text{ ВА}$ , $S_{са} = 10 + 14 \times 10 + 12 = 162 \text{ ВА}$ , $S_{фр} = 6 \times 3 + 3 \times 10 + 62 + 2 \times 44 + 2 \times 12 + 2 \times 45 + 4 = 228 \text{ ВА}$ , $S_{нф\max} = S_{нф} = S_{фр} + \frac{S_{аб}}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\left(\frac{S_{бс}}{S_{аб}}\right)^2 + \frac{S_{бс}}{S_{аб}} + 1} =$ $228 + \frac{184}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\left(\frac{196,5}{184}\right)^2 + \frac{196,5}{184} + 1} = 418,38 \text{ ВА} \approx 420 \text{ ВА}$ $420 \text{ ВА} \leq 600 \text{ ВА}$ , ТН работает в классе точности 1
Сопоставление суммарной нагрузки в режиме резервирования с мощностью ТН в классе точности 3 $2S_{аб} = 368 \text{ ВА}$ , $2S_{бс} = 393 \text{ ВА}$ , $2S_{фр} = 456 \text{ ВА}$ , $S_{нн} = 2S_{зв} = 6 \text{ ВА}$ , $S'_{нф} = 456 + 368 = 824 \text{ ВА}$ , $S'_{нф} = 456 + 393 = 849 \text{ ВА}$ , $\Sigma S_H = S_{нн} + \frac{S'_{нф} + S'_{нф}}{3}$ $\Sigma S_H = 6 + \frac{824 + 849}{3} = 563,7 \text{ ВА} \ll 1200 \text{ ВА}$

Примечание

Для расчета сечений проводов кабелей принимается полная мощность ТН в классе точности 1 - 600 ВА, с распределением нагрузки  $S_{рзл} = 330 \text{ ВА}$ ,  $S_{изм} = 216 \text{ ВА}$ ,  $S_{сч} = 54 \text{ ВА}$ , пропорционально рассчитанным при  $S_{нф\max} = 420 \text{ ВА}$

Альбом 1

Ш.С.М. п.а.а.а. Подпись и дата. Вент. ш.а.а.

Нагрузки вторичных цепей ТН ЗХНФ-330-500; ЗХНДЕ-500-750 на линиях 330-750 кВ.

Приложение 2

Таблица СМ2-4

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (λ)
	С нагрузки на фазу, ВА	С нагрузки на обмотку, ВА	
Счетчик активной энергии Ф443А	10 <sup>1)</sup>		
Счетчик активной энергии САЗУ-УБ70М		6 <sup>1)</sup>	
Панели			
ПДЭ-2001	6		
ПДЭ-2002			2
ПДЭ-2003	5		
ПДЭ-2004	2		
ШП-2703	2		
ШП-2704	6		
ПДЭ-0301	2		
АПАХ	45		
ЛУФП В измерительный преобра- зователь активной мощности		1(ав, вс); 3(ас)	3
Вольтметр показыва- ющий с односторон- ней шкалой Э-365		2	
Вольтметр регистри- рующий Н-344		10	
Ваттметр показываю- щий с двусторонней шкалой Д-365		10 <sup>1)</sup>	
Варметр показывающий с двусторонней шкалой Д-367		10	
Частотомер показыва- ющий Э-372		3	
Реле напряжения РН-55		6,5	

Продолжение. Таблица СМ2-4

Расчет нагрузок на обмотках ТН	Основная обмотка ТН (λ)	Дополнительная обмотка ТН (Δ)
		S нагрузки 3U <sub>0</sub> , ВА
	$S_{нф\max} = S_{нфв} = \frac{S_{вс}}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\left(\frac{S_{ав}}{S_{вс}}\right)^2 + \frac{S_{ав}}{S_{вс}} + 1} + S_{ф} ;$ $S_{ав} > S_{вс} > S_{ас} ; S_{ав} = 2 + 10 + 10 + 1 + 6,5 = 29,5 \text{ ВА}$ $S_{вс} = 10 + 3 + 1 + 10 = 24 \text{ ВА} , S_{са} = 10 \text{ ВА} ;$ $S_{ф} = 10^{1)} + 6 + 5 + 2 + 6 + 4 + 4,5 = 78 \text{ ВА} ;$ $S_{нфв} = \frac{24}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\left(\frac{29,5}{24}\right)^2 + \frac{29,5}{24} + 1} + 78 = 27,775 + 78 = 104,775 \text{ ВА}$ $\approx 105^{2)} \text{ ВА}$	$S_{нзв} = 5 \text{ ВА}$
<p>Сопоставление суммарной нагрузки в режиме резервирования с мощностью ТН в классе точности 3</p> $\Sigma S_{н} = S_{нн} + \frac{S'_{мф} + S''_{мф}}{3}$ $S_{нзв} = 5 \text{ ВА} ; S_{нн} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ ВА} , 2S_{ф} = 2 \cdot 78 = 156 \text{ ВА} ;$ $2S_{ав} = 59 \text{ ВА} ; 2S_{вс} = 48 \text{ ВА} ;$ $S'_{мф} = 2S_{нф} + 2S_{ав} = 156 + 59 = 215 \text{ ВА} ;$ $S''_{мф} = 2S_{нф} + 2S_{вс} = 156 + 48 = 204 \text{ ВА} ;$ $\Sigma S_{н} = 10 + \frac{215 + 204}{3} = 139,667 \ll 1000 \text{ ВА}.$		

- 1) При расчете максимальной нагрузки на фазу учитывалось потребление счетчика типа Ф443А (10 ВА).
- 2) В режиме резервирования (для схем РУ "Треугольник", "Четырехугольник") нагрузка на ТН удваивается и равна 210 ВА. При указанной нагрузке ТН типа НКФ-330; НДЕ-500; НДЕ-750 работают в классе точности 0,5; ТН типа НКФ-500- в классе точности 1.

Нагрузки вторичных цепей ТН 3×НКФ-330, 3×НДЕ-500-750 на шинах 330-750 кВ

Таблица СМ2-5

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (А)		Дополнительная обмотка ТН (А)
	с нагрузки на фазу, ВА	с нагрузки на обмотку, ВА	с нагрузки 3U <sub>0</sub> , ВА
Счетчик активной энергии Ф443А	10		
Автоматическое управ- ление шунтирующим реактором	8		
Шкаф защиты ШДЗ-2601	5		
Устройство фиксации тяжести КЗ по сниже- нию U приращ. после- довательности (нетиповое)	6		
Панели			
ШП-2703	12		
ШП-2704	6		
ПДЗ-0301	2		
Измеритель transforma- тельный активной мощности		1(ав, вс), 3(ас)	
ЛИФП В			3
Вольтметр показыва- ющий с односторон- ней шкалой Э-365		2	
Вольтметр регистри- рующий Н-344		10	
Ваттметр показываю- щий с двухсторон- ней шкалой Д-365		10	
Ваттметр показываю- щий с двухсторон- ней шкалой Д-367		10	
Частотомер показываю- щий Э-372		3	
Реле напряжения РН-55		6,5	
Нагрузка от ВЛ 330-750 кВ в режиме резервиро- вания	78	29,5(ав), 24(вс)	

Продолжение Таблица СМ2-5

Расчет нагрузок на обмотках ТН	Основная обмотка ТН (А)	Дополнительная обмотка ТН (А)
		S нагрузки 3U <sub>0</sub> ВА
	$S_{ав} = 1 + 2 + 10 + 10 + 6,5 + 2 \cdot 9,5 = 59 \text{ ВА},$ $S_{вс} = 10 + 3 + 1 + 10 + 24 = 48 \text{ ВА},$ $S_{ас} = 10 + 8 + 5 + 4 + 2 + 12 + 6 + 78 = 127 \text{ ВА},$ $S_{нфмах} = \frac{48}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\frac{59}{48} + \frac{59}{48} + 1 + 127} =$ $180,66 \text{ ВА} \approx 185 \text{ ВА},$ Для НКФ-330 181 < 400 ТН работает в классе 0,5 Для НДЕ-500-750 185 < 300 ТН работает в классе 0,5	$S_{3U_0} = 38 \text{ ВА}$
Сопоставление суммарной нагрузки в режиме резервирования с мощностью ТН в классе точности 3		
$\Sigma S_H = S_{HH} + \frac{S'_{мф} + S''_{мф}}{3},$ $2S_{ас} = 254 \text{ ВА}, \quad 2S_{ав} = 2 \times 59 = 118 \text{ ВА}, \quad 2S_{вс} = 2 \times 48 = 96 \text{ ВА}$ $S'_{мф} = 2S_{нф} + 2S_{ав} = 254 + 118 = 372 \text{ ВА}, \quad S_{HH} = 2 \times S_{3U_0} = 2 \times 38 = 76 \text{ ВА},$ $S''_{мф} = 2S_{нф} + 2S_{вс} = 254 + 96 = 352 \text{ ВА};$ $\Sigma S_H = 76 + \frac{372 + 352}{3} = 247,333 \approx 250 \text{ ВА}$ Для НКФ-330, $\Sigma S_H = 250 \ll 2000 \text{ ВА}$ Для НДЕ-500-750, $\Sigma S_H = 250 \ll 1600 \text{ ВА}$		

## Выбор автоматов вторичных цепей ТН

Таблица СМЗ

Типы трансформаторов напряжения	Место присоединения	Автоматы в цепях основной обмотки ТН				Автоматы в цепях дополнительной обмотки ТН					
		Расчетная величина тока для выбора установки автомата А	Принятый $I_n$ расч А	Ублутимый по коммутирующей способности автомата А	Автомат включен в провод	Расчетное выражение $Z_{ТН} \frac{U_k}{U_{нТН}} \frac{S_{пред}}{100}$	Расчетная величина максимального тока КЗ А	Принятый $I_n$ расч А	Ублутимый по коммутирующей способности автомата А		
НДЕ 750	на шинах	$I_{расч} = K_n \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$	$\frac{15 \cdot 300}{100/\sqrt{3}} = 78$	10						63 <sup>2)</sup>	800
	на линии	$I_{расч} = \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$	$\frac{300}{100/\sqrt{3}} = 52$	64		$U - F$	$\sqrt{3} \cdot 87^{1)} = 150$	25 <sup>2)</sup>	400		
	в цепях питания счетчиков	$I_{расч} = I_{кз}^{(3)}$ на выводах ТН	168 <sup>1)</sup>	25	400						
НДЕ 500	на шинах	$I_{расч} = K_n \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$	$\frac{15 \cdot 500}{100/\sqrt{3}} = 13$	16						63 <sup>2)</sup>	800
	на линии	$I_{расч} = \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$	$\frac{500}{100/\sqrt{3}} = 8,63$	10		$U - F$	$\sqrt{3} \cdot 87^{1)} = 150$	25 <sup>2)</sup>	400		
	в цепях питания счетчиков	$I_{расч} = \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$	168 <sup>1)</sup>	25	400						
НКФ-500	на шинах	$I_{расч} = K_n \frac{I_{2 емк}}{35}$	$\frac{13 \cdot 60}{35} = 22,3$	25		$U - F$	$\frac{64 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,32$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$	$\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,32} = 540$	63 <sup>2)</sup> 40 <sup>2)</sup>	800 600
	на линии	$I_{расч} = K_n \frac{I_{2 емк}}{35}$	$\frac{13 \cdot 60}{35} = 22,3$	25		$U - F$	$\frac{42 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,21$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$	$\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,21} = 820$	10	2000
	в цепях питания счетчиков	$I_{кз}^{(3)} = \frac{100}{U_k \%} \frac{S_{пред}}{U_{нТН}}$	$\frac{100}{12} \frac{2000}{100/\sqrt{3}} = 195$	64	800						
НКФ 330	на шинах	$I_{расч} = K_n \frac{I_{2 емк}}{35}$	$\frac{13 \cdot 60}{35} = 22,3$	25		$U - F$	$\frac{42 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,21$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$	$\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,21} = 820$	10	2000
	на линии	$I_{расч} = K_n \frac{I_{2 емк}}{35}$	$\frac{13 \cdot 60}{35} = 22,3$	25		$U - F$	$\frac{42 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,21$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$	$\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,21} = 820$	10	2000
	в цепях питания счетчиков	$I_{кз}^{(3)} = \frac{100}{U_k \%} \frac{S_{пред}}{U_{нТН}}$	$\frac{100}{12} \frac{2000}{100/\sqrt{3}} = 195$	64	800						
НКФ 220	на шинах	$I_{расч} = K_n \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$	$\frac{2 \cdot 600}{100/\sqrt{3}} = 20,8$	25		$U - F$	$\frac{5,15 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,25$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$	$\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,257} = 675$	63	800
	на линии	$I_{расч} = K_n \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$	$\frac{2 \cdot 600}{100/\sqrt{3}} = 20,8$	25		$U - F$	$\frac{5,15 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,25$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$	$\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,257} = 675$	63	800
	в цепях питания счетчиков	$I_{кз}^{(3)} = \frac{100}{U_k \%} \frac{S_{пред}}{U_{нТН}}$	$\frac{100}{5,15} \frac{2000}{100/\sqrt{3}}$	64	800						
НКФ 110	на шинах	$I_{расч} = K_n \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$	$\frac{2 \cdot 600}{100/\sqrt{3}} = 20,8$	25		$U - F$	$\frac{3,87 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,193$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$	$\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,193} = 897$	10	2000
	на линии	$I_{расч} = K_n \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$	$\frac{2 \cdot 600}{100/\sqrt{3}} = 20,8$	25		$U - F$	$\frac{3,87 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,193$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$	$\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,193} = 897$	10	2000
	в цепях питания счетчиков	$I_{кз}^{(3)} = \frac{100}{U_k \%} \frac{S_{пред}}{U_{нТН}}$	$\frac{100}{3,87} \frac{2000}{100/\sqrt{3}}$	64	800						

407-03-48487-СМЗ											
Тип	ШФР на	ШФР									
Начат	М.р.л.н.б.	М.р.л.н.б.									
Начатр	Эм.л.б.	Эм.л.б.									
Начсек	Т.м.ш.б.	Т.м.ш.б.									
Р.к.ер	М.з.б.	М.з.б.									
Инженер	Б.б.	Б.б.									
			Схема вторичных цепей трансформаторов напряжения 610кВ и выше						ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ		
			Выбор уставок автоматов в вторичных цепях ТН						Г.р.к. в к.с. отделение 1988г.		



Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН  
для линии 110-220 кВ

Таблица СМ4-1

Тип подстанции	Вид учета на линии	Допустимое падение U, В	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)		
			Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели ввода на щите				
			по падению напряжения	по надежности работы автомата при	по падению напряжения	по надежности работы автомата	
			$Z_{пр} = \frac{\Delta U_{н}}{3 S_{нагр}}, \text{ Ом}$	$Z_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{н}^2}{(I_{н}^2 R_{расц})^2 + X_{ТН}^2}}$	$Z_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{н}^2}{(I_{н}^2 R_{расц})^2 + X_{ТН}^2}}$	$Z_{пр} = \frac{\Delta U_{н}}{2 S_{нагр}}, \text{ Ом}$	$Z_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{н}^2}{(I_{н}^2 R_{расц})^2 + X_{ТН}^2}}$
П.С. на постоянном операционном токе	Расчетный	$\Delta U = 0,25$	$\Sigma S_{нагр} = 80 \text{ ВА}$	$0,324^{1)}$	$0,765^{1)}$	$\Sigma S_{нагр} = 15 \text{ ВА}$	$Z_{пр} 110 = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{100}{6,10}\right)^2 - (2,021)^2} = 0,81^{1)}$
			$Z_{пр} = \frac{0,25 \cdot 100}{3 \cdot 80} = 0,104$				
			$Z_{пр} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 80} = 0,208$				
			$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 80} = 0,625$ Принимается $0,324^{1)}$				
П.С. на выпрявленном операционном токе	Расчетный	$\Delta U = 0,5$	$S_{сч} = 20 \text{ ВА}$	$0,324$	$0,765$	Класс точности 3 $\Delta U = 2\%$ $Z_{пр} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 15} = 6,667$	$Z_{пр} 220 = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{100}{6,64}\right)^2 - (2,032)^2} = 1,26^{1)}$
			$Z_{пр} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 20} = 0,833$				
			$S_{сч} \text{ изм} = 380 \text{ ВА}$				
			$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 380} = 0,13$				
Технический	$\Delta U = 1,5$	$\Sigma S_{нагр} = 400 \text{ ВА}$ общий провод $S_{сч}$ изм	$0,324$	$0,765$			
		$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 400} = 0,125$					

Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей  
ТН на шинах 110-220 кВ

Таблица СМ4-2

Вид учета на линии	Допустимое падение U, В	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (λ)			
		Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели ввода на щите					
Расчетный	Δ U = 0,5	по падению напряжения	по надежности работы автомата при	по падению напряжения	по надежности работы автомата		
		$Z_{пр} = \frac{\Delta U_{\text{н}}}{3 S_{\text{нагр}}}, \text{Ом}$	2-фазном КЗ $Z_{пр} = \frac{\sqrt{3} U_{\text{нТН}}}{2 I_{\text{н расч}} \chi^2_{\text{ТН}}}$	3-фазном КЗ $Z_{пр} = \frac{\sqrt{3} U_{\text{нТН}}}{3 I_{\text{н расч}} \chi^2_{\text{ТН}}}$	$Z_{пр} = \frac{\Delta U_{\text{н}}}{2 S_{\text{нагр}}}, \text{Ом}$	$Z_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{\text{нТН}}^2}{(I_{\text{н расч}})^2} - (\chi_{\text{ТН}})^2}$	
Технический	Δ U = 1,5	$S_{\text{сч}} = 54 \text{ ВА}$	$0,324^{1)}$	$0,765^{1)}$	$\Sigma S_{\text{нагр}} = 38 \text{ ВА}$	$Z_{пр \text{ нп}} = 0,81^{1)}$	$Z_{пр \text{ рзл}} = 1,26^{1)}$
		$Z_{пр} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 54} = 0,309$			Класс точности 3 $\Delta U = 2\%$ $Z_{пр} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 3} = 33,333$		
		$S_{\text{сч}} = 54 \text{ ВА}$					
		$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 54} = 0,926$					
		$\Sigma S_{\text{рзл, изм}} = 546 \text{ ВА}$					
		$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 546} = 0,092$					

1) Расчетные выражения и величины приняты по материалам  
см п 12 пояснительной записки

Условные обозначения

- $\Delta U$  - падение напряжения в кабеле,  
 $U_{\text{н}} -$  номинальное напряжение ТН,  
 $I_{\text{н расц}}$  - номинальный ток расцепителя автомата,  
 $X_{\text{ТН}}$  - индуктивное сопротивление ТН,  
 $\Sigma S_{\text{нагр}}$  - суммарная нагрузка,  
 $S_{\text{сч}}$  - потребление устройств учета,  
 $S_{\text{рзл, изм}}$  - потребление устройств защиты, автоматики и измерений

407-03-484 87-СМ4

Гип	Шифр	Вид	Схемы вторичных цепей	Стадия	Лист	Листов
Инж. А.С. Горюхов	Э.С. Горюхов	Э.С. Горюхов	трансформаторов напря- жения 6-10 кВ и выше	Р	1	2
Инж. А.С. Горюхов	Э.С. Горюхов	Э.С. Горюхов	Допустимое сопротивление проводов кабелей	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г		
Ст. техн. А.С. Горюхов	Э.С. Горюхов	Э.С. Горюхов				



Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН  
для линий 330-750 кВ

Таблица СМ4-3

Вид учета на линии Допустимое падение U		Основная обмотка ТН (λ)						Дополнительная обмотка ТН (Δ)							
		Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели ввода на щите, Ом													
		по падению напряжения		по надежности работы автомата при				по падению напряжения		по надежности работы автомата					
		$Z_{пр} = \frac{\Delta U U_{ТН}}{3 S_{нагр}}$		$2^x$ фазном КЗ $Z_{пр \text{ для изм}} = \frac{\sqrt{3} U_{ТН}}{12 I_{расч}} \cdot \chi_{ТН}^2$ $Z_{пр \text{ для изм}} = \frac{\sqrt{3} U_{ТН}}{12 I_{расч}} - Z_{ТН}$ НКФ-330-550 НДЕ-500 НДЕ-750 Для провода от панели ввода до панели РЗА, изм		1 фазном КЗ $Z_{пр} = \frac{\sqrt{3} U_{ТН}}{12 I_{расч}} \cdot \chi_{ТН}^2$		$Z_{пр} = \frac{\Delta U U_{ТН}}{2 S_{нагр}}$		$Z_{пр} = \frac{1}{2} \left( \frac{U_{ТН}}{6 I_{расч}} \right)^2 - (\chi_{ТН})^2$					
Техничес-кий ΔU = 1,5 ΔU = 0,25 ΔU = 0,5		Расчетный ΔU <sub>РЗА изм</sub> = 1,5		НКФ-330-550		НДЕ-500		НДЕ-750		НКФ-330-550		НДЕ-500		НДЕ-750	
		$S_{РЗА изм} = 1908 \text{ А}$													
		$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 190} = 0,263$		0,324 <sup>1)</sup>		0,394 <sup>1)</sup>		1,26 <sup>1)</sup>		0,765 <sup>1)</sup>		1,89 <sup>1)</sup>		2,97 <sup>1)</sup>	
		$\Sigma S_{нагр} = 2108 \text{ А}$													
Расчетный ΔU = 0,25		$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 210} = 0,238$ общий провод РЗА изм сч													
		$S_{сч} = 208 \text{ А}$													
		$Z_{пр сч} = \frac{0,25 \cdot 100}{3 \cdot 20} = 0,416$													
Расчетный ΔU = 0,5		$Z_{пр сч} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 20} = 0,833$													

1) Расчетные выражения и величины приняты по материалам-см п 12 пояснительной записки

## Условные обозначения

$\Delta U$  - падение напряжения в кабеле,  
 $U_{нТН}$  - номинальное напряжение ТН,  
 $I_{расц}$  - номинальный ток расцепителя автомата,  
 $\chi_{ТН}$  - индуктивное сопротивление ТН,  
 $Z_{ТН}$  - полное сопротивление ТН,

$\Sigma S_{нагр}$  - суммарная нагрузка,  
 $S_{сч}$  - потребление устройств учета,  
 $S_{изм}$  - потребление устройств защиты, автоматики и измерений

Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН на шинах 330-750 кВ

Таблица СМ4-4

Вид учета на линии	Допустимое падение U, В	Основная обмотка ТН (λ)						Дополнительная обмотка ТН (Δ)				
		Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели ввода на щите, Ом										
		по падению напряжения	по надежности работы автомата при			по падению напряжения	по надежности работы автомата					
		$Z_{пр} = \frac{\Delta U U_{нТН}}{3 S_{нагр}}$	$2^x$ фазном КЗ $Z_{пр} = \frac{\sqrt{3} U_{нТН}}{12 I_{расч}} \cdot \chi_{ТН}^2$			1 фазном КЗ $Z_{пр} = \frac{U_{нТН}}{3 I_{расч}} \cdot \chi_{ТН}^2$			$Z_{пр} = \frac{\Delta U U_{нТН}}{2 S_{нагр}}$	$Z_{пр} = \frac{1}{2} \left( \frac{U_{нТН}}{6 I_{расч}} \right)^2 - (\chi_{ТН})^2$		
		НКФ-330	НДЕ-500	НДЕ-750	НКФ-330	НДЕ-500	НДЕ-750		НКФ-330	НДЕ-500	НДЕ-750	
технический	ΔU=1,5	S <sub>изм</sub> = 2608 А		Для провода от панели ввода до панели РЗА, ИЗМ						S <sub>нагр</sub> = 38 А		
		$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 260} = 0,192$										
		Σ S <sub>нагр</sub> = 300 ВА		0,324 <sup>1)</sup>	0,394 <sup>1)</sup>	1,26 <sup>1)</sup>	0,765 <sup>1)</sup>	1,89 <sup>1)</sup>	2,97 <sup>1)</sup>	Класс точности 3		
		$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 300} = 0,167$ общий провод РЗА, ИЗМ сч								ΔU = 2 %		
расчетный	ΔU=1,5											
расчетный	ΔU=0,25	S <sub>сч</sub> = 40 ВА								$Z_{пр} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 3} = 33,3$		
		$Z_{пр} = \frac{0,25 \cdot 100}{3 \cdot 40} = 0,208$										
расчетный	ΔU=0,5	$Z_{пр} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 40} = 0,416$										

Примечание В расчете допустимых сопротивлений проводов кабелей ТН на шинах 330-750 кВ (таблица СМ4-4) суммарная величина нагрузки принята равной мощности ТН НДЕ-500-750 в классе точности 0,5 (3008 А)

Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН 9хНКФ-110-220 на линиях 110-220кВ  
Таблица СМ5-1-1

Приложение 5

Альбом 1

Основная обмотка									
Кабели от ТН до щита					Кабели по щиту				
Тип ПС	Виды учета на линиях	Напряжение кабелей, кВ	Расчетное сечение провода (алюминий), мм <sup>2</sup> $q_1 = \frac{P_1}{\gamma \cdot \tau_{пр доп}}$	Принятое сечение, мм <sup>2</sup>	Сопротивление провода по принятому сечению $\tau_{пр 1} = \frac{P_1}{\gamma \cdot q_1}, Ом$	Сопротивление нулевого провода $\tau_N = \frac{P_1}{\gamma \cdot q_N}, Ом$	$\tau_{пр 1} + \tau_N$	Напряжение кабелей, кВ	Расчетное сопротивление провода от ТН до щита $\tau_{пр} = \frac{\Delta U \cdot \Delta I \cdot S_{нагр}}{3 \cdot S_{нагр}}$
Пс на постоянном оперативном токе	Расчетный	ввода	$\sum S_{нагр} = 80 ВА ; \tau_{пр доп} \Delta U = 0,104$			$S_{сч} = 108 А ; S_{рзв} = 128 ВА ; S_{изм} = 488 А$			$\tau_{пр рзв} (Узм) = \frac{\Delta U \cdot \Delta I \cdot S_{нагр}}{3 \cdot S_{нагр}}$
			120 $\frac{120}{34,5 \cdot 0,104} = 33,445$	3x35+1x16	$\frac{120}{34,5 \cdot 35} = 0,099$	$\frac{120}{34,5 \cdot 16} = 0,217$	0,099 + 0,217 = 0,316	100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,101/100} = 7,66$	
			125 $\frac{175}{34,5 \cdot 0,104} = 48,774$	3x50+1x25	$\frac{175}{34,5 \cdot 50} = 0,101$	$\frac{175}{34,5 \cdot 25} = 0,202$	0,101 + 0,202 = 0,303	150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,101/100} = 9,957$	
			175 $\frac{175}{34,5 \cdot 0,104} = 48,774$	3x50+1x25	$\frac{175}{34,5 \cdot 50} = 0,101$	$\frac{175}{34,5 \cdot 25} = 0,202$	0,101 + 0,202 = 0,303	100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,101/100} = 7,66$	
			175 $\frac{175}{34,5 \cdot 0,104} = 48,774$	3x50+1x25	$\frac{175}{34,5 \cdot 50} = 0,101$	$\frac{175}{34,5 \cdot 25} = 0,202$	0,101 + 0,202 = 0,303	150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,101/100} = 9,957$	
	Технический	от ТН до панели	$\sum S_{нагр} = 80 ВА ; \tau_{пр доп} \Delta U = 0,208 Ом$			$S_{сч} = 108 А ; S_{рзв} = 128 ВА ; S_{изм} = 488 А$			$\tau_{пр рзв} (Узм) = \frac{\Delta U \cdot \Delta I \cdot S_{нагр}}{3 \cdot S_{нагр}}$
			105 $\frac{105}{34,5 \cdot 0,208} = 11,632$	3x16+1x10	$\frac{105}{34,5 \cdot 16} = 0,192$	$\frac{105}{34,5 \cdot 10} = 0,304$	0,192 + 0,304 = 0,496	100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,203/100} = 6,98$	
			110 $\frac{175}{34,5 \cdot 0,208} = 24,386$	3x25+1x16	$\frac{175}{34,5 \cdot 25} = 0,203$	$\frac{105}{34,5 \cdot 16} = 0,19$	0,203 + 0,19 = 0,393	150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,203/100} = 9,957$	
			175 $\frac{175}{34,5 \cdot 0,208} = 24,386$	3x25+1x16	$\frac{175}{34,5 \cdot 25} = 0,203$	$\frac{105}{34,5 \cdot 16} = 0,19$	0,203 + 0,19 = 0,393	100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,203/100} = 6,98$	
			220 $\frac{220}{34,5 \cdot 0,208} = 29,712$	3x35+1x16	$\frac{220}{34,5 \cdot 35} = 0,178$	$\frac{220}{34,5 \cdot 16} = 0,398$	0,178 + 0,398 = 0,576	150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,203/100} = 9,957$	
Пс на переменном оперативном токе (БПС-2)	Расчетный	от ТН до панели счетчиков	$\sum S_{нагр} = 80 ВА ; \tau_{пр доп} \Delta U = 0,324 Ом$			$S_{сч} = 108 А ; S_{рзв} = 128 ВА ; S_{изм} = 488 А$			$\tau_{пр рзв} (Узм) = \frac{\Delta U \cdot \Delta I \cdot S_{нагр}}{3 \cdot S_{нагр}}$
			110 $\frac{110}{34,5 \cdot 0,324} = 9,419$	3x16+1x10	$\frac{110}{34,5 \cdot 16} = 0,199$	$\frac{110}{34,5 \cdot 10} = 0,316$	0,199 + 0,316 = 0,515	100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,324/100} = 6,48$	
			140 $\frac{140}{34,5 \cdot 0,324} = 12,469$	2x2,5				150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,324/100} = 7,66$	
			145 $\frac{220}{34,5 \cdot 0,324} = 19,712$	2x4				100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,324/100} = 6,48$	
			220 $\frac{220}{34,5 \cdot 0,324} = 19,712$	2x4				150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 0,324/100} = 7,66$	
	Технический	от ТН до панели ввода	$\sum S_{нагр} = 380 ВА ; \tau_{пр доп} \Delta U = 0,131 Ом$			$S_{сч} = 108 А ; S_{рзв} = 128 ВА ; S_{изм} = 488 А$			$\tau_{пр рзв} (Узм) = \frac{\Delta U \cdot \Delta I \cdot S_{нагр}}{3 \cdot S_{нагр}}$
			110 $\frac{110}{34,5 \cdot 0,131} = 24,339$	3x25+1x16	$\frac{110}{34,5 \cdot 25} = 0,128$	$\frac{110}{34,5 \cdot 16} = 0,199$	0,128 + 0,199 = 0,327	100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,130/100} = 0,149$	
			115 $\frac{150}{34,5 \cdot 0,131} = 33,189$	3x35+1x16	$\frac{150}{34,5 \cdot 35} = 0,124$	$\frac{150}{34,5 \cdot 16} = 0,271$	0,124 + 0,271 = 0,395	150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,130/100} = 0,225$	
			150 $\frac{150}{34,5 \cdot 0,131} = 33,189$	3x35+1x16	$\frac{150}{34,5 \cdot 35} = 0,124$	$\frac{150}{34,5 \cdot 16} = 0,271$	0,124 + 0,271 = 0,395	100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,130/100} = 0,149$	
			225 $\frac{225}{34,5 \cdot 0,131} = 49,784$	3x50+1x25	$\frac{225}{34,5 \cdot 50} = 0,13$	$\frac{225}{34,5 \cdot 25} = 0,261$	0,13 + 0,261 = 0,391	150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,130/100} = 0,225$	
Пс на переменном оперативном токе (БПС-2)	Расчетный	от ТН до панели ввода	$\sum S_{нагр} = 400 ВА ; \tau_{пр доп} \Delta U = 0,425 Ом$			$S_{сч} = 108 А ; S_{рзв} = 128 ВА ; S_{изм} = 488 А$			$\tau_{пр рзв} (Узм) = \frac{\Delta U \cdot \Delta I \cdot S_{нагр}}{3 \cdot S_{нагр}}$
			105 $\frac{105}{34,5 \cdot 0,425} = 24,348$	3x25+1x16	$\frac{105}{34,5 \cdot 25} = 0,122$	$\frac{105}{34,5 \cdot 16} = 0,19$	0,122 + 0,19 = 0,312	100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,425/100} = 0,15$	
			110 $\frac{150}{34,5 \cdot 0,425} = 34,783$	3x35+1x16	$\frac{150}{34,5 \cdot 35} = 0,124$	$\frac{150}{34,5 \cdot 16} = 0,273$	0,124 + 0,273 = 0,397	150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,425/100} = 0,225$	
			150 $\frac{150}{34,5 \cdot 0,425} = 34,783$	3x35+1x16	$\frac{150}{34,5 \cdot 35} = 0,124$	$\frac{150}{34,5 \cdot 16} = 0,273$	0,124 + 0,273 = 0,397	100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,425/100} = 0,15$	
			215 $\frac{215}{34,5 \cdot 0,425} = 49,783$	3x50+1x25	$\frac{215}{34,5 \cdot 50} = 0,125$	$\frac{215}{34,5 \cdot 25} = 0,25$	0,125 + 0,25 = 0,375	150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,425/100} = 0,225$	
	Технический	от ТН до панели ввода	$\sum S_{нагр} = 380 ВА ; \tau_{пр доп} \Delta U = 0,131 Ом$			$S_{сч} = 108 А ; S_{рзв} = 128 ВА ; S_{изм} = 488 А$			$\tau_{пр рзв} (Узм) = \frac{\Delta U \cdot \Delta I \cdot S_{нагр}}{3 \cdot S_{нагр}}$
			110 $\frac{110}{34,5 \cdot 0,131} = 24,339$	3x25+1x16	$\frac{110}{34,5 \cdot 25} = 0,128$	$\frac{110}{34,5 \cdot 16} = 0,199$	0,128 + 0,199 = 0,327	100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,130/100} = 0,149$	
			115 $\frac{150}{34,5 \cdot 0,131} = 33,189$	3x35+1x16	$\frac{150}{34,5 \cdot 35} = 0,124$	$\frac{150}{34,5 \cdot 16} = 0,271$	0,124 + 0,271 = 0,395	150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,130/100} = 0,225$	
			150 $\frac{150}{34,5 \cdot 0,131} = 33,189$	3x35+1x16	$\frac{150}{34,5 \cdot 35} = 0,124$	$\frac{150}{34,5 \cdot 16} = 0,271$	0,124 + 0,271 = 0,395	100 $\frac{100}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,130/100} = 0,149$	
			225 $\frac{225}{34,5 \cdot 0,131} = 49,784$	3x50+1x25	$\frac{225}{34,5 \cdot 50} = 0,13$	$\frac{225}{34,5 \cdot 25} = 0,261$	0,13 + 0,261 = 0,391	150 $\frac{150}{3 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,130/100} = 0,225$	

- 1) Определение нагрузки см приложение 2 (СМ2-2).
- 2) Значение допустимых сопротивлений см приложение 4 (СМ4-1)
- 3) Графики  $q_1 = f(\rho_1)$  и  $q_2 = f(\rho_2)$  см приложение 5 (СМ5-2-11+14,18)

Условные обозначения

$\Delta U$  — падение напряжения в кабеле  
 $\tau_{пр доп} \Delta U$  — допустимое сопротивление провода по падению напряжения,  
 $\tau_{пр доп} \Delta U$  — допустимое сопротивление провода по надежности действия автомата  
 $\sum S_{нагр}$  — суммарная нагрузка,  
 $S_{рзв}$  — потребление устройств защиты и автоматики;  
 $S_{изм}$  — потребление устройств измерения;  
 $S_{сч}$  — потребление устройств учета.

Эк. подл. Подпись и дата Взам инв. №

407-03-48487-СМ5		
ГНП	Шифр	Инициалы
Нач.отд.	И.С.Мелев	И.С.Мелев
Инженер	И.С.Мелев	И.С.Мелев
Ст.техн.	И.С.Мелев	И.С.Мелев
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 5-10кВ и выше		
Определение сечений проводов кабелей		
Стадия	Лист	Листов
Р	1	11
ГНПО ГРЭС ЛОПЭК		
Горьковское отделение		
1988г		

Определение сечений проводов кабелей ТН 3хНКФ-11С-220 на шинах 110-220 кВ

Приложение 5

Таблица СМ5-1-2

Основная обмотка									
Кабели от ТН до щита					Кабели по щиту				
Виды учета на линии	Напряжение кабеля	Длина кабеля, м	Расчетное сечение провода (алюминий) $q_1 = \frac{L_1}{\gamma \cdot \tau_{\text{пр доп}}}$ , мм <sup>2</sup>	Принятое сечение, мм <sup>2</sup>	Сопротивление провода по принятому сечению $\tau_{\text{пр}} = \frac{L_1}{\gamma \cdot q_1}$ , Ом	Сопротивление нулевого провода $\tau_N = \frac{L_1}{\gamma \cdot q_N}$ , Ом	$\tau_{\text{пр}} + \tau_N$ $\tau_N^{(2)}$	Напряжение кабеля	Расчетное сопротивление провода $\tau_{\text{пр}} = \frac{\Delta U \cdot \Sigma \text{нагр} \cdot \tau_{\text{пр}}}{\Sigma \text{нагр}}$ , Ом
$S^{(1)}_{\text{сч}} = 54 \text{ ВА}$					$\tau_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,309 \text{ Ом}$				
Расчетный	$\Delta U = 0,5\%$	105	$\frac{105}{34,5 \cdot 0,309} = 9,849$	3х10+1х6				$S^{(1)}_{\text{сч}} = 54 \text{ ВА}$	$\tau_{\text{пр}} = \frac{\Delta U \cdot \Sigma \text{нагр} \cdot \tau_{\text{пр}}}{\Sigma \text{нагр}}$
		110	$\frac{165}{34,5 \cdot 0,309} = 15,478$	3х16+1х10					
		170	$\frac{265}{34,5 \cdot 0,309} = 24,858$	3х25+1х16					
Технический	$\Delta U = 1,5\%$	125	$\frac{125}{34,5 \cdot 0,926} = 3,913$	4	$\frac{125}{34,5 \cdot 4} = 0,906$			$S^{(1)}_{\text{сч}} = 54 \text{ ВА}$	$\tau_{\text{пр}} = \frac{\Delta U \cdot \Sigma \text{нагр} \cdot \tau_{\text{пр}}}{\Sigma \text{нагр}}$
		130	$\frac{155}{34,5 \cdot 0,926} = 4,852$	2х2,5	$\frac{155}{34,5 \cdot 5} = 0,899$				
		160	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,926} = 7,982$	2х4	$\frac{225}{34,5 \cdot 8} = 0,924$				
		225	$\frac{315}{34,5 \cdot 0,926} = 9,86$	3х10+1х6	$\frac{315}{34,5 \cdot 10} = 0,913$				
		315	$\frac{315}{34,5 \cdot 0,926} = 9,86$	3х10+1х6	$\frac{315}{34,5 \cdot 10} = 0,913$				
Технический	$\Delta U = 1,5\%$	$\Sigma S^{(1)}_{\text{нагр}} = 546 \text{ ВА}$			$\tau_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,092 \text{ Ом}$			$S^{(1)}_{\text{сч}} = 54 \text{ ВА}$	$\tau_{\text{пр}} = \frac{\Delta U \cdot \Sigma \text{нагр} \cdot \tau_{\text{пр}}}{\Sigma \text{нагр}}$
		80	$\frac{100}{34,5 \cdot 0,092} = 31,511$	3х35+1х16	$\frac{100}{34,5 \cdot 35} = 0,083$	$\frac{100}{34,5 \cdot 16} = 0,181$	$0,083 + 0,181 = 0,264$		
		100	$\frac{150}{34,5 \cdot 0,092} = 47,262$	3х50+1х25	$\frac{150}{34,5 \cdot 50} = 0,087$	$\frac{150}{34,5 \cdot 25} = 0,174$	$0,087 + 0,174 = 0,261$		
		150	$\frac{220}{34,5 \cdot 0,092} = 69,313$	3х70+1х25	$\frac{220}{34,5 \cdot 70} = 0,091$	$\frac{220}{34,5 \cdot 25} = 0,255$	$0,091 + 0,255 = 0,346$		
		220	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,092} = 89,791$	3х90+1х25	$\frac{285}{34,5 \cdot 90} = 0,092$	$\frac{285}{34,5 \cdot 25} = 0,33$	$0,092 + 0,33 = 0,422$		
		285	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,092} = 89,791$	3х90+1х25	$\frac{285}{34,5 \cdot 90} = 0,092$	$\frac{285}{34,5 \cdot 25} = 0,33$	$0,092 + 0,33 = 0,422$		

Таблица СМ5-1-3

Тип ТН и место установки	Дополнительная обмотка				Расчетное сечение провода $q_1 = \frac{L_1}{\gamma \cdot \tau_{\text{пр доп}}}$ , мм <sup>2</sup>
	Провод кабеля	Напряжение кабеля	Длина кабеля, м	$\tau_{\text{пр доп}}$ , Ом	
НКФ-110 на шинах и линиях	Медь	От ТН до панели реле-повторителей	200	481	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 0,81} = 4,33$
НКФ-220 на шинах и линиях				1,26	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 1,26} = 2,78$
НКФ-110 на шинах и линиях	Алюминий			481	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 0,81} = 7,16$
НКФ-220 на шинах и линиях				1,26	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 1,26} = 4,6$

1) Определение нагрузки см приложение 2 (см2-3).

2) Значения допустимых сопротивлений см приложение 4 (см4-2)

3) Графики  $q_1 = f(L_1)$  и  $q_2 = f(L_2)$  см приложение 5 (см5-2-15-18)

Условные обозначения

$\Delta U$  — падение напряжения в кабеле;

$\tau_{\text{пр доп}} \Delta U$  — допустимое сопротивление провода по падению напряжения;

$\tau_{\text{пр доп}} \text{ АВ}$  — допустимое сопротивление провода по надежности действия автомата;

$\Sigma \text{нагр}$  — суммарная нагрузка;

$S_{\text{рзз}}$  — потребление устройств защиты и автоматики;

$S_{\text{изм}}$  — потребление устройств измерения;

$S_{\text{сч}}$  — потребление устройств учета

Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН 3ХНКФ-330-100, 3ХНДЕ-500-750 на линиях 330-750 кВ

Приложение 5

Таблица СМ5-1-4

Основная обмотка												
Кабели от ТН до щита					Кабели по щиту							
Виды учета на линиях	Напряжение кВ	Длина кабеля, м	Расчетное сечение провода (алюминий)	Принятое сечение, мм²	Сопротивление провода по принятому сечению	Сопротивление нулевого провода	γ <sub>пр1</sub>	γ <sub>пр2</sub>	Напряжение кВ			
			$q_1 = \frac{I}{\gamma_{пр1}}$	$\gamma_{пр1} = \frac{I}{q_1}$ , Ом	$\gamma_N = \frac{I}{\gamma_{пр1N}}$	Расчетное сопротивление провода						
$\gamma_N = \frac{\Delta U \cdot \Delta I \cdot \Sigma \gamma_{пр}}{3 \cdot U_{нагр} \cdot I_{пр1/100}}$												
$q_2 = \frac{I}{\gamma_{пр2}}$												
Расчетный	от ТН до панели счетчиков	ΔU = 0,25%	$S_{сч}^{(1)} = 208 \text{ А}, \gamma_{пр доп} \Delta U = 0,416 \text{ Ом}$ , отдельный кабель для расчетного учета									
			110	$\frac{110}{34,5 \cdot 0,416} = 1,654$	2x4							
			115-140	$\frac{140}{34,5 \cdot 0,416} = 9,755$	3x10+1x6							
			145-225	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,416} = 15,677$	3x16+1x10							
			230-350	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,416} = 24,387$	3x25+1x16							
			$S_{сч}^{(1)} = 208 \text{ А}, \gamma_{пр доп} \Delta U = 0,833 \text{ Ом}$ ; отдельный кабель для расчетного учета									
			110	$\frac{110}{34,5 \cdot 0,833} = 3,928$	4							
			115-140	$\frac{140}{34,5 \cdot 0,833} = 4,87$	2x2,5							
			145-225	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,833} = 7,829$	2x4							
			230-285	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,833} = 9,917$	3x10+1x6							
			Технический	от ТН до панели ввода	ΔU = 1,5%	$\Sigma S_{нагр}^{(1)} = 1908 \text{ А}, \gamma_{пр доп} \Delta U = 0,263 \text{ Ом}$						
						145	$\frac{145}{34,5 \cdot 0,263} = 15,981$	3x16+1x10	$\frac{145}{34,5 \cdot 16} = 0,263$	$\frac{145}{34,5 \cdot 10} = 0,42$	$\frac{0,263 + 0,42}{0,765} = 0,261$	
						150-225	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,263} = 24,797$	3x25+1x16	$\frac{225}{34,5 \cdot 16} = 0,251$	$\frac{225}{34,5 \cdot 16} = 0,408$	$\frac{0,261 + 0,408}{0,765} = 0,252$	
						230-290	$\frac{290}{34,5 \cdot 0,263} = 31,961$	3x35+1x16	$\frac{290}{34,5 \cdot 25} = 0,24$	$\frac{290}{34,5 \cdot 16} = 0,525$	$\frac{0,24 + 0,525}{0,765} = 0,24$	
						$\Sigma S_{нагр}^{(1)} = 2108 \text{ А}, \gamma_{пр доп} \Delta U = 0,238 \text{ Ом}$						
130	$\frac{130}{34,5 \cdot 0,238} = 15,832$	3x16+1x10				$\frac{130}{34,5 \cdot 16} = 0,236$	$\frac{130}{34,5 \cdot 10} = 0,377$	$\frac{0,236 + 0,377}{0,765} = 0,238$				
135-205	$\frac{205}{34,5 \cdot 0,238} = 24,967$	3x25+1x16				$\frac{205}{34,5 \cdot 25} = 0,238$	$\frac{205}{34,5 \cdot 16} = 0,371$	$\frac{0,238 + 0,371}{0,765} = 0,238$				
210-285	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,238} = 34,709$	3x35+1x16				$\frac{285}{34,5 \cdot 35} = 0,236$	$\frac{285}{34,5 \cdot 16} = 0,516$	$\frac{0,236 + 0,516}{0,765} = 0,236$				
Технический	от панели ввода до панели	ΔU = 1,5%				$\gamma_{пр} \text{ рзл} (\text{вм сч}) = \frac{\Delta U \cdot U \cdot \Sigma S_{нагр}}{3 \cdot S_{сч} \cdot U_{нагр} \cdot I_{пр1/100} \cdot 100}$						
						рзл	узм	рзл	узм	рзл	узм	
						$S_{сч}^{(1)} \text{ рзл} = 1408 \text{ А}, S_{сч}^{(1)} \text{ узм} = 508 \text{ А}$						
						3-3-210	$\frac{0,263/100}{3 \cdot 140} = 0,319$	45	$\frac{45}{57 \cdot 0,319} = 2,475$			
						1,5-1,5-210	$\frac{0,263/100}{3 \cdot 50} = 0,448$	60	$\frac{60}{57 \cdot 0,448} = 2,349$			
						$S_{сч}^{(1)} \text{ рзл} = 1408 \text{ А}, S_{сч}^{(1)} \text{ узм} = 508 \text{ А}$						
						3-3-210	$\frac{0,238/100}{3 \cdot 140} = 0,357$	50	$\frac{50}{57 \cdot 0,357} = 2,451$			
			1,5-1,5-210	$\frac{0,238/100}{3 \cdot 50} = 0,5$	70	$\frac{70}{57 \cdot 0,5} = 2,451$						
			1,5-1,5-210	$\frac{0,238/100}{3 \cdot 20} = 0,416$	55	$\frac{55}{57 \cdot 0,416} = 2,319$						

1) Определение нагрузки см. приложение 2 (СМ2-4)

2) Значения допустимых сопротивлений см. приложение 4 (СМ4-3)

3) Графики  $q_1 = f(l_1)$  и  $q_2 = f(l_2)$  см. приложение 5 (СМ5-2-19÷21, 24)

Условные обозначения:

$\Delta U$  - падение напряжения в кабеле;

$\gamma_{пр доп} \Delta U$  - допустимое сопротивление провода по падению напряжения;

$\gamma_{пр доп} \Delta U$  - допустимое сопротивление провода по надежности действия автомата;

$\Sigma S_{нагр}$  - суммарная нагрузка;

$S_{рзл}$  - потребление устройств защиты и автоматики;

$S_{изм}$  - потребление устройств измерения;

$S_{сч}$  - потребление устройств учета

Определение сечений проводов кабелей ТН 3хНКФ-330, 3хНДЕ-500-750 на шинах 330-750 кв

Приложение 5

Таблица СМ5-1-5

Таблица СМ5-1-6

Основная обмотка						Кабели по щиту					
Кабели от ТН до щита			Кабели по щиту			Кабели от щита до ТН			Кабели по щиту		
Виды учета на линиях	Напряжение кабеля, кВ	Расчетное сечение провода (алюминий) $q_1 = \frac{P_1}{\gamma \cdot \tau_{\text{пр доп}}}$ , мм <sup>2</sup>	Принятое сечение мм <sup>2</sup>	Сопротивление провода по принятому сечению $\tau_1 = \frac{P_1}{\gamma \cdot q_1}$ , Ом	Сопротивление нулевого провода $\tau_2 = \frac{P_2}{\gamma \cdot q_2}$ , Ом	$\tau_{\text{пр 1}} + \tau_{\text{пр 2}}$	Напряжение кабеля, кВ	Расчетное сечение провода (медь) $q_2 = \frac{P_2}{\gamma \cdot \tau_{\text{пр доп}}}$ , мм <sup>2</sup>	Принятое сечение мм <sup>2</sup>	Сопротивление провода по принятому сечению $\tau_2 = \frac{P_2}{\gamma \cdot q_2}$ , Ом	$\tau_{\text{пр 1}} + \tau_{\text{пр 2}}$
Расчетный	$\Delta U = 0,25\%$	от ТН до панели счетчиков									
		$S_{\text{сч}} = 408 \text{ ВА}$ ; $\tau_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,208 \text{ Ом}$ ; отдельный кабель для расчетного учета									
		110	$\frac{110}{34,5 \cdot 0,208} = 15,329$	3х16 + 1х10							
		115	$\frac{115}{34,5 \cdot 0,208} = 15,815$	3х25 + 1х16							
		175	$\frac{175}{34,5 \cdot 0,208} = 24,386$	3х35 + 1х16							
		245	$\frac{245}{34,5 \cdot 0,208} = 34,14$	3х50 + 1х25							
		250	$\frac{250}{34,5 \cdot 0,208} = 34,774$	3х50 + 1х25							
		350	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,208} = 48,774$	3х50 + 1х25							
		$S_{\text{сч}} = 408 \text{ ВА}$ ; $\tau_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,416 \text{ Ом}$ ; отдельный кабель для расчетного учета									
		140	$\frac{140}{34,5 \cdot 0,416} = 9,754$	3х10 + 1х6							
Технический	$\Delta U = 1,5\%$	от ТН до панели ввода									
		$\Sigma S_{\text{нагр}} = 260 \text{ ВА}$ ; $\tau_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,192 \text{ Ом}$									
		105	$\frac{105}{34,5 \cdot 0,192} = 15,815$	3х16 + 1х10	$\frac{105}{34,5 \cdot 16} = 0,190$	$\frac{105}{34,5 \cdot 10} = 0,304$	РЗА	$\frac{105}{34,5 \cdot 10} = 0,304$	0,19 + 0,304 = 0,494	$\frac{105}{34,5 \cdot 10} = 0,304$	0,19 + 0,304 = 0,494
		110	$\frac{110}{34,5 \cdot 0,192} = 16,291$	3х25 + 1х16	$\frac{110}{34,5 \cdot 25} = 0,191$	$\frac{110}{34,5 \cdot 16} = 0,299$	УЗМ	$\frac{110}{34,5 \cdot 16} = 0,299$	0,191 + 0,299 = 0,49	$\frac{110}{34,5 \cdot 16} = 0,299$	0,191 + 0,299 = 0,49
		165	$\frac{165}{34,5 \cdot 0,192} = 24,911$	3х35 + 1х16	$\frac{165}{34,5 \cdot 35} = 0,19$	$\frac{165}{34,5 \cdot 16} = 0,417$	УЗМ	$\frac{165}{34,5 \cdot 16} = 0,417$	0,19 + 0,417 = 0,607	$\frac{165}{34,5 \cdot 16} = 0,417$	0,19 + 0,417 = 0,607
		230	$\frac{230}{34,5 \cdot 0,192} = 34,722$	3х50 + 1х25	$\frac{230}{34,5 \cdot 50} = 0,191$	$\frac{230}{34,5 \cdot 25} = 0,383$	УЗМ	$\frac{230}{34,5 \cdot 25} = 0,383$	0,191 + 0,383 = 0,574	$\frac{230}{34,5 \cdot 25} = 0,383$	0,191 + 0,383 = 0,574
		235	$\frac{235}{34,5 \cdot 0,192} = 35,419$	3х50 + 1х25	$\frac{235}{34,5 \cdot 50} = 0,191$	$\frac{235}{34,5 \cdot 25} = 0,383$	УЗМ	$\frac{235}{34,5 \cdot 25} = 0,383$	0,191 + 0,383 = 0,574	$\frac{235}{34,5 \cdot 25} = 0,383$	0,191 + 0,383 = 0,574
		330	$\frac{330}{34,5 \cdot 0,192} = 49,819$	3х50 + 1х25	$\frac{330}{34,5 \cdot 50} = 0,191$	$\frac{330}{34,5 \cdot 25} = 0,383$	УЗМ	$\frac{330}{34,5 \cdot 25} = 0,383$	0,191 + 0,383 = 0,574	$\frac{330}{34,5 \cdot 25} = 0,383$	0,191 + 0,383 = 0,574
		$\Sigma S_{\text{нагр}} = 300 \text{ ВА}$ ; $\tau_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,167 \text{ Ом}$									
		95	$\frac{95}{34,5 \cdot 0,167} = 16,299$	3х25 + 1х16	$\frac{95}{34,5 \cdot 25} = 0,162$	$\frac{95}{34,5 \cdot 16} = 0,254$	РЗА	$\frac{95}{34,5 \cdot 16} = 0,254$	0,162 + 0,254 = 0,416	$\frac{95}{34,5 \cdot 16} = 0,254$	0,162 + 0,254 = 0,416

Место установки ТН	Типы ТН	Напряжение кабеля, кВ	Длина кабеля, м	Расчетное сечение провода (медь) $q = \frac{P}{\gamma \cdot \tau_{\text{пр доп}}}$ , мм <sup>2</sup>
На шинах и линиях	НКФ-330	330	0,81	$\frac{300}{57 \cdot 0,81} = 6,498$
На шинах и линиях	НКФ-500	500	1,26	$\frac{300}{57 \cdot 1,26} = 4,177$
На шинах и линиях	НДЕ-500-750	500	0,61	$\frac{300}{57 \cdot 0,61} = 8,628$

- 1) Определение нагрузки см. приложение 2 (см2-5)
- 2) Значения допустимых сопротивлений см. приложение 4 (см4-4)
- 3) Графики  $q_1 = f(l_1)$  и  $q_2 = f(l_2)$  см приложение 5 (см5-2-22+26)

Условные обозначения.

$\Delta U$  - падение напряжения в кабеле;  
 $\tau_{\text{пр. доп.}} \Delta U$  - допустимое сопротивление провода по падению напряжения;  
 $\tau_{\text{пр. доп. АВ}}$  - допустимое сопротивление провода по надежности действия автомата;  
 $\Sigma S_{\text{нагр}}$  - суммарная нагрузка;  
 $S_{\text{рзз}}$  - потребление устройств защиты и автомата;  
 $S_{\text{изм.}}$  - потребление устройств измерения;  
 $S_{\text{сч}}$  - потребление устройств учета.

Графики  $q_1 = f(l_1)$  для ТН НАМИ-10, 3хЗНОЛ-6-10, 3хЗНОМ-35 на вводах 6-10-35 кВ автотрансформатора

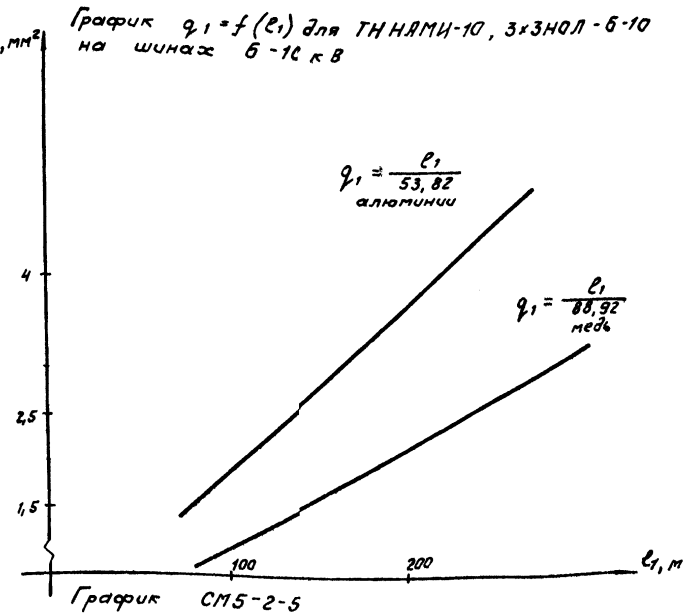
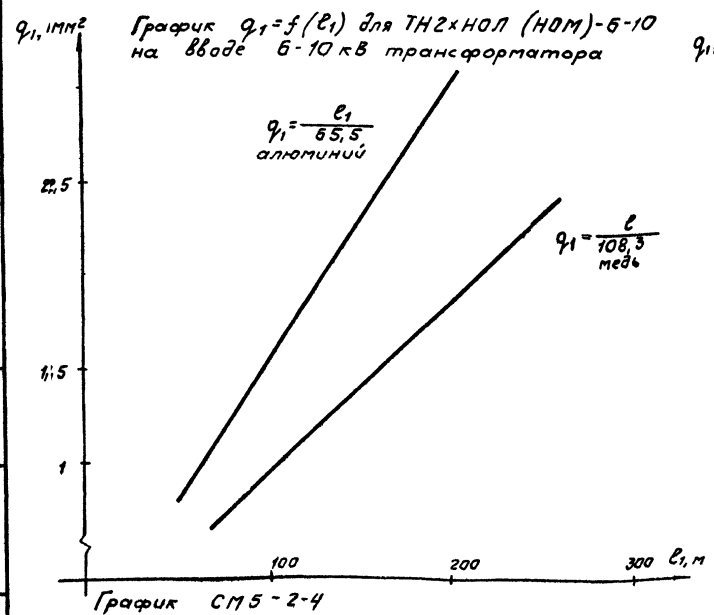
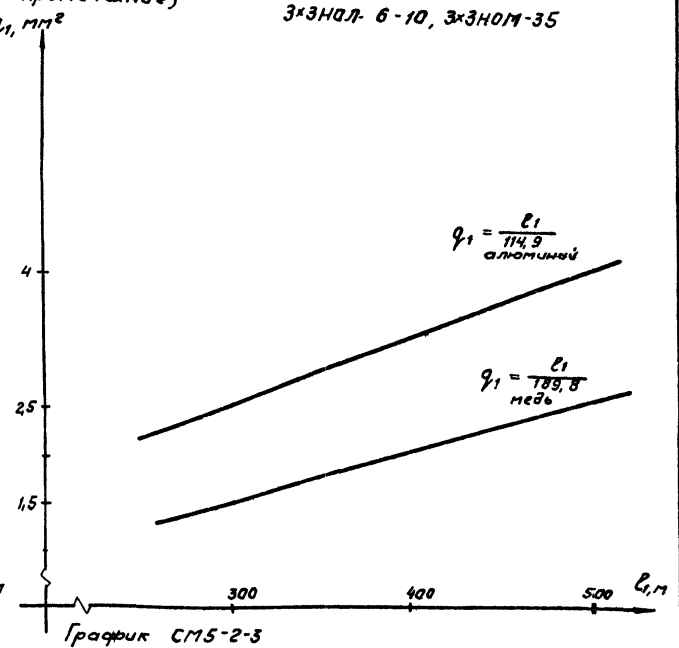
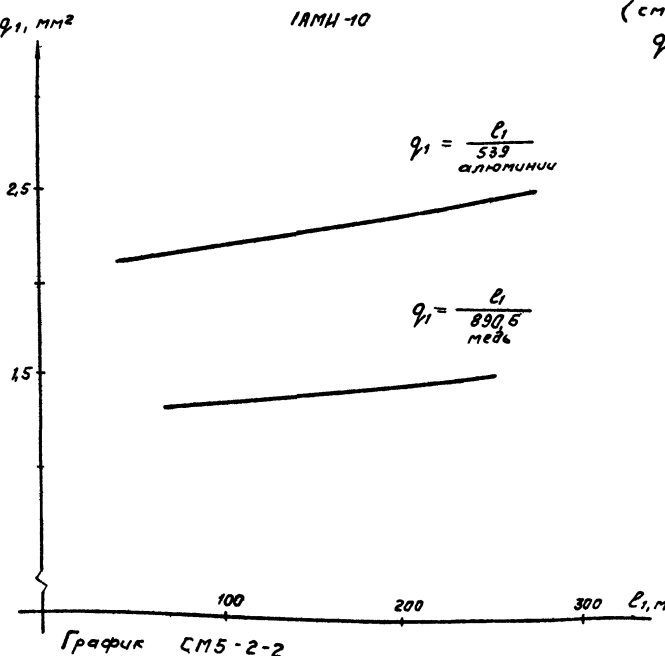
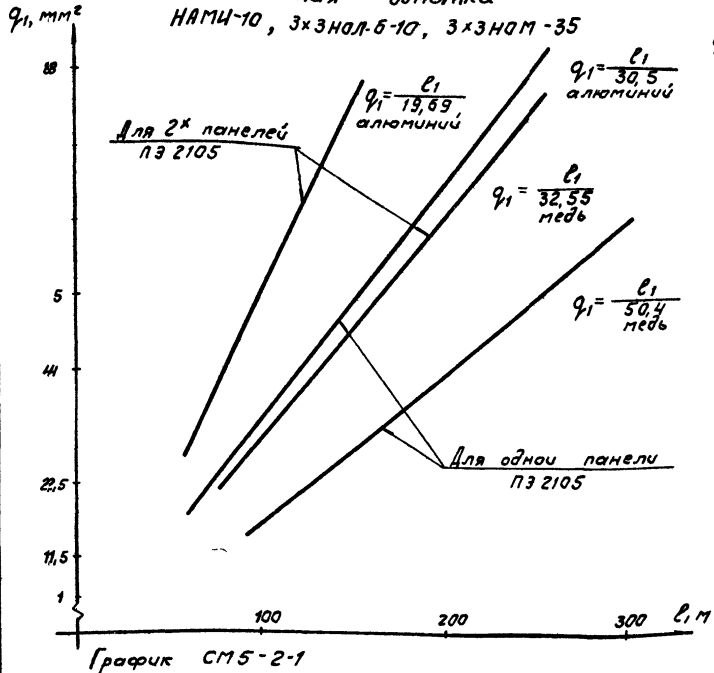
Приложение 5

Основная обмотка  
НАМИ-10, 3хЗНОЛ-6-10, 3хЗНОМ-35

Дополнительная обмотка  
(см примечание)

3хЗНОЛ-6-10, 3хЗНОМ-35

Лист 1



Условные обозначения

$q_1$  - сечение кабеля ТН-щит;  
 $l_1$  - длина кабеля ТН-щит

Примечание Кабели для дополнительной обмотки принимаются 1,5 мм² - по меди и 2,5 мм² - по алюминию

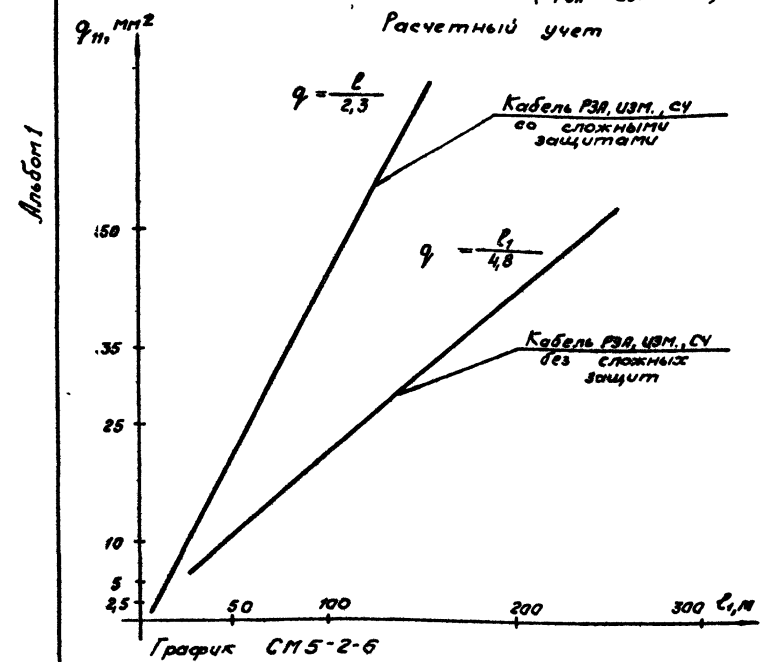
Л. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

Графики  $q_1 = f(l_1)$ ,  $q_2 = f(l_2)$  для ТН 3хЗНОМ-35 на шинах 35 кВ  
Основная обмотка.

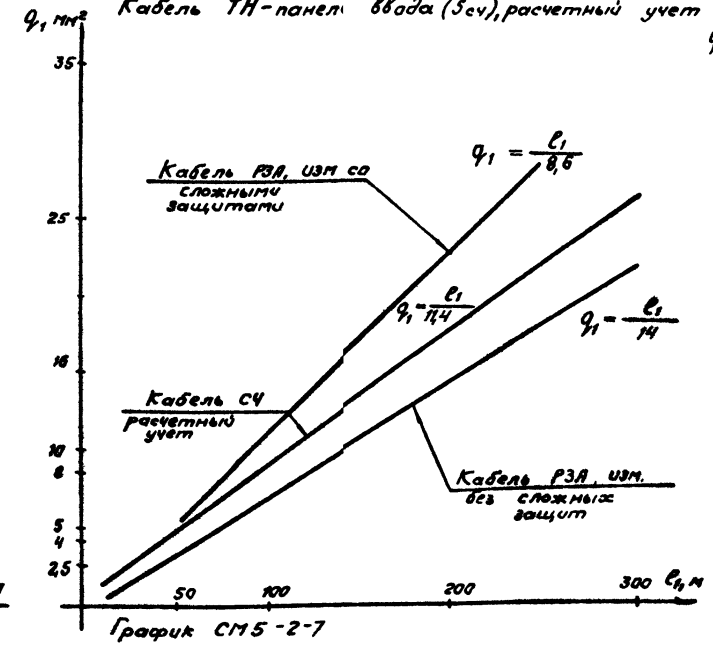
Приложение 5

Кабели ТН - панель ввода (алюминий)

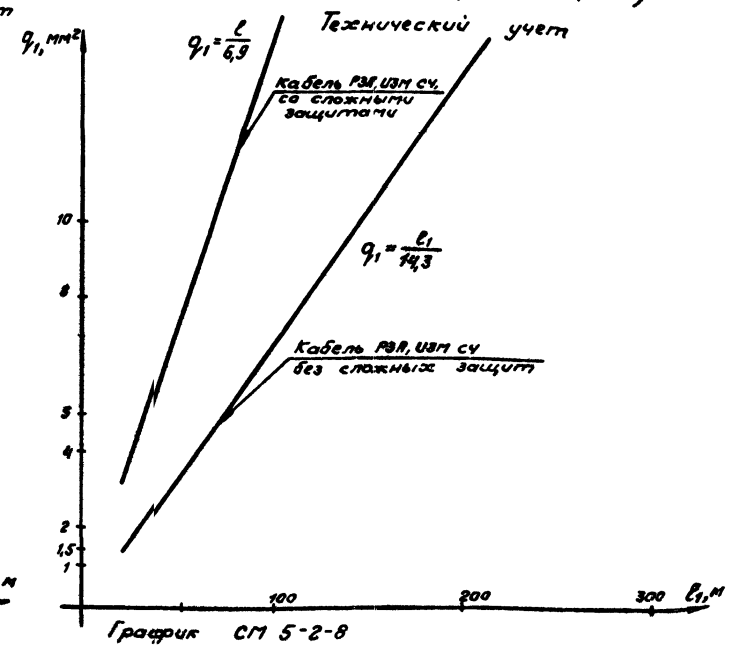
Кабель ТН - панель ввода ( $S_{P3A} + S_{U3M} + S_{C4}$ )  
Расчетный учет



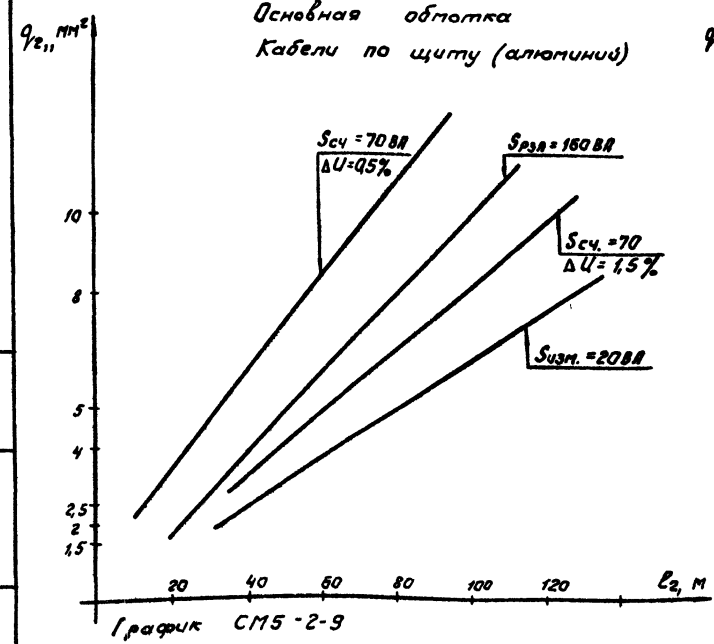
Кабель ТН - панель ввода ( $S_{P3A} + S_{U3M}$ )  
Кабель ТН - панель ввода ( $S_{C4}$ ), расчетный учет



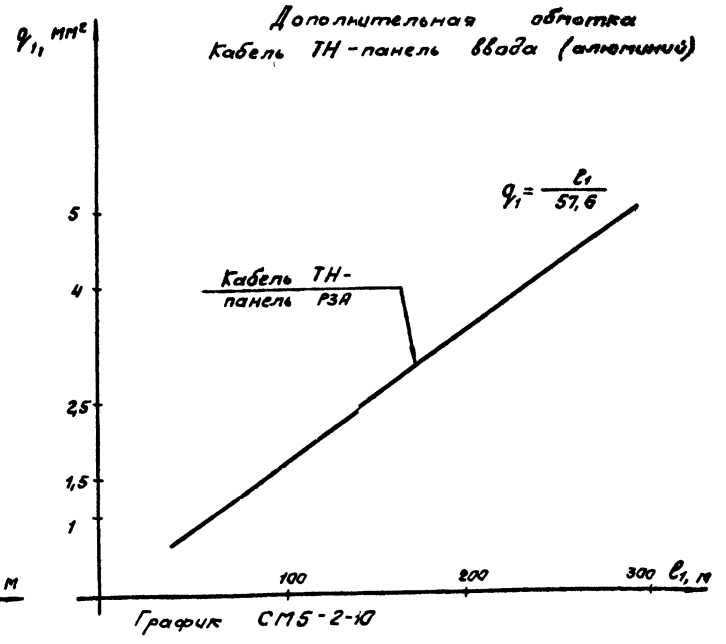
Кабель ТН - панель ввода ( $S_{P3A} + S_{U3M} + S_{C4}$ )  
Технический учет



Основная обмотка  
Кабели по щиту (алюминий)



Дополнительная обмотка  
Кабель ТН - панель ввода (алюминий)



Условные обозначения

- $S_{P3A}$  - потребление устройствами P3A;
- $S_{U3M}$  - потребление устройствами U3M;
- $S_{C4}$  - потребление устройствами C4;
- $l_1$  - длина кабеля ТН - щит;
- $q_1$  - сечение кабеля ТН - щит;
- $l_2$  - длина кабельных перемычек по щиту;
- $q_2$  - сечение кабельных перемычек по щиту

Графики  $q_1 = f(l_1)$  и  $q_2 = f(l_2)$  для ТНЗКНФ-110-220 на линиях 110-220 кВ  
 Пс на постоянном оперативном токе  
 Основная обмотка

Приложение 5

Кабель ТН - панель ввода ( $\Sigma S_{нагр}$ )

$\Sigma S_{нагр} = 70 \text{ ВА}$  ( $S_{РЗА} = 12 \text{ ВА}$ ,  $S_{изм} = 48 \text{ ВА}$ ,  $S_{сч} = 20 \text{ ВА}$ )

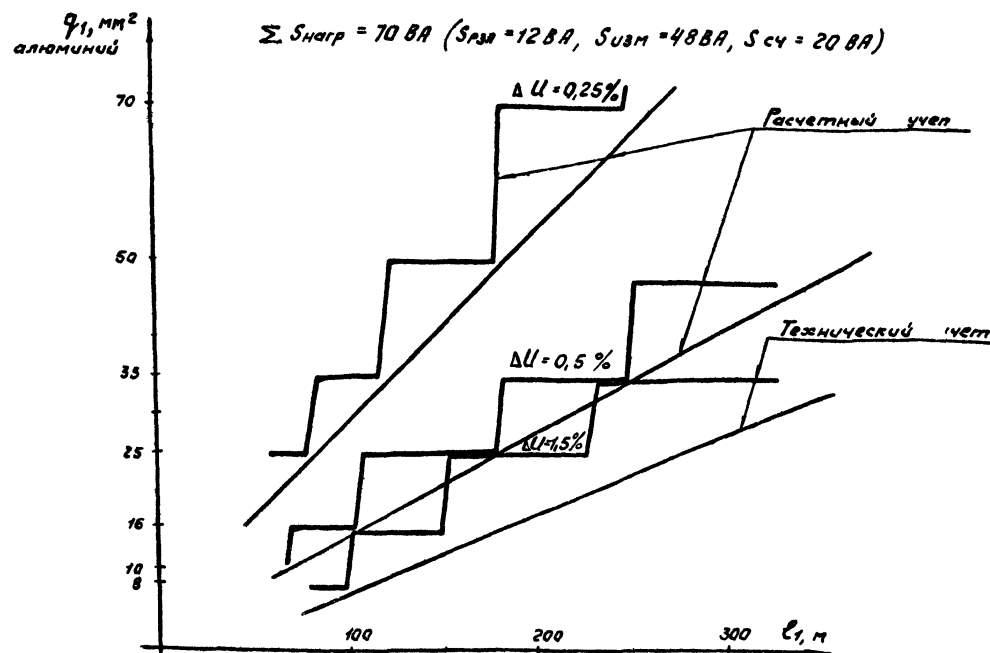


График СМ5-2-11

Условные обозначения

- $S_{РЗА}$  - потребление устройствами РЗА,  
 $S_{изм}$  - потребление устройствами изм;  
 $S_{сч}$  - потребление устройствами сч;  
 $l_1$  - длина кабеля ТН - щит,  
 $q_1$  - сечение кабеля ТН - щит,  
 $l_2$  - длина кабельных перемычек по щиту,  
 $q_2$  - сечение кабельных перемычек по щиту,  
 — - принятое сечение кабеля  
 — - расчетное сечение кабеля

Кабели по щиту

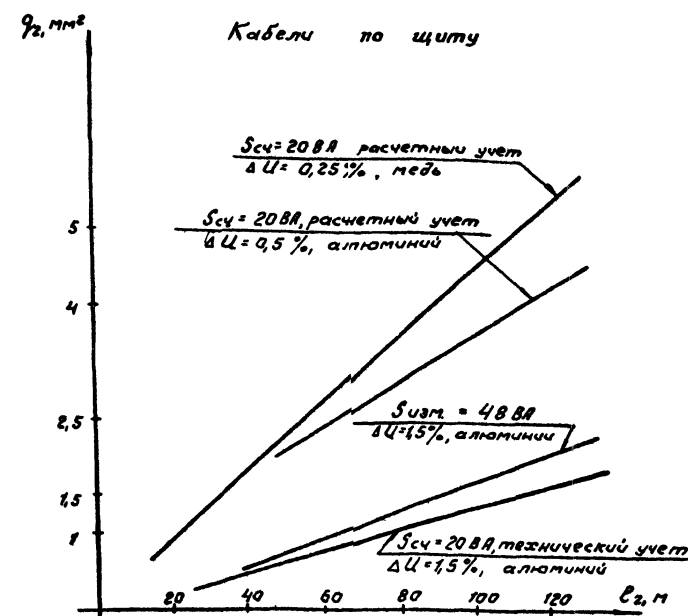


График СМ5-2-12

- Примечания 1 Кабельные перемычки по щиту устройств РЗА принимаются  $15 \text{ мм}^2$  - по меди и  $25 \text{ мм}^2$  - по алюминию  
 2 График для дополнительной обмотки ТН см СМ5-2-17 (лист 9)



Графики  $q_1 - f(l_1)$  и  $q_2 - f(l_2)$  для ТН 3xHKФ 110-220 на линиях 110-220 кВ  
 ПС на выпрямленном оперативном токе  
 Основная обмотка

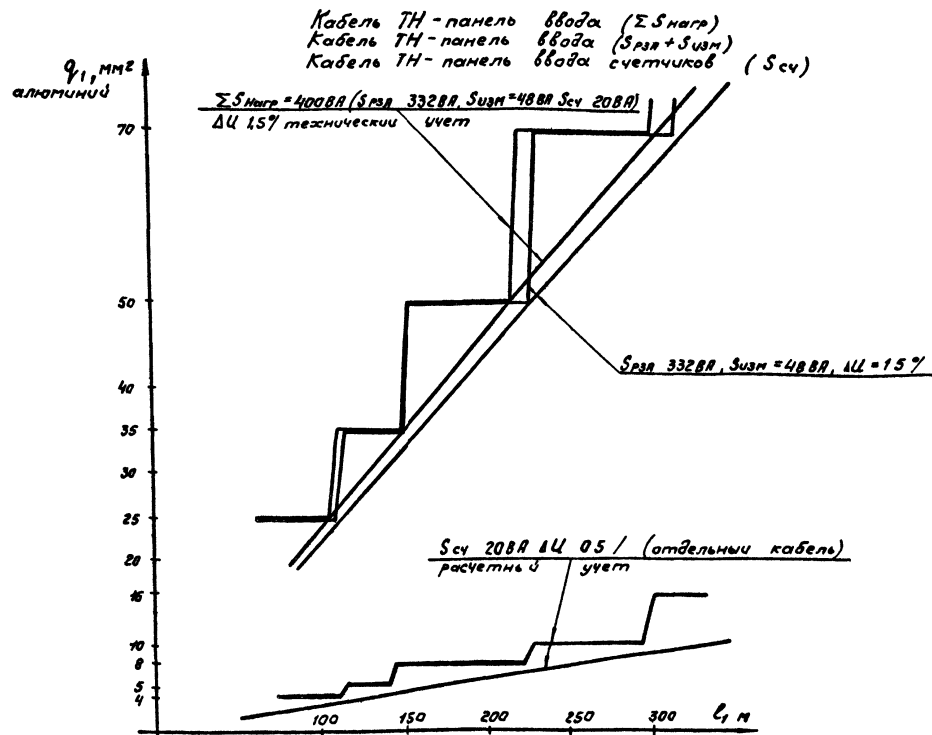


График СМ 5-2 13

Условные обозначения

$S_{рзл}$  — потребление устройствами рзл,  
 $S_{изм}$  — потребление устройствами изм,  
 $S_{сч}$  — потребление устройствами сч,  
 — — принятое сечение кабеля,  
 — — расчетное сечение кабеля

Кабели по щиту

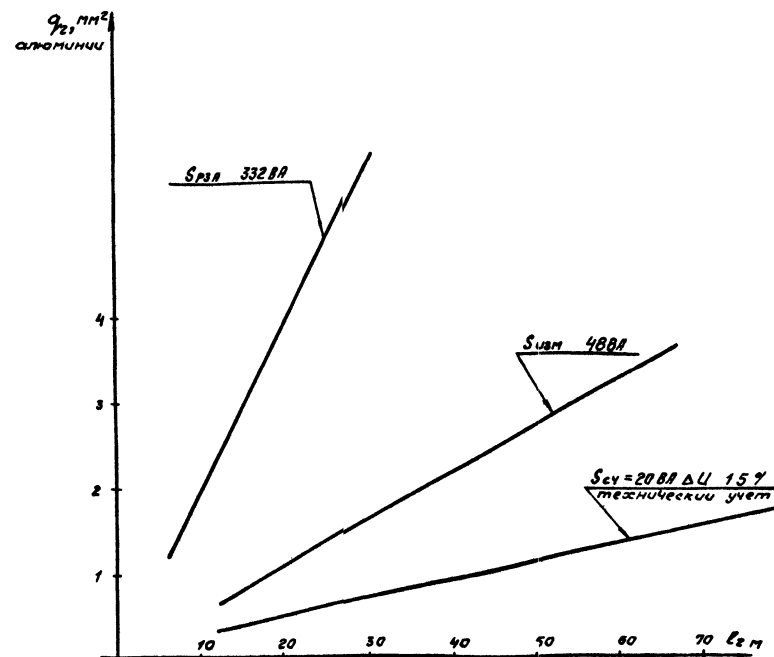


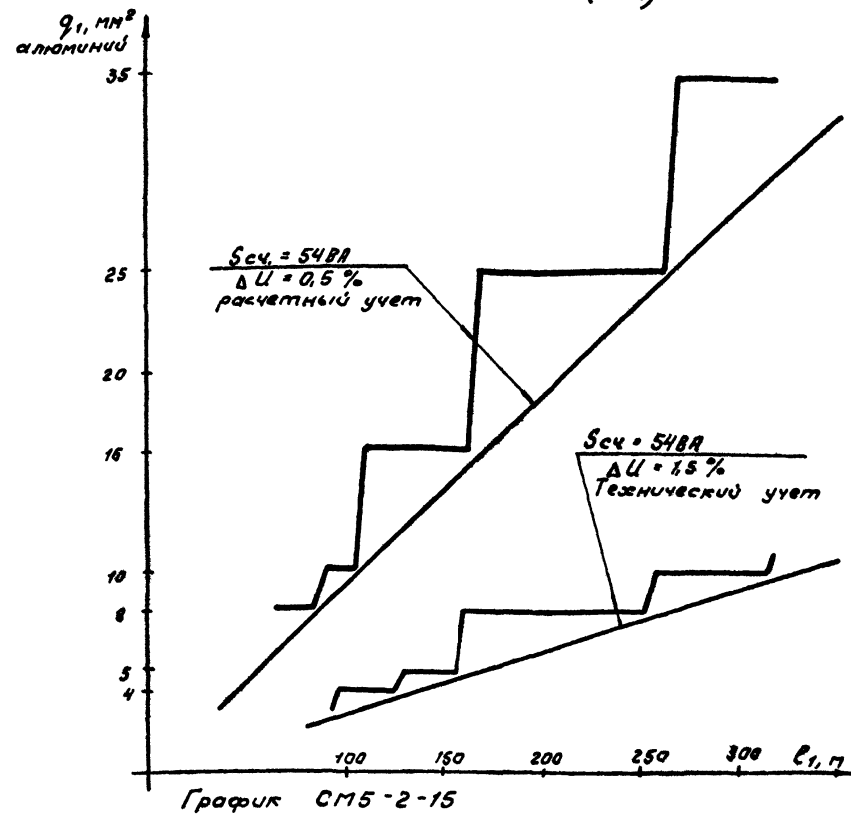
График СМ 5 2 14

$l_1$  — длина кабеля ТН-щит  
 $q_1$  — сечение кабеля ТН-щит,  
 $l_2$  — длина кабельных перемычек по щиту,  
 $q_2$  — сечение кабельных перемычек по щиту

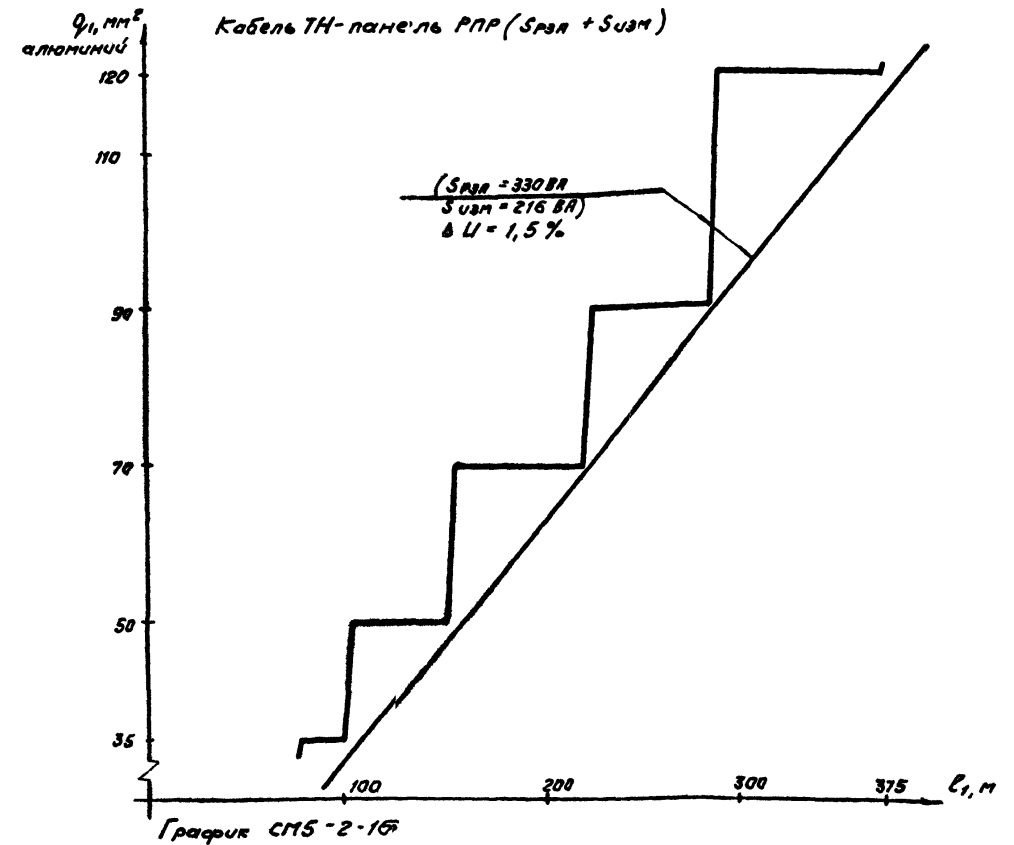
Графики  $q_1 = f(l_1)$  и  $q_2 = f(l_2)$  для ТН 3хНКФ-110-220 на шинах 110-220 кВ  
Оснвная обмотка

Приложение 5

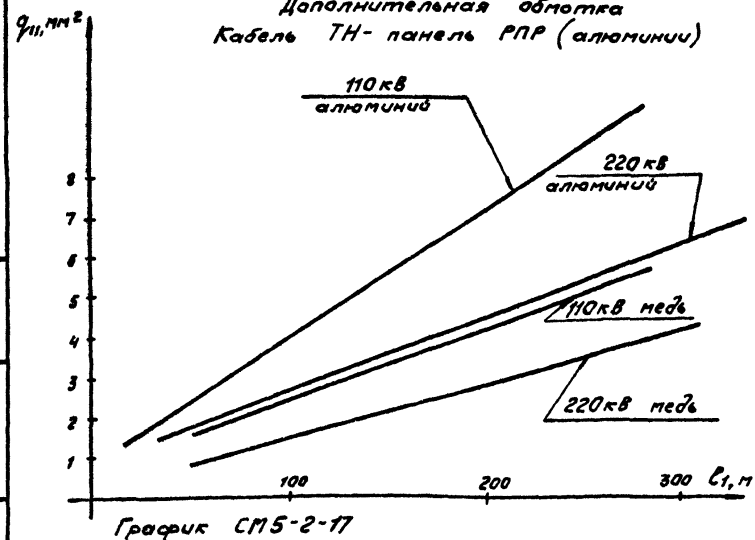
Кабель ТН-панель РПР ( $S_{сч}$ )



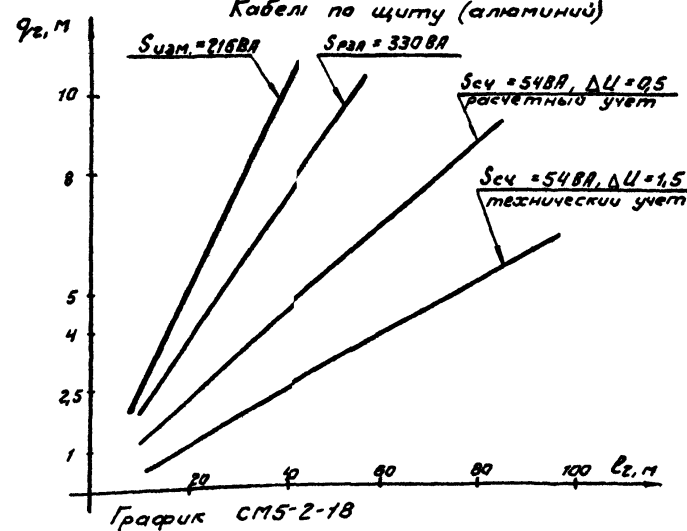
Кабель ТН-панель РПР ( $S_{рзл} + S_{изм}$ )



Дополнительная обмотка  
Кабель ТН-панель РПР (алюминий)



Кабели по щиту (алюминий)

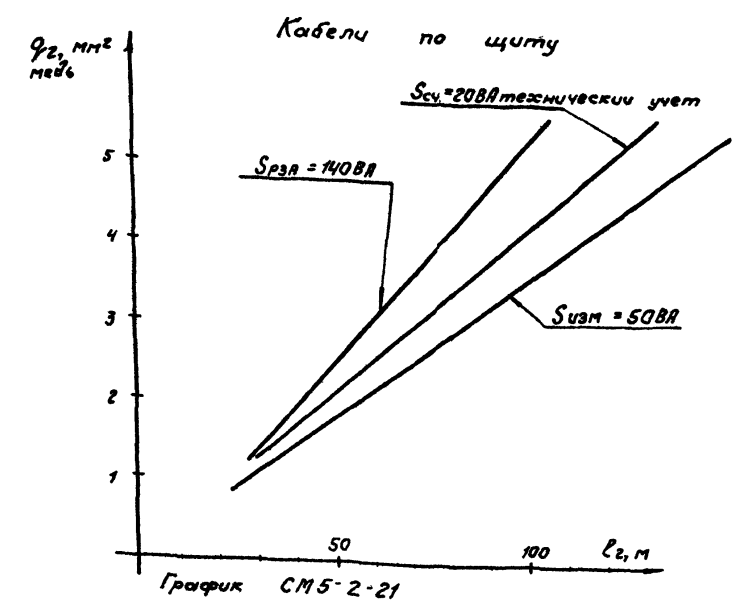
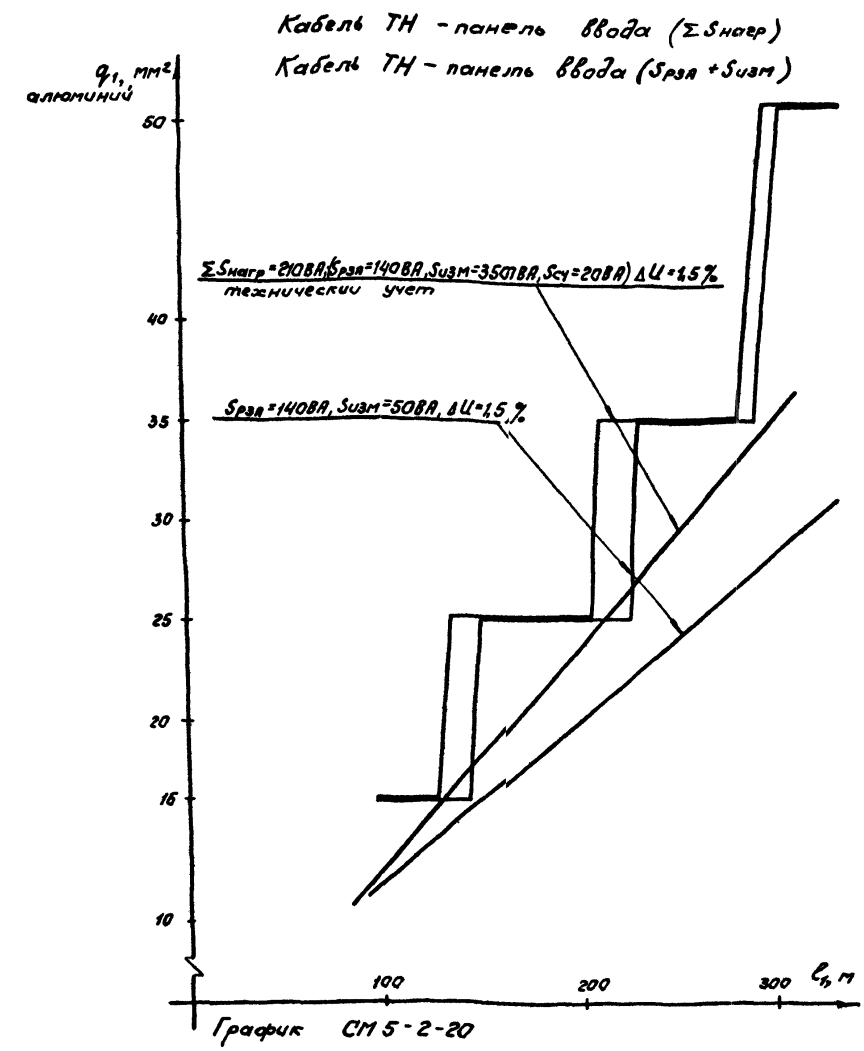
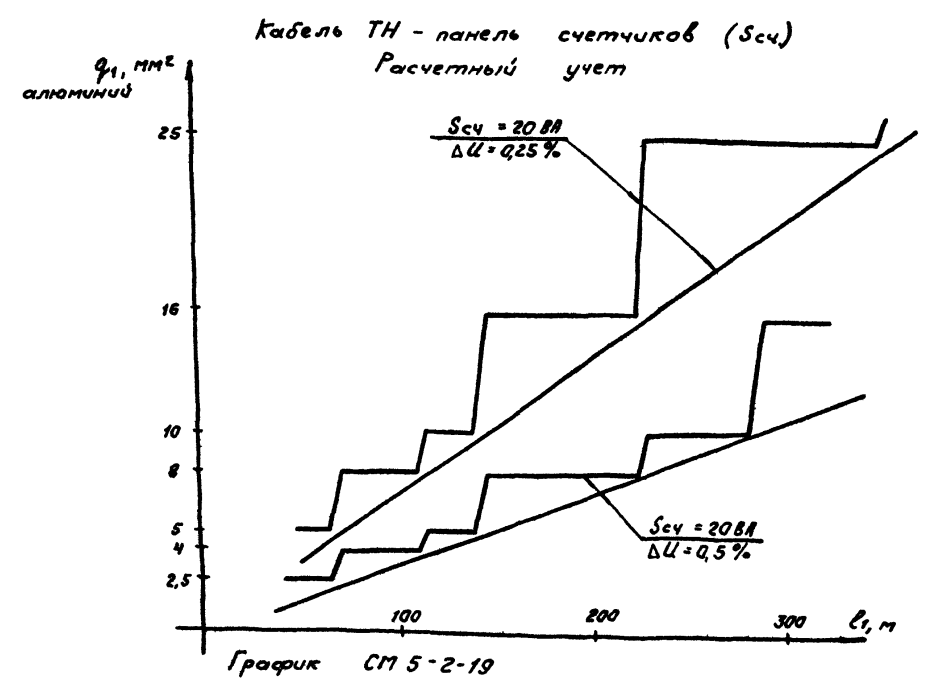


Условные обозначения

- РПР - реле-повторители разединителей шин;  
 $S_{рзл}$  - потребление устройствами РЗА;  
 $S_{изм}$  - потребление устройствами изм;  
 $S_{сч}$  - потребление устройствами сч;  
 $l_1$  - длина кабеля ТН - щит,  
 $q_1$  - сечение кабеля ТН- щит,  
 $l_2$  - длина кабельных перемычек по щиту,  
 $q_2$  - сечение кабельных перемычек по щиту;  
 — - принятое сечение,  
 — - расчетное сечение

Графики  $q_1 = f(l_1)$  и  $q_2 = f(l_2)$  для ТН ЗХНФ-330-750, ЗХНДЕ-500-750 на линиях 330-750 кВ  
Основная обмотка

Приложение 5

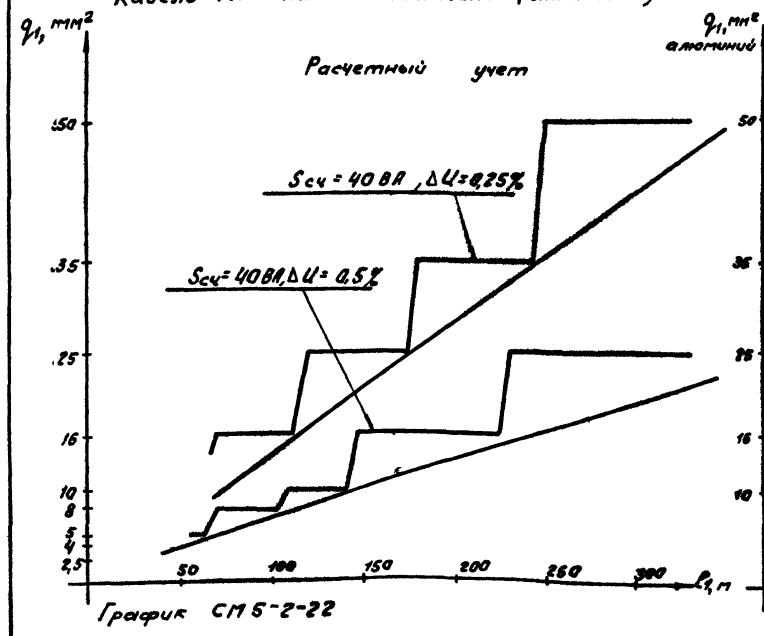


$S_{рзл}$  - потребление устройствами РЗА,  
 $S_{изм}$  - потребление устройствами ИЗМ,  
 $S_{сч}$  - потребление устройствами СЧ,  
— принятое сечение;  
— расчетное сечение,

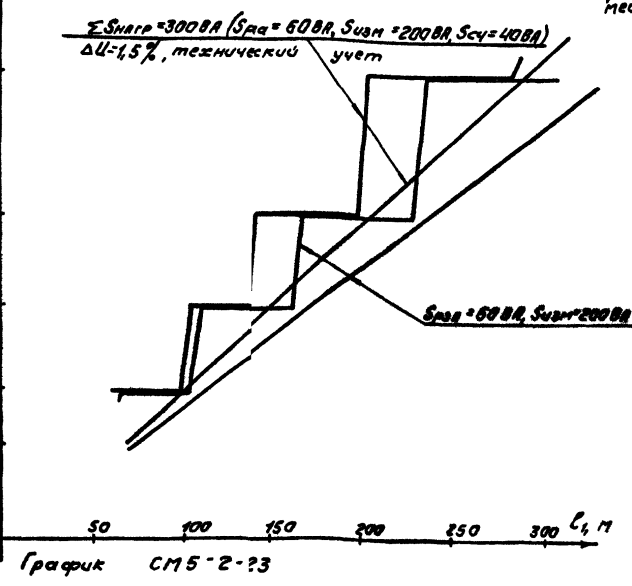
$l_1$  - длина кабеля ТН - щит;  
 $q_1$  - сечение кабеля ТН - щит;  
 $l_2$  - длина кабельных перемычек по щиту,  
 $q_2$  - сечение кабельных перемычек по щиту  
Примечание График для дополнительной обмотки ТН см СМ 5-2-24 лист 11

Графики  $q_1=f(l_1)$  и  $q_2=f(l_2)$  для ТН 3хНКФ-330, 3хНДЕ-500-750 на шинах 330-750 кВ  
Основная обмотка

Кабель ТН - панель счетчиков (алюминий)

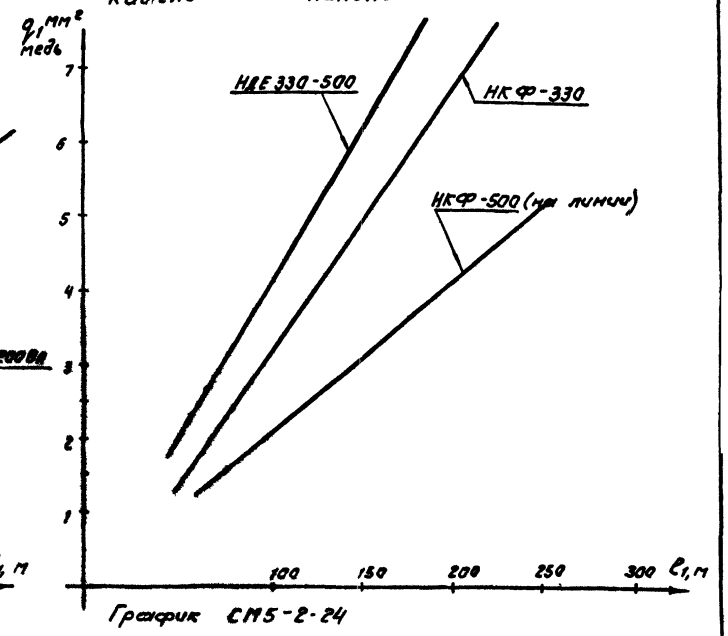


Кабель ТН - панель ввода ( $\Sigma S_{нагр}$ )  
Кабель ТН - панель ввода ( $S_{рзл} + S_{изм}$ )

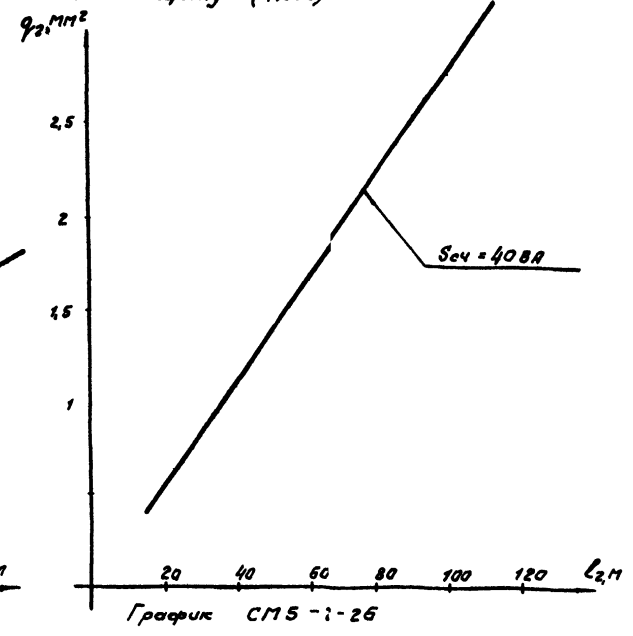
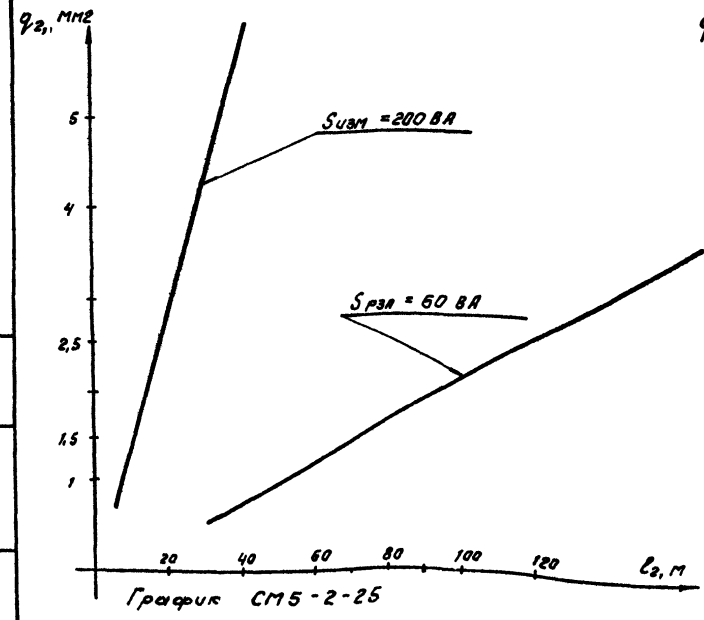


Дополнительная обмотка

Кабель ТН - панель ввода



Кабели по щиту (медь)



Условные обозначения

- $S_{рзл}$  — потребление устройствами РЗЛ;
- $S_{изм}$  — потребление устройствами ИЗМ;
- $S_{сч}$  — потребление устройствами СЧ;
- $l_1$  — длина кабеля ТН-щит,
- $q_1$  — сечение кабеля ТН-щит,
- $l_2$  — длина кабельных перемычек по щиту;
- $q_2$  — сечение кабельных перемычек по щиту;
- — принятое сечение,
- — расчетное сечение