Типовые материалы для проектирования

407-03-484.87

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 3-10кВ и выше

Альбом I

ПЗ Пояснительная записка стр. 5-26

ЭВ Схемы электрические принципиальные стр. 27-50

СМ Справочные материалы стр. 51-71

Инв № 23388-01

СФ ШИП. 620062, г. Свердловск, ул. Чебышева, 4
Зак. 1226 Инв. 23388-01 тираж 650
Сдано в печать 9.06. 1989 Цена 10-04

gost.e-ecolog.ru

Типовые материалы для проектирования

407-03-484.87

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше

Альбом I

ПЗ Пояснительная записка стр 5-26

ЭВ Схемы электрические принципиальные стр 27-50

СМ Справочные материалы стр 51-71

Разработаны Горьковским отделением института „Энергосетьпроект" Минэнерго СССР

Утверждены и введены в действие протоколом Минэнерго СССР от 19.07.88г N 12

Главный инженер отделения А.А Галицын

Главный инженер проекта Н.Н Шиффрина

© СФ ЦИТП Госстрой СССР, 1988г

Содержание альбома N1

NN 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 Технико-экономические обоснования	26
	Схемы электрические принципиальные 407-03-484 87-ЭВ	
1,2	ТН 3×ЗНОЛ-6-10, НАМИ-10, 3×ЗНОМ-35 на вводе 6-10-35 кВ автотрансформатора	27,28
3,4	Трансформаторы напряжения НАМИ-10, 3×ЗНОЛ-6-10 на шинах 6-10 кВ	29,30
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 3×ЗНОМ-35 на шинах 35 кВ	33
8	Трансформаторы напряжения 3×НКФ-110-220 на линиях 110-220 кВ	34
9	Трансформаторы напряжения 3×НКФ-110-220 на шинах 110÷220 кВ	35
10	Трансформаторы напряжения 3×НКФ-330-500, 3×НФЕ-500 на линиях 330÷500 кВ	36
11	Трансформаторы напряжения 3×НФЕ-750 на линии с одним комплектом конденсаторов связи	37
12	Трансформаторы напряжения 3×НФЕ-750 на линии с двумя комплектами конденсаторов связи	38
13	Трансформаторы напряжения 3×НКФ-330, 3×НФЕ-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 „Трансформаторы-шины"	45
20	Организация цепей напряжения РУ 330-750 кВ по схеме „Полуторная"	46

Инв. N подл. | Подп. и дата | Взам. инв. N

Содержание альбома N 1

N N 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 трансформаторов напряжения 407-03-484.87-СМ1	51
	Таблица СМ1-1	
	Таблица СМ1-2	
	Приложение 2	
	Нагрузки вторичных цепей ТН 407-03-484.87-СМ2	
1	Потребление аппаратуры, приборов и устройств	52
	Таблица СМ2-1	
2	Нагрузки вторичных цепей ТН 3 х НКФ – 110 – 220 кВ на линиях 110-220 кВ	53
	Таблица СМ2-2	
3	Нагрузки вторичных цепей ТН 3 х НКФ – 110 – 220 на шинах 110 – 220 кВ	54
	Таблица СМ2-3	
4	Нагрузки вторичных цепей ТН 3 х НКФ – 330 – 500, 3 х НФЕ – 500 – 750 на линиях 330 – 750 кВ	55
	Таблица СМ2-4	
5	Нагрузки вторичных цепей ТН 3 х НКФ – 330, 3 х НФЕ – 500 – 750 на шинах 330 – 750 кВ	56
	Таблица СМ2-5	
	Приложение 3	
1, 2	Выбор уставок автоматов вторичных цепей ТН 407-03-484.87-СМ3	57,58
	Таблица СМ3	
	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	59
	Таблица СМ4-1	
1	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН на шинах 110 – 220 кВ	59
	Таблица СМ4-2	
2	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН для линий 330 – 750 кВ	60
	Таблица СМ4-3	
2	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН на шинах 330 – 750 кВ	60
	Таблица СМ4-4	

Инв. N подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. N

Содержание альбома №1

NN листов	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 3×НКФ - 110 - 220 на линиях 110 - 220 кВ	61
	Таблица СМ5 - 1 - 1	
2	Определение сечений проводов кабелей ТН 3 × НКФ - 110 - 220 на шинах 110 - 220 кВ	62
	Основная обмотка	
	Таблица СМ5 - 1 - 2	
	Дополнительная обмотка	
	Таблица СМ5 - 1 - 3	
3	Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН 3×НКФ - 330 - 500, 3×НФЕ - 500 - 750 на линиях 330 - 750 кВ	63
	Таблица СМ5 - 1 - 4	
4	Определение сечений проводов кабелей ТН 3 × НКФ - 330, 3×НФЕ - 500 - 750 на шинах 330 - 750 кВ	64
	Основная обмотка	
	Таблица СМ5 - 1 - 5	
	Дополнительная обмотка	
	Таблица СМ5 - 1 - 6	
	Графики $q_1 = f(l_1)$ для ТН НАМИ - 10, 3 × ЗНОЛ - 6 - 10, 3 × ЗНОМ - 35 на вводах 6 - 10 - 35 кВ автотрансформатора	
	СМ5 - 2 - 1 - 3	
5	График $q_1 = f(l_1)$ для ТН 2×НОЛ (НОМ) - 6 - 10 на вводе 6 - 10 кВ трансформатора	65
	СМ5 - 2 - 4	
	График $q_1 = f(l_1)$ для ТН НАМИ-10, 3 × ЗНОЛ - 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 3 × ЗНОМ - 35 на шинах 35 кВ	66
	СМ5 - 22 - 6 - 10	
7	Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТН 3×НКФ - 110 - 220 на линиях 110 - 220 кВ ПС на постоянном оперативном токе	67
	СМ5 - 2 - 11, 12	
8	Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_1 = f(l_2)$ для ТН 3×НКФ - 110 - 220 на линиях 110 - 220 кВ ПС на выпрямленном оперативном токе.	68
	СМ5 — 2 - 13, 14	
9	Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТН 3×НКФ - 110 - 220 на шинах 110 - 220 кВ	69
	СМ5 - 2 - 15 - 18	
10	Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТН 3×НКФ - 330 - 500 3 × НДЕ - 500 - 750 на линиях 330 - 750 кВ	70
	СМ5 - 2 - 19 - 21	
11	Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТН 3 × НКФ - 330, 3×НФЕ - 500 - 750 на шинах 330 — 750 кВ	71
	СМ5 - 2 - 22 ÷ 26	

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам. Инв.№

Альбом 1

1 Введение

Настоящие типовые материалы для проектирования разработаны в соответствии с поз 7 3 1 24 10 плана типового проектирования Госстроя СССР на 1988 г по теме „Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6 - 10 кв и выше" N 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 распредустройств 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 N 52770 - Э „Анализ и разработка схем вторичных цепей трансформаторов напряжения для цепей защиты и измерения", вып 1980 г (с изм 1982г), института „Теплоэлектропроект", 107815, г Москва, ГСП 6, 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 сответствующих ТН

1 3. С выпуском настоящей работы аннулируются типовые решения института „Энергосетьпроект" 107844, г Москва, ГСП 6, 2-ая Бауманская, 7 „Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения для различных схем электрических соединений подстанций 110 - 500 кВ N 5554 тм - I, II (II редакция, 1973г)

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", „и(и)", „f"

Провода „н" и „к" предназначаются для выведения напряжения нулевой последовательности ($3U_0$).

Провод и(и) используется для снятия векторных диаграмм при проверках рабочим током защит от замыканий на землю, получающих питание от цепи $3U_0$.

Цепи „н" — и(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

Инв N подл | Подп и дата | Взам инв N

ГИП	Шифрина		407 - 03 - 484 87 - ПЗ		
Нач отд	Мерзленкова		Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6 кВ и выше. Пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
Н контр	Хмелев			РП	1	22
Нач сект	Тунгашов			Энергосетьпроект Горьковское отделение 1988 г.		
Рук груп	Мизяева					

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 понижению 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 ненагруженной 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 $3U_0$ (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 проводами, по которым подается напряжение $3U_0$, и возникновении 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 $3U_0$ для ТН 110 кВ и выше не устанавливается.

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

2. 4. 4. Для защиты цепей выводов от неразомкнутых 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;

Инв. N подл. | Подп. и дата | Взам. инв. N

— 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 $3U_0$.

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, т к 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 нейтрали 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 распредустройству 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 N 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 3хНКФ-110, 3хНКФ-220 выполняется для распределительных устройств с мостиковыми схемами.

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

На линиях 330 кв устанавливаются ТН типа 3хНКФ-330, для линий 500 кв могут быть использованы 3хНКФ-500 либо 3хНДЕ-500, а для линий 750 кв применяются 3хНДЕ - 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, 3х 3НОЛ-6 - 10 , 3х 3НОМ-35

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

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

Инв N подл | Подп и дата | Взам инв N

3. 6. 3 На шинах 500 кВ могут устанавливаться ТН типа НКФ либо НФЕ (3×НКФ-500 или 3×НФЕ-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 (3×НФЕ-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 питание нагрузки ТН одной линии резервируется от ТН другой линии переключателем.

4. 3. Для линий 220, 330, 500 кВ со схемами РУ „треугольник", „четырехугольник" 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 разъединители.

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 разъединители 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 разъединители 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.

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам. Инв.№

Альбом 1

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, т к 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, теоритически 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).

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

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

Альбом 1

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°

$$3U_0 = 2\sqrt{3}U_ф \cos\frac{60°}{2} = 2\sqrt{3}U_ф\frac{\sqrt{3}}{2} = 3U_ф$$

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.

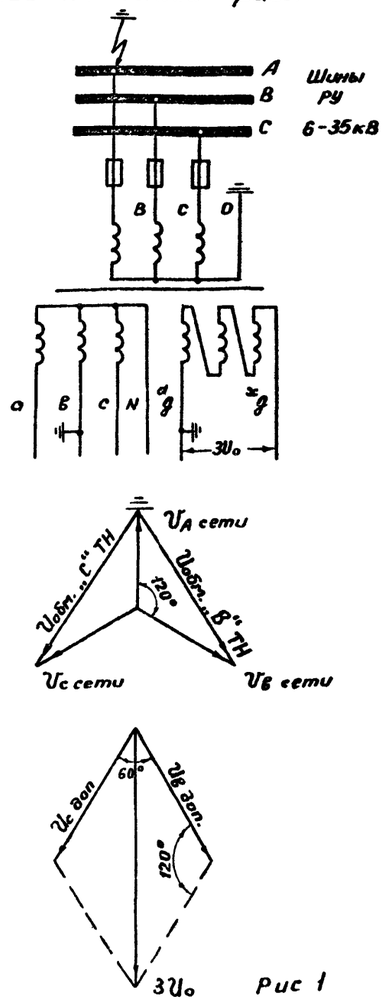


Рис 1

Схема ТН с замыканием на землю фазы А в сети 6-35кВ	Векторные диаграммы напряжений при замыкании на землю фазы А в сети
	На первичных обмотках ТН
	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 $3U_{0\,max} = 3\cdot\frac{100}{3} = 100В$

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% $U_н$, а в кабеле между ТН и панелью расчетных счетчиков потребительских линий — 0,5% $U_н$.

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

Инв.№подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№

23388 ИЛ

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

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

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

$$S_{расч} = \frac{U^2_{расч}}{Z} \qquad (7-2)$$

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).

Для фазы А $S_{нф} = \frac{S_{нас}}{\sqrt{3}}\sqrt{K^2+K+1}$ $\qquad K = \frac{S_{нав}}{S_{нас}}$

Для фазы В $S_{нф} = \frac{S_{нав}}{\sqrt{3}}\sqrt{K_1^2+K_1+1}$ $\qquad K_1 = \frac{S_{нвс}}{S_{нав}}$

Для фазы С $S_{нф} = \frac{S_{нас}}{\sqrt{3}}\sqrt{K_2^2+K_2+1}$ $\qquad K_2 = \frac{S_{нвс}}{S_{нас}}$

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

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

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

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

Наибольшее значение $S_н$ будет для той фазы, к которой присоединены две междуфазные нагрузки, каждая из которых больше третьей При неравенстве нагрузок, принятом выше ($S_{нвс} > S_{нав} > S_{нас}$) 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 $S_{нф} = \frac{S_{нф\ нагр}}{\sqrt{3}}\sqrt{K^2+K+1} + S_ф \qquad (7-3)$

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 утроенная мощность нагрузки наиболее загруженной фазы, подсчитанная по выражению (7-3).

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№

7 2 4 При соединении вторичных обмоток двух однофазных трансформаторов напряжения в открытый треугольник и равенстве нагрузок $S_{ab} = S_{bc} = S_{ca}$, $S_{нагр\ на\ ТН} = \sqrt{3}\, S_{нф}$. 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 $3U_0$ 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 изолированною нейтралью вычисляется по выражению

$$\sum S_{нтн} = \frac{S_{нн}}{\sqrt{3}} + S_{нф}, \qquad (7\text{-}4)$$

а для сетей с заземленной нейтралью

$$\sum S_{нтн} = S_{нн} + \frac{S'_{нмф} + S''_{нмф}}{3}, \qquad (7\text{-}5)$$

где $S_{нн}$ — нагрузка в цепи $3U_0$,

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

$S'_{нмф}$, $S''_{нмф}$ — 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 АП50Б

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) $I_н$

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 ± 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 N 527703 (см п 12 настоящей ПЗ)

На основании указанных материалов выполнена сводная 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

Альбом 1

Инв. N подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. N

23388-01

Альбом 1

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 N 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 распредустройств 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 раздельно 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^{x} 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 ($r_{пр\ доп}$), определяется расчетное сечение жил кабелей для выбранного расстояния между ячейкой ТН и щитом по выражению

$$q_1 = \frac{\ell 1}{\gamma r_{пр\ доп}} \quad (9-1), \text{ где}$$

$\ell 1$ — 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;

γ — 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 $r_{пр\ 1}$ и $r'_{пр.N}$ с учетом выбранного сечения на участке длиной $\ell 1$.

Инв. N подл. | Подп. и дата | Взам. инв. N

Величина $r_{пр1}$ должна быть меньше $r_{пр\,доп}$, а $r_{пр1} + r_{пр\,N}$ 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

$$r_{пр\,РЗА} = \frac{(3 - 3S_{нагр\,тн}\ r_{пр1}/100)\ 100}{3\ S_{нагр\,РЗА}} \qquad (9\text{-}2),\ \text{где}$$

$S_{нагр\,тн}$ – общая нагрузка на ТН,

$r_{пр1}$ – 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

$$r_{пр\,изм} = \frac{(1{,}5 - 1{,}5 S_{нагр\,тн}\ r_{пр1}/100)\ 100}{3\ S_{нагр\,изм}} \qquad (9\text{-}3),\ \text{где}$$

$S_{нагр\,изм}$ – потребление панели измерения (осциллографа и тд)

Аналогичное по структуре выражение может быть использована для определения сечения кабелей к панелям счетчиков с учетом соответствующих ΔU (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, ЭЭ6700

$$r_{пр\,сч} = \frac{\Delta U\ 100}{2{,}64\ S_{сч}\ n} \qquad (9\text{-}4)$$

для трехэлементных счетчиков Ф443А

$$r_{пр\,сч} = \frac{\Delta U\ 100}{3\ S_{сч}\ n} \qquad (9\text{-}5),\ \text{где}$$

ΔU – допустимое падение напряжения,

$S_{сч}$ – потребление данного счетчика,

n – количество счетчиков на панелях

9 2 5 Сечения соответствующих кабелей подсчитываются по формуле

$$q_2 = \frac{\ell 2}{\gamma\ r_{пр\,РЗА\,(изм)}},\ \text{где}$$

$\ell 2$ – расстояние между панелями

$r_{пр\,РЗА\,(изм)}$ – 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 (ЛЭ2105-62ВА на фазу)

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

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

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

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

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

Альбом 1

Определение максимальной нагрузки на фазу производится по выражению

$$S_{нф\ max} = \frac{S2}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{S1}{S2}\right)^2 + \frac{S1}{S2} + 1} + S_ф ,$$

где $S2 > S1$ — межфазные нагрузки притыкающие к одной фазе,

$S_ф$ — нагрузка включенная на фазу

На вводах 6—10 кВ устанавливаются ТН типа НАМИ-10 или 3х3НОЛ-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) $\Delta U = 3В$, 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 3НОЛ-6, НОЛ-6 (НОМ-6) в классе 3 составляет 200 ВА, а типа 3НОЛ-10, НОЛ-10 (НОМ-10) — 300 ВА

Для ТН типа НАМИ-10 в заводских материалах отсутствуют данные по мощности ТН в существующих понятиях по классам точности, имеются данные по основной погрешности ±0,2% и по дополнительным 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 НАМИ по выражениям.

$$\Delta U_{ав} = -\left[\frac{S_{ав} - 75}{100} + \frac{S_{ас}}{2\ 100}\right] Z_к$$

$$\Delta U_{вс} = -\left[\frac{S_{вс} - 75}{100} + \frac{S_{ас}}{2\ 100}\right] Z_к \qquad (10-1)$$

$$\Delta U_{сА} = -\left[\frac{S_{ав} - 75}{2\ 100} + \frac{S_{вс} - 75}{2\ 100} + \frac{2 S_{са}}{100}\right] Z_к$$

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

$Z_к$ — сопротивление короткого замыкания, равное 0,6 Ом

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

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

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

$S_{вс} = 0$, $S_{ас} = 0$,

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

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

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

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

$S_{ав1\ max} = 36 + 77 = 113$ ВА,

$S_{ав2\ max} = 36 + 139 = 175$ ВА,

Для ТН типов 3х НОЛ-6 (3х3НОЛ-10) 98 ВА и 160 < 200 (300ВА) обеспечивается работа ТН в классе точности 3

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

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

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

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

Максимальная суммарная погрешность НАМИ-10 составит

$\sum \Delta U_{са} = +0,2 + 1,1176 = +1,376$

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 ПЭ 2105

$$r_{пр} = \frac{\Delta U\ U_н}{3 S_{нагр}} = \frac{3\ 100}{3\ 113} = 0885\ Ом$$

— при включении двух панелей ПЭ 2105

$$r_{пр} = \frac{\Delta U\ U_н}{3 S_{нагр}} = \frac{3\ 10}{3\ 175} = 0571\ Ом$$

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

$$r_{пр} = \frac{\sqrt{3}\ U_{нТН}}{12\ I_{н\ расц}} = \frac{\sqrt{3}\ 100/\sqrt{3}}{112\ 2,5} = 333\ Ом$$

Расчет сечений проводов кабелей основной обмотки определяется по сопротивлению $r_{пр}$

— при включении одной панели ПЭ 2105

Инв № подл | Подп и дата | Взам инв №

23388-01

$q = \frac{\ell}{\gamma\, r_{пр}} = \frac{\ell}{57\ 0885} = \frac{\ell}{504}$ – для кабеля с медными проводами

$q = \frac{\ell}{\gamma\, r_{пр}} = \frac{\ell}{34{,}5\ 0885} = \frac{\ell}{30\ 5}$ – для кабеля с алюминиевыми проводами

— при включении двух панелей ПЭ 2105

$q = \frac{\ell}{\gamma\, r_{пр}} = \frac{\ell}{57\ 0{,}571} = \frac{\ell}{32\ 55}$ – для кабеля с медными проводами

$q = \frac{\ell}{\gamma\, r_{пр}} = \frac{\ell}{34\ 5\ 0571} = \frac{\ell}{19\ 69}$ – для кабеля с алюминиевыми проводами

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 $3U_0$

Расчет производится по выражению

$r_{пр} = \frac{1}{2}\,\frac{3U_{н\,тн}}{6\ I_{н\,расц}}$

Для НАМИ-10 – $r_{пр} = \frac{1}{2}\,\frac{3\ 100}{6\ 16} = 15\ 625$ Ом

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

Зависимость сечения кабеля от его длины для дополнительной обмотки определяется

для ТН типа НАМИ-10

$q = \frac{\ell}{57\ 15625} = \frac{\ell}{890\ 6}$ мм² – при медных проводах в кабелях,

$q = \frac{\ell}{34\ 5\ 15625} = \frac{\ell}{539}$ мм² – при алюминиевых проводах в кабелях,

для ЗНОЛ-6-10

$q = \frac{\ell}{57\ 3\ 33} = \frac{\ell}{189{,}8}$ мм² – при медных проводах в кабелях,

$q = \frac{\ell}{34\ 5\ 3\ 33} = \frac{\ell}{114\ 9}$ мм² – 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

$S_ф = 15$ ВА

$S_{св} = 6\ 25 + 20 = 26\ 25$ ВА

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

Характер нагрузки – устройства РЗА допускает работу ТН в классе точности 3

Максимальная нагрузка на обмотку

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

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

Допустимое сопротивление провода кабеля по потере напряжения для устройства РЗА

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

Расчет сечения проводов кабеля проводится по сопротивлению 1,90, т.к. допустимое сопротивление провода кабеля по надежности действия автомата при двухфазном КЗ больше (3,33 > 1,9 Ом)

Зависимость сечения кабеля от длины определяется выражениями

$q = \frac{\ell}{57\, r_{пр}}$ – при медных проводах в кабелях,

$q = \frac{\ell}{34{,}5\ r_{пр}}$ – при алюминиевых проводах в кабелях

По принятому допустимому сопротивлению $r_{пр} = 1{,}9$ Ом зависимость q от ℓ просчитывается по

$q = \frac{\ell}{108\ 3}$ мм² – для кабелей с медными проводами,

$q = \frac{\ell}{65\ 55}$ мм² – для кабелей с алюминиевыми проводами

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 (3×ЗНОЛ-6-10, НАМИ-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 (4) предлагается подключение их в следующем порядке:

$$S_{ав} = S_{рн\ 154/160 - 2\ шт} + S_{вw+вVA} + S_{w+vAr} =$$

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

$$S_{вс} = S_{рн\ 154/160} + S_{вw+вVA} + S_{w+vAr} =$$

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

$$S_{са} = S_{рн\ 154/160} + S_{вVA} + S_{АчР} + S_{рпн} + S_{v} =$$

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

$$S_{ф} = S_{бпн\ н} + S_{рнф} - 1м = 24\ ВА$$

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

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

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

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

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

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

10 2 2. Согласно техническим данным, ТН типа ЗНОЛ-6 работает в классе 1 при нагрузке до 75 ВА

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

$$75 - 60{,}86 = 14{,}14\ ВА$$

а при использовании счетчиков САЗУ и СРЧУ

$$75 - 68{,}06 = 6{,}94\ ВА$$

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 ЗНОЛ-6 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 линии с техническим учетом может быть 19 — при использовании счетчиков типа ЭЭ6700 или 11 — при САЗУ и СРЧУ

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

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 ЭЭ6700.

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 ЭЭ6700 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 (ЭЭ6700) пояснения см п 10 2 2

10 2 4 Для ТН типа НАМИ-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 ЭЭ6700

$S_{ав} = 39,9 + 24 = 63,9$ ВА

$S_{вс} = 33,65 + 24 = 57,65$ ВА

$S_{са} = 27,95 + 24 = 51,95$ ВА

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

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

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

Максимальная суммарная погрешность будет:

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

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

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

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

При применении счетчиков САЗУ и СРЧУ

$S_{ав} = 44,5 + 24 = 68,5$

$S_{вс} = 38,25 + 24 = 60,25$

$S_{са} = 30,25 + 24 = 54,25$

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

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

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

Максимальная суммарная погрешность будет

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

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

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 $\sum \Delta U_{max} < 1$ %.

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

При применении на линиях счетчиков типа ЭЭ6700 количество линий с расчетным учетом, подключаемых к ТН типа НАМИ, помимо общеподстанционной нагрузки составит 6, при этом $\sum \Delta U_{max} = -0,2 - 0,733 = -0,933$ %

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

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

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

Для ТН типа НАМИ-10 по расчетам дополнительной погрешности возможно подключение (помимо общеподстанционной нагрузки) более 30 линий с техническим учетом при использовании счетчиков ЭЭ6700 или 23 линии с счетчиками САЗУ и СРЧУ.

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

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					
		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	ЭЭ6700	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 3 х ЗНОЛ 6 при конкретном проектировании необходимо предусматривать установку дополнительного ТН для питания счетчиков линий расчетного учета.

Необходимость применения дополнительного ТН при установке на шинах 3 х ЗНОЛ 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:

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

$S_{ав} = S_{вс} = 7,4$ ВА; $S_{са} = 3,7$ ВА – для счетчиков ЭЭ6700,

$S_{ав} = S_{вс} = 12$ ВА; $S_{са} = 6$ ВА – для счетчиков САЗУ и СРЧУ

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

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

Для ТН 2 х НОЛ (НОМ 6) номинальная мощность обмотки в классе 1 – 75 ВА; к ТН можно подключить счетчики типа ЭЭ6700 – 7 линий или счетчики типа САЗУ и СРЧУ – 5 линий с расчетным учетом.

Для ТН 2 х НОЛ (НОМ)-10 номинальная мощность обмотки в классе 1 – 150 ВА; к ТН можно подключить счетчики типа ЭЭ6700 – 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 мм², проходящих вдоль всех шкафов секции.

Исключением являются цепи измерительных приборов и РПН на щите„ к которым прокладывается кабель, $S_{нагр}$ для них составляет 32 ВА, допустимая потеря по напряжению $\Delta U = 1,5$.

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

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

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:

$$q = \frac{\ell}{\gamma \cdot r_{пр}}$$

Для основной обмотки ТН

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

$q = \frac{\ell}{34,5 \cdot 1,56} = \frac{\ell}{53,82}$ – 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 —

$$r_{пр\ доп} = \frac{1}{2}\frac{3}{6}\frac{U_{нтн}}{I_{расц}} = \frac{1}{2}\frac{3}{6}\frac{100}{2,5} = 10\ Ом$$

Зависимость сечения кабеля от его длины —

$$q = \frac{\ell}{\gamma\, r_{пр\,доп}} = \frac{\ell}{34,5\ 10} = \frac{\ell}{345},$$

позволяет принять однозначно — для ТН типа НОМ-35 (на линии 35 кВ) кабель 2,5 мм² с алюминиевыми жилами

10 5 ТН типа 3 х ЗНОМ-35 на вводе автотрансформатора Нагрузка основной обмотки на ТН 3х3НОМ-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 $r_{пр\ доп}$ обеспечивается при прокладке кабелей от ТН до щита на расстояние до 570 м при использовании как медных жил сечением 1,5 мм², так и алюминиевых — 2,5 мм²

Дополнительная обмотка ТН 3×3НОМ-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 3×3НОМ-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, возможна 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

$S_{ав} = 40$ ВА $S_{вс} = 34$ ВА $S_{са} = 38$ ВА	при применении счетчиков ЭЭ6700 на трансформаторном вводе	$S_{ав} = 45$ ВА $S_{вс} = 39$ ВА $S_{са} = 41$ ВА	для счетчиков САЗУ, СРЧУ на трансформаторном вводе

$$S_{р} = S_{рнф-1н} = 15\ ВА$$

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

$$= \frac{38}{\sqrt{3}}\sqrt{\left(\frac{40}{38}\right)^2 + \frac{40}{38} + 1} + 15 = 54,1\ ВА$$ — для счетчиков ЭЭ6700

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

10 6 2 Согласно техническим данным, ТН типа 3×3НОМ-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 35 кВ

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

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

$S_{ф\ нагр\ линии\ счетчики + панель\ П3-4} = 12 + 60 = 72\ ВА$

$S_{ф\ нагр\ линии\ счетчики + направленная\ защита} = 12 + 35 = 47\ ВА$

$S_{ф\ нагр\ линии\ со\ счетчиками} = 12\ ВА$

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 превосходить величину его мощности в классе 1, 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 кратковременностью указанного режима

10 6 3 Допустимое сопротивление кабеля по падению напряжения при расчетном учете на линиях будет определяться как —

$$r_{пр\ доп} = \frac{\Delta U\ U_н}{3 S_{нагр}} = \frac{0{,}5\ \ 100}{3\ \ 250} = 0{,}067\ Ом$$

при техническом учете —

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

Допустимое сопротивление по надежной работе автомата

$$r_{пр\ доп} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}\ U_{нТН}}{12\ I_{н\ расц}}\right)^2 - X_{тн}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}\ \ 100/\sqrt{3}}{12\ \ 10}\right)^2 - 0{,}167^2} = 0{,}82\ Ом$$

10 6 4 Расчет сечения проводов кабеля основной обмотки ТН проводится с $r_{пр\ доп}$ 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 выражениям

$$q = \frac{\ell}{\gamma\ r_{пр\ доп}},$$

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

$$q = \frac{\ell}{34{,}5\ \ 0{,}2} = \frac{\ell}{6{,}9}$$ 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

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

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

— для кабеля релейной защиты и измерения

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

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

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 $r_{пр\ доп}$ может быть определено по фактической нагрузке ТН-35, которая в данном случае не превысит 100 – 120 ВА

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

$$q = \frac{\ell}{\gamma\ r_{пр\ доп}} = \frac{\ell}{34{,}5\ \ 0{,}417} = \frac{\ell}{14{,}3}$$

10 6 5 Допустимое сопротивление кабеля дополнительной обмотки принимается по надежности действия автомата, из-за незначительной нагрузки в цепи $3U_0$

Расчет производится по выражению

$$r_{пр\ доп} = \frac{1}{2}\frac{U_{нТН}}{I_{н\ расц}} = \frac{1}{2}\frac{100/3}{10} = 1{,}67\ Ом$$

$$q = \frac{\ell}{\gamma\ r_{пр\ доп}} = \frac{\ell}{57{,}6}$$

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

Альбом 1

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

23188 01

10 7 ТН на линиях 110 – 220 кВ на подстанциях с мостиковыми схемами предназначается для питания цепей защиты автоматики, измерения 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 – вдвое

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 ΔU 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 мм² по алюминию для ПС на постоянном оперативном токе

Для ПС на выпрямленном оперативном токе с блоками 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 11-14 даны зависимости сечения проводов от длины кабелей

При этом в графиках $q_1 = f(\ell 1)$ приведены расчетные зависимости сечения кабелей от длины обозначенные тонкими линиями, и выбранные сечения силовых кабелей, показанные утолщенными линиями

В графиках $q_2 = f(\ell 2)$ приведена зависимость сечения (провода) от длины кабелей по щиту

На основании указанных графиков при конкретном проектировании прошзводится 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 3Uo 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

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

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 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 потребуется 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 мм² Учитывая сложность подключения силового кабеля сечением более 50 мм² 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 однозначны 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 – 17)

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 распредустройств „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 ΔU 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 $3U_0$

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 ΔU 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 соответственно.

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 ΔU, 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 импортируемым 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 распредустройством 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 1985 г 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 схемами РУ „Треугольник", „Четырехугольник", „Полуторная", 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 распредустройств

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 СМ3 (Приложение 3)

12 2 Определение сечений проводов кабелей и выбор соответствующих марок кабелей без выполнения расчетов по графикам зависимости сечения от длины кабелей $q = f(\ell)$.

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 значениям наиболее часто встречающейся в практике проектирования

Графики выполнены на основании расчетов, приведенных в таблицах СМ 2 (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,

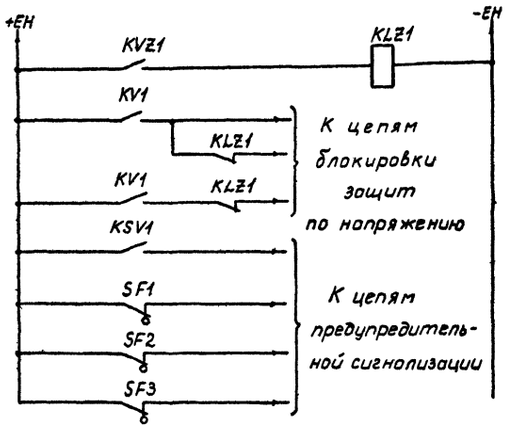
а также сокращение

— 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 „Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше"

Инв № подл | Подп и дата | Взам инв №



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 3×ЗНОЛ 6-10, 3×ЗНОМ-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 3×ЗНОЛ 6-10 и НАМИ-10 уточняется при разработке полных схем.

4 Тип рубильников определяется при разработке полных схем.

Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика		Кол	Примечание
При напряжении оперативного тока, В				220	110		
Шкаф КРУ (КРУН) ТН 6-10 кВ (щит управления см примеч 3)	KLZ1	Реле промежуточное	РП16-14	220	110	1	
	KSV1	Реле напряжения	РН-153/60Д			1	
	KV1	Реле напряжения	РН-154/160			1	
	KWZ1	Фильтр-реле напряжения обратной последоват	РНФ-1М			1	
Шкаф КРУ (КРУН) ТН 6-10 кВ	SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Jн р = 2,5А Jотс = 3,5Jн р ВК = 2П		1	
	SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Jн р = 2,5А Jотс = 3,5Jн р ВК = 2П		1	Для 3х3нол 6-10
				Jн р = 1,6А Jотс = 3,5Jн р ВК = 2П		1	Для НАМИ-10
	R1÷R8	Резистор	С5-35В75	200 Ом ± 5%		8	См примеч 1
Шкаф зажимов ТН 35 кВ	S1	Рубильник				1	См примеч 4
	S2	Рубильник				1	
	SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Jн.р. = 2,5А Jотс = 3,5Jн р ВК = 2П		1	
	SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Jн р = 10А Jотс = 3,5Jн р ВК = 2П		1	используется тепловой расцепитель
	SF3	Выключатель	АП50Б-2МТ	Jн р = 4А Jотс = 3,5Jн р ВК = 2П		1	

ГИП	Шифрина		
Нач отд	Мерзленкова		
Н контр	Хімелев		
Нач сект	Тумашов		
Рук гр	Мизяева		
Инж-ер	Егорова		

407-03-484.87-ЭВ

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше

ТН 3х3НОЛ-6-10, НАМИ-10, 3х3НОМ-35 на вводе 6-10-35кВ автотрансформатора

Схема электрическая принципиальная

Стадия	Лист	Листов
РП	1	

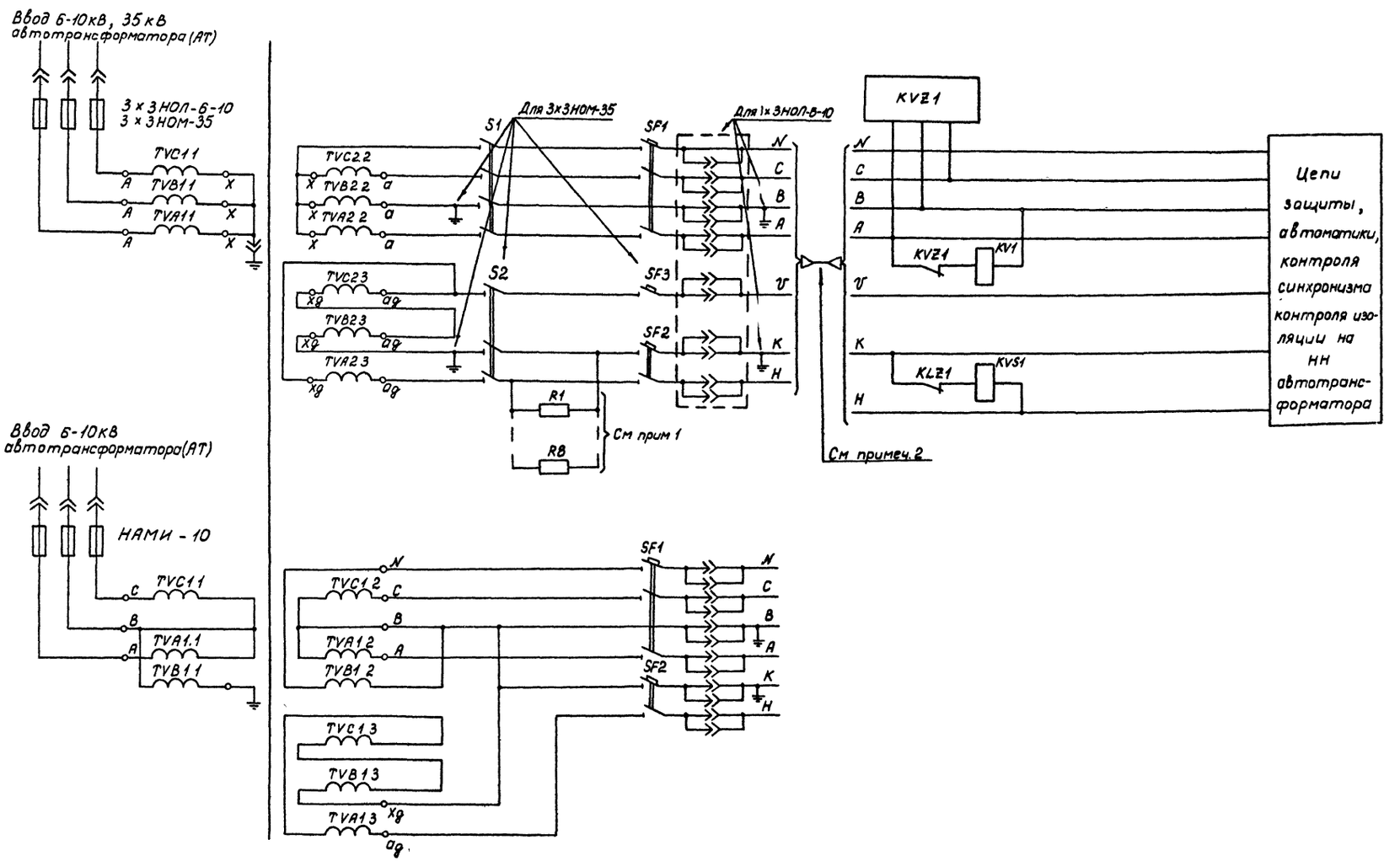
ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988 г

Альбом 1

Инв № подл | Подпись и дата | Взам инв №

23388-01

Альбом 1



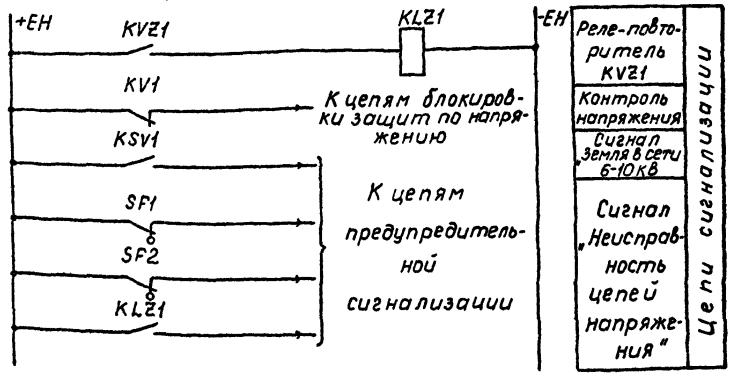
Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

				407-03-48487-ЭВ	
				Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
ГИП	Шифрина			ТН 3х3НОЛ-6-10, НАМИ-10, 3х3НОМ-35 на вводе 6-10-35кВ автотрансформатора	Стадия: РП; Лист: 2; Листов:
Нач.отд	Мерзленкова				
Н.контр	Хмелев				
Нач.сект	Тумашов			Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988 г.
Рук.гр	Мизяева				
Ст.техн	Хасанчина				

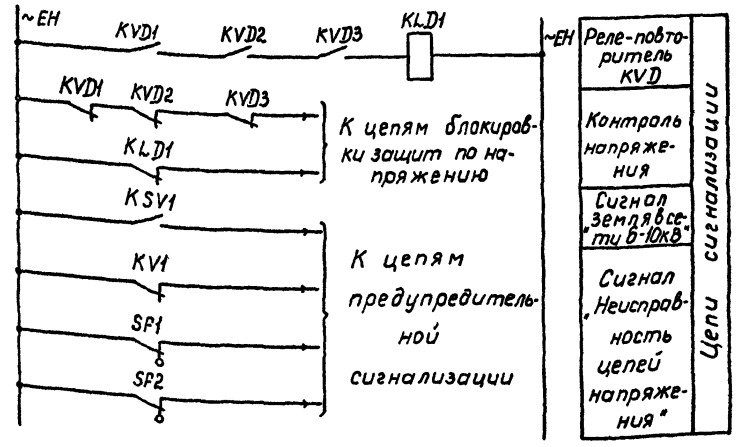
23388-01

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 3х3НОЛ-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 6-10кВ защит типа ЗЗП-1
4. В маркировку шин 6-10 кВ вместо „..." вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения: для 10кВ - К, для 6кВ - Р

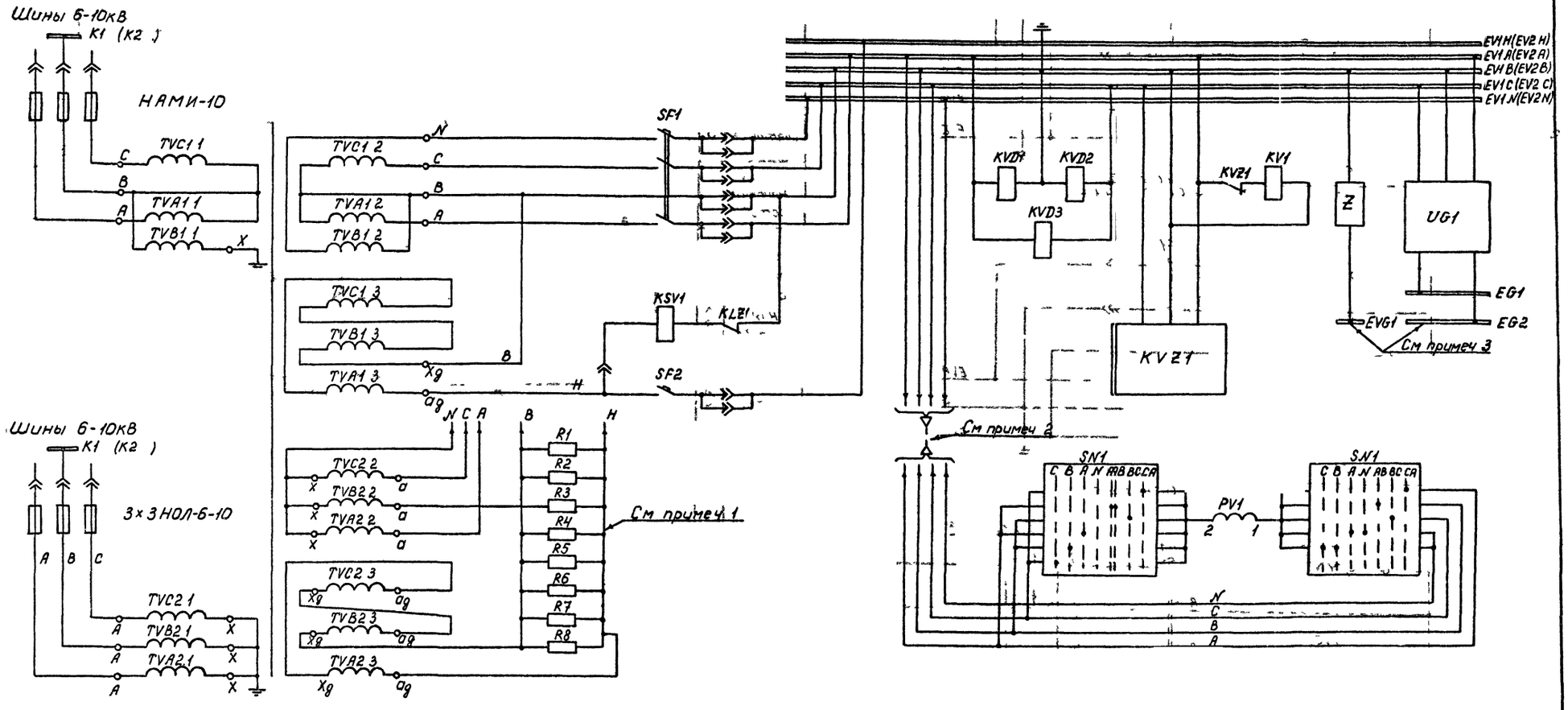
Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
При напряжении оперативного тока, В				220 / 110		
Щит управления	P1V1	Вольтметр	Э-365	... кВ	1	
	S1N1	Переключатель	ПМОФ45-112222/I-Д1		1	
Шкаф КРУ(КРУН) 6-10кВ трансформатора напряжения на шинах 6-10кВ	KLZ1	Реле промежуточное	РП16-14	220 / 110	1	ПС на постоянном токе
			РП16-74	~220	1	ПС на переменном токе
	KLD1	Реле промежуточное	РП16-74	~220	1	
	KSV1	Реле напряжения	РН153/60Д		1	
	KV1	Реле напряжения	РН154/160		1	
	KWZ1	Фильтр реле напряжения обратной последовательн	РНФ-1М	100В	1	
	KWD1-KWD3	Реле напряжения	РН154/160		3	ПС на переменном токе
	R1'R8	Резистор	С5-35В75	2000м ± 5%	8	См прим 2
	S1N1	Переключатель	ПМОФ45-334466/II-Д27		1	
	SF1	Выключатель	АП50Б-3М7	Iнр = 2,5А Iотс = 3,5 Iнр ВК = 2П	1	
	SF2	Выключатель	АП50Б-3М7	Iнр = 1,6А Iотс = 3,5 Iнр ВК = 2П	1	НАМИ-10 см прим 3
				Iнр = 2,5А Iотс = 3,5 Iнр ВК = 2П	1	3х3НОЛ6-10 см прим 3
	U1G1	Блок питания	БПН-11/2		1	См прим 3
	.Z	Вспомогательное устройство	ВУ1		1	

				407-03-48487-ЭВ
				Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше
ГИП	Шифрина			Трансформатор напряжения НАМИ-10, 3х3НОЛ 6-10 на шинах
Нач отд	Мерзлячкова			Стадия: РП; Лист: 3; Листов:
Н контр	Хмелев			
Нач сект	Тумашов			
Рук гр	Музяева			Схема электрическая принципиальная
Ст техн	Хасаншина			ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г

Инв № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

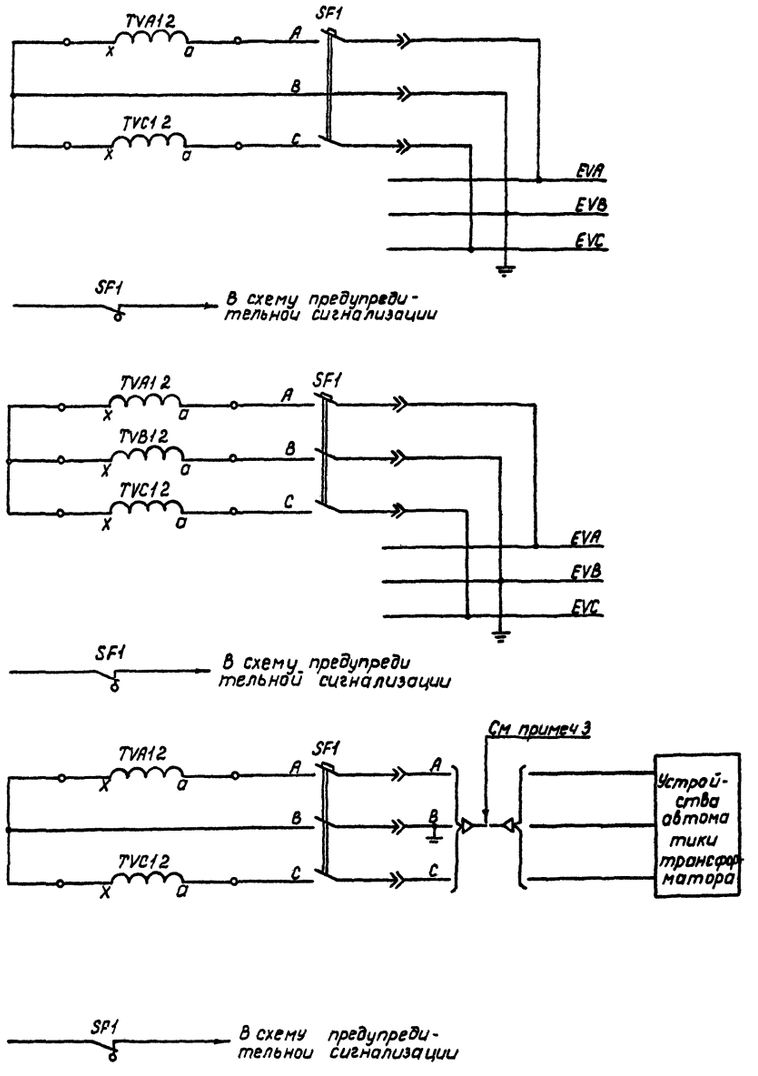
Альбом 1



				407-03-48487-ЭВ	
				Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
ГИП	Шифрина			Трансформаторы напряжения типа НАМИ 10, 3×3НОЛ 6 10 на шинах 6 10кВ	Стадия: РП; Лист: 4; Листов:
Нач отд	Месоэленкова				
Н контр	Хмелев				
Нач сект	Тухмашов				
Рук гр	Мизяева			Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1983г
Ст техн	Лысенкина				

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

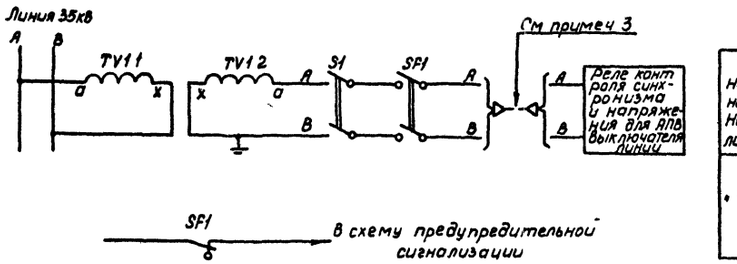
Альбом 1



Трансформатор напряжения 2×ЮЛ(НОМ) для питания счетчиков	Цепи напряжения
Сигнал „Неисправность ТН"	
Трансформатор напряжения 3×ЮЛ(НОМ) для питания счетчиков	Цепи напряжения
Сигнал „Неисправность ТН"	
Трансформатор напряжения 2×ЮЛ(НОМ) на вводе 6-10кВ трансформатора	Цепи напряжения
Сигнал „Неисправность ТН"	

Перечень аппаратуры

Место установки	Позиц обозначен по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примечан
Шкаф КРУ (КРУН) 6-10кВ	SF1	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iнр=2,5А Iотс=3,5Iнр ВК=2П	3	Рис 1-3
Шкаф зажимов ТН 35кВ	SF1	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iнр=2,5А Iотс=3,5Iнр ВК=2П	1	Рис 4
	S1	Рубильник				См примечание 4



Цепи напряжения ТН НОМ 35 линии 35кВ	
Сигнал „Неисправность ТН"	

ГИП	Шифрина		
Нач отд	Мерзленкова		
Н контр	Хмелев		
Нач сект	Тумашов		
Рук гр	Мизяева		
Инженер	Егорова		

407-03-48487-ЭВ

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше

ТН 6-10кВ для счетчиков, ТН на вводе 6-10кВ автотрансформатора, ТН на линии 35кВ

Схема электрическая принципиальная

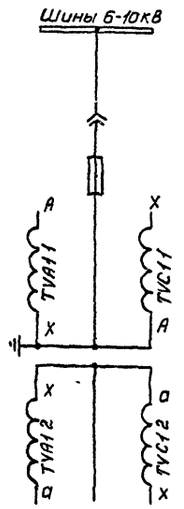
Стадия	Лист	Листов
РП	5	

ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988 г

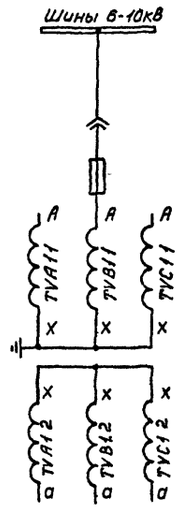
В № подл | Подпись и дата | Взам инв №

Альбом 1

Трансформаторы напряжения для питания счетчиков

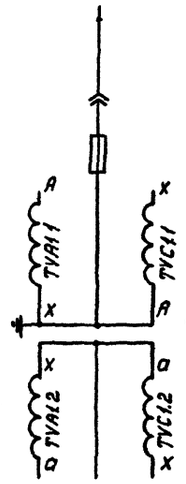


ТН типа 2хНОЛ(НОМ)



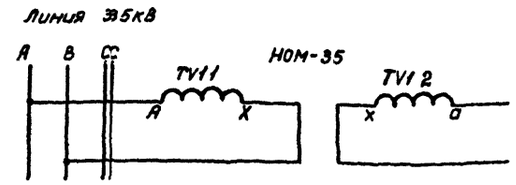
ТН типа 3хНОЛ(НОМ) см примечан 1

Трансформатор напряжения на вводе 6-10кВ трансформатора



ТН типа 2хНОЛ(НОМ)

Трансформатор напряжения на линии 35кВ



Примечания

1 Использование дополнительных ТН 6-10кВ 2хНОЛ-6-10 или 3хНОЛ-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 ЭЭ6700	Счетчики СА3У, СР4У	Счетчики ЭЭ6700	Счетчики СА3У, СР4У	
2хНОЛ(НОМ)-6	~13	~20	~6	~4	75
2хНОЛ(НОМ)-10			12	8	150
3хНОЛ(НОМ)-6	7,4	12	10	6	75
3хНОЛ(НОМ)-10			20	12	150

2 Шинки трансформаторов напряжения 6-10кВ для питания счетчиков линий должны прокладываться отдельно от шинок напряжения основных (шинных) ТН 6-10кВ

3 Сечение кабеля см приложение 5, график СМ5-2-4

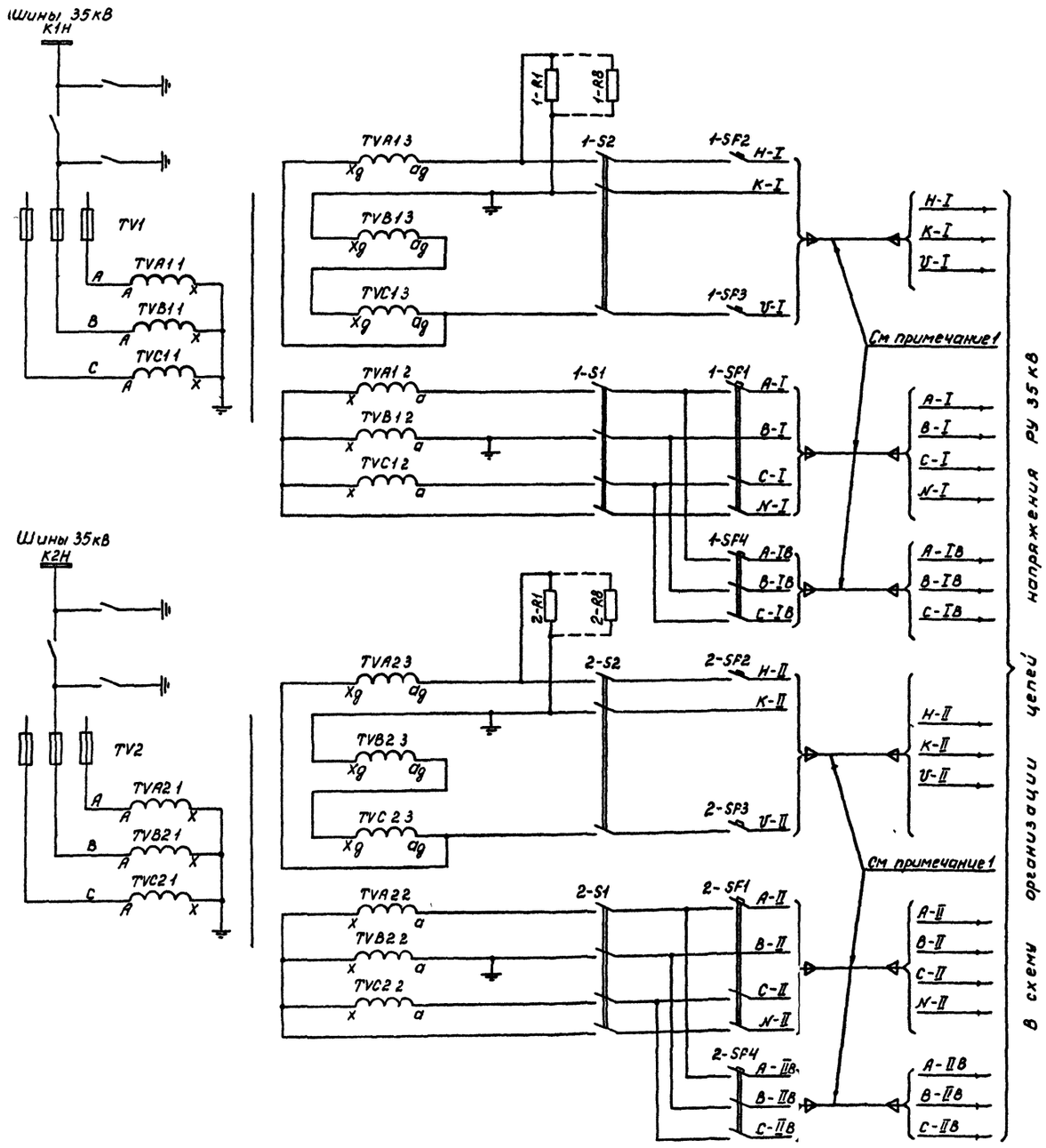
4 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

ГИП	Шифрина		407-03-484.87-ЭВ
Нач отд	Мегрэленкова		Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и Выше
Н.контр	Хмелев		ТН 6-10кВ для счетчиков, ТН на вводе 6-10кВ трансформатора, ТН на линии 35кВ
Нач сект	Тумашов		Стадия: РП; Лист: 6; Листов:
Рук гр	Мизяева		Схема электрическая принципиальная
Ст техн	Хоссаинчина		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988 г

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

23328-01

Альбом 1



Перечень оппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примечание
Шкаф зажимов ТН на шинах К1Н 35кВ	1-S1	Рубильник			1	см приме
	1-S2	Рубильник			1	чание 2
	1-SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iн р = 10А Iотс = 3,5Iн р ВК = 2П	1	
	1-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iн р = 10А Iотс = 3,5Iн р ВК = 2П	1	Используется тепловой расцепитель
	1-SF3	Выключатель	АП50Б-2М	Iн р = 4А Iотс = 3,5Iн р ВК = 2П	1	
	1-SF4	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iн р = 2,5А Iотс = 3,5Iн р ВК = 2П	1	
	1R1'-1R8	Резистор	С5-35В75	2000м ± 10%	8	
Шкаф зажимов ТН на шинах К2Н 35кВ	2-S1	Рубильник			1	см приме
	2-S2	Рубильник			1	чание 2
	2-SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iн р = 10А Iотс = 3,5Iн р ВК = 2П	1	
	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iн р = 10А Iотс = 3,5Iн р ВК = 2П	1	Используется тепловой расцепитель
	2-SF3	Выключатель	АП50Б-2М	Iн р = 4А Iотс = 3,5Iн р ВК = 2П	1	
	2-SF4	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iн р = 2,5А Iотс = 3,5Iн р ВК = 2П	1	
	2R1-2R8	Резистор	С5-35В75	2000м ± 10%	8	

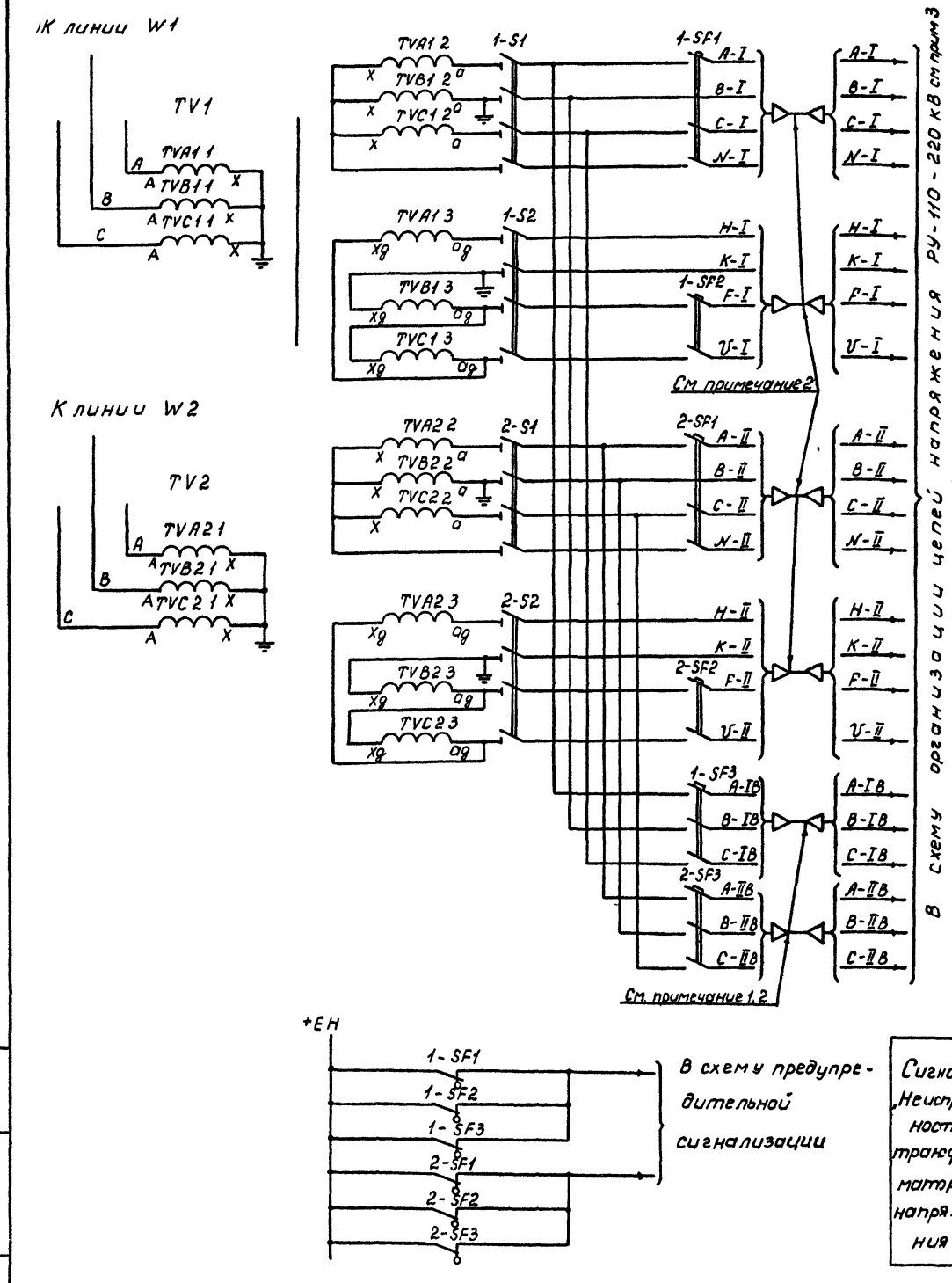
Примечания

1 Определение сечений кабелей см приложение 5, графики СМ5-2-6÷10

2 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

				407-03-48487-ЭВ			
				Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
ГИП	Шифрина			Трансформатор напряжения 3ЗНОМ-35 на шинах 35кВ	Стадия	Лист	Листов
Нач.отд	Мерзленкова				РП	7	
Н.контр	Хмелев						
Нач.сект	Тумашов						
Рук.гр	Мизяева			Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Оренбургское отделение 1988 г.		
Ст.техн	Хасанцина						

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№



Сигнал „Неисправность трансформаторов напряжения"	Цепи сигнализации

Примечания

1 Прокладка отдельных кабелей для расчетных счетчиков линии предусматривается на
- ПС с РУ-110-220кВ по схеме „Мостика" с выпрямленным оперативным током (с БПНС-2),
- ПС с РУ 220кВ по схеме „Четырехугольник"

2 Определение сечений кабелей см приложение 5 графики СМ5-2-11-14, 18 для РУ 110-220кВ по схеме „Мостика" и РУ 220кВ по схеме „Четырехугольник"

3 Организацию 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 РУ220кВ-Е, для РУ 110 кВ-G

5 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционн. обозначение 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	АП50Б-3МТ	Iнр = 2,5А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П	1	
	1-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iнр = 10А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П	1	Для НКФ-110
	1-SF3	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр = 10А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П	1	Для НКФ-110
				Iнр = 6,3А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П	1	Для НКФ-220
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV2	2-S11, 2-S12	Рубильник			2	см примеч 5
	2-SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр = 25А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П	1	
	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iнр = 10А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П	1	Для НКФ-110
	2-SF3	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр = 10А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П	1	Для НКФ-110
				Iнр = 6,3А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П	1	Для НКФ-220

ГИП	Шцифрина		
Нач отд	Меррзленкова		
Н контр	Хмелев		
Начсект	Туммашов		
Рук гр	Мизяева		
Инженер	Егоррова		

407-03-48487-ЭВ

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше

Трансформатор напряжения 3хНКФ-110-220 на линии 110-220кВ

Схема электрическая принципиальная

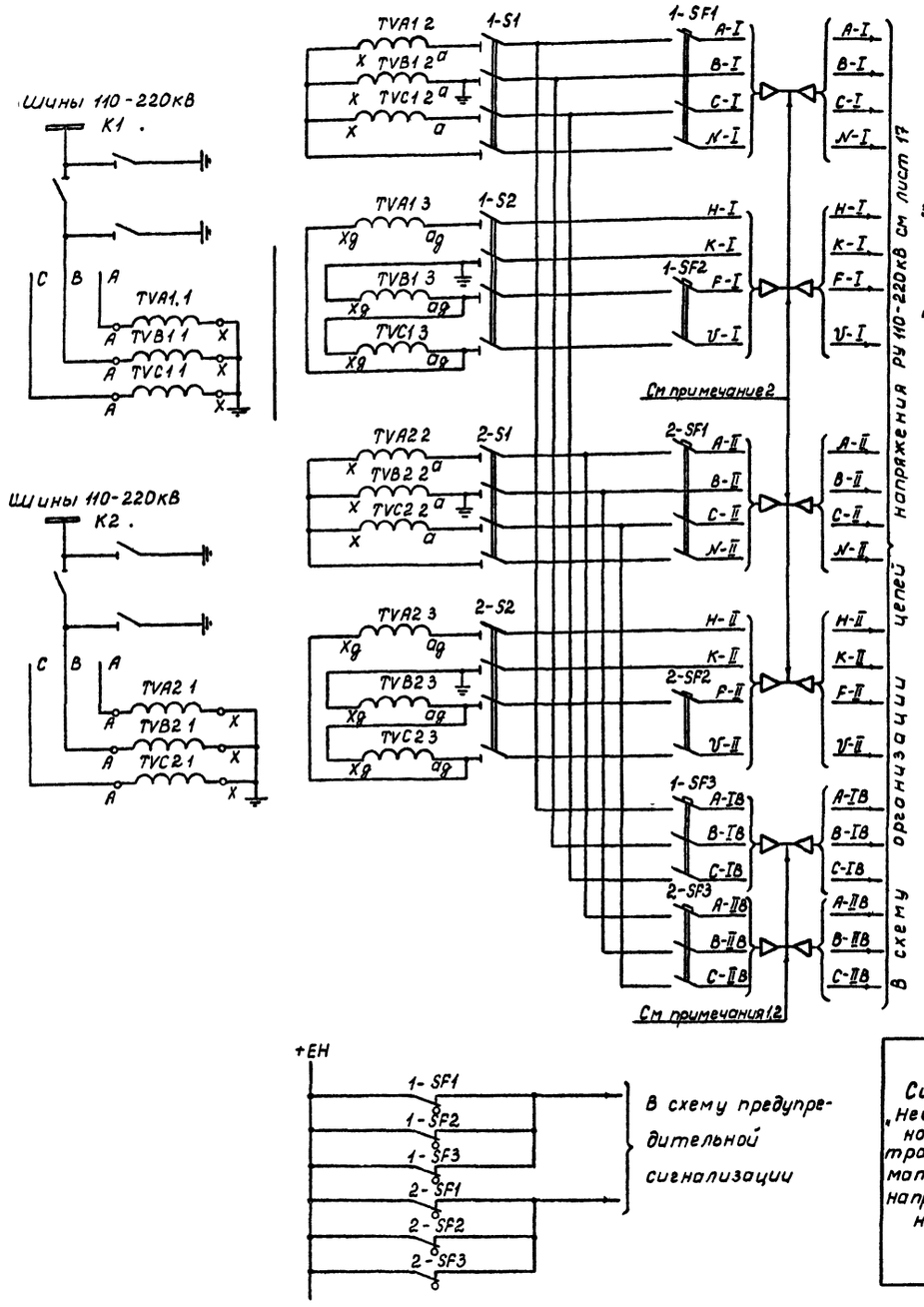
Стадия	Лист	Листов
РП	8	

ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988 г

Альбом 1

В № подл	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 СМ5-2-15-18)
3. В маркировку шин вместо „Ходятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ220кВ-Е, для РУ110кВ-G
4. Тип рубильников определяется при разработке полных схем

Перечень аппаратуры

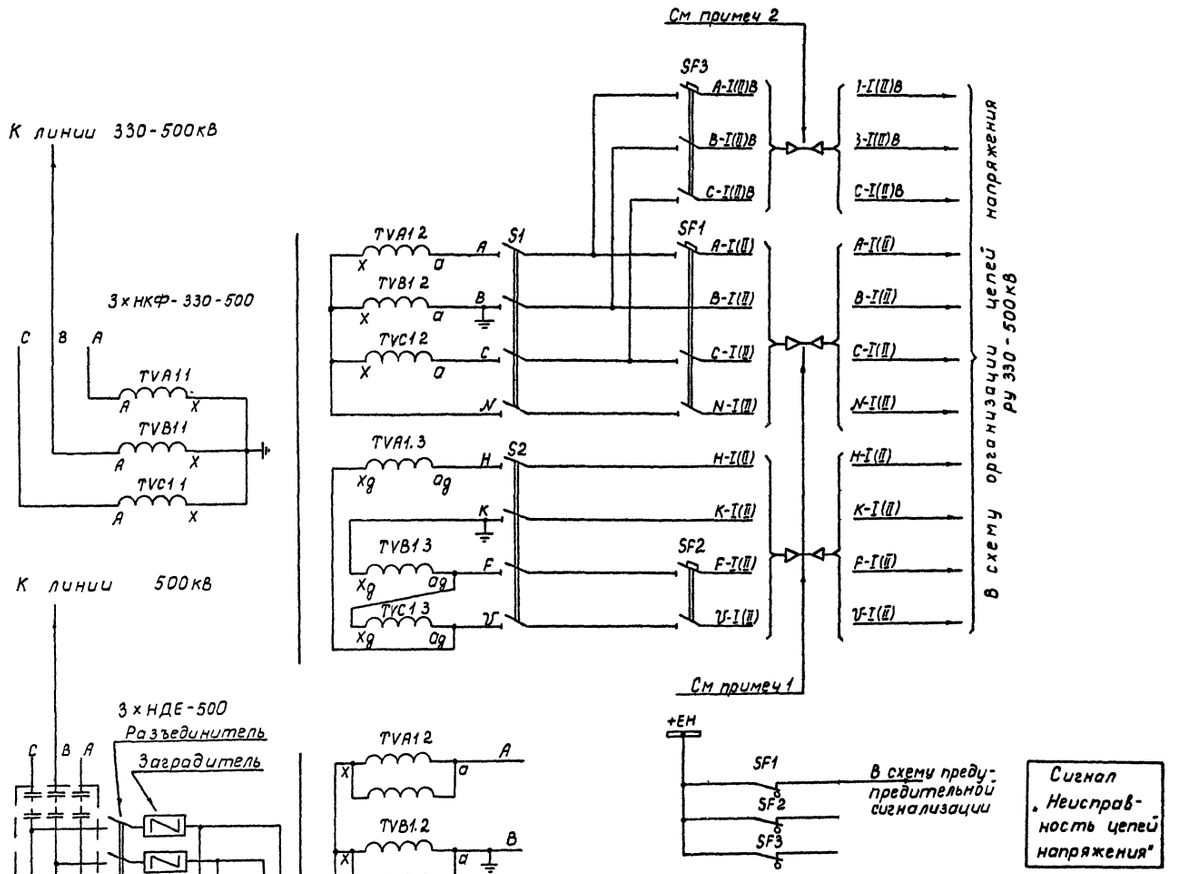
Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV1	1-S1,1--S2	Рубильник			2	См примеч 4
	1-SIF1	Выключатель	АП50Б-3мт	Jнр = 25А Jотс = 3,5Jнр ВК = 2П	1	
	1-SIF2	Выключатель	АП50Б-2мт	Jнр = 10А Jотс = 3,5Jнр ВК = 2П	1	Для НКФ-110
	1-SIF3	Выключатель	АП50Б-3мт	Jнр = 10А Jотс = 3,5Jнр ВК = 2П	1	Для НКФ-110
				Jнр = 6,3А Jотс = 3,5Jнр ВК = 2П	1	Для НКФ-220
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV2	2-S1,2--S2	Рубильник			2	см примеч 4
	2-SIF1	Выключатель	АП50Б-3мт	Jнр = 25А Jотс = 3,5Jнр ВК = 2П	1	
	2-SIF2	Выключатель	АП50Б-2мт	Jнр = 10А Jотс = 3,5Jнр ВК = 2П	1	Для НКФ-110
	2-SIF3	Выключатель	АП50Б-3мт	Jнр = 10А Jотс = 3,5Jнр ВК = 2П	1	Для НКФ-110
				Jнр = 6,3А Jотс = 3,5Jнр ВК = 2П	1	Для НКФ-220

ГИП	Шифрина		407-03-48487-ЭВ	
Нач отд	Мерзленкова		Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
Н контр	Хмелев			
Нач сект	Тумашов		Трансформатор напряжения 3×НКФ 110-220кВ на шинах 110-220кВ	Стадия: РП; Лист: 9; Листов:
Рук гр	Мизяева			
Инженер	Егорова		Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г
Ст техн	Хассанишина			

Инв № подл | Подпись и дата | Взам инв №

23388-01

Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиц. обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примечан.
Шкаф зажимов трансформатора напряжения	S1, S2	Рубильник			2	см примеч 4
	SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр=2,5А Iотс=3,5Iнр ВК=2П	1	Для НКФ
				Iнр=10А Iотс=3,5Iнр ВК=2П		Для НДЕ-500
	SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iнр=10А Iотс=3,5Iнр ВК=2П	1	Для НКФ-330
				Iнр=6,3А Iотс=3,5Iнр. ВК=2П		Для НКФ-500, НДЕ-500
	SF3	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр=6,3А Iотс=3,5Iнр ВК=2П	1	Для НКФ
				Iнр=2,5А Iотс=3,5Iнр		Для НДЕ-500

Примечания

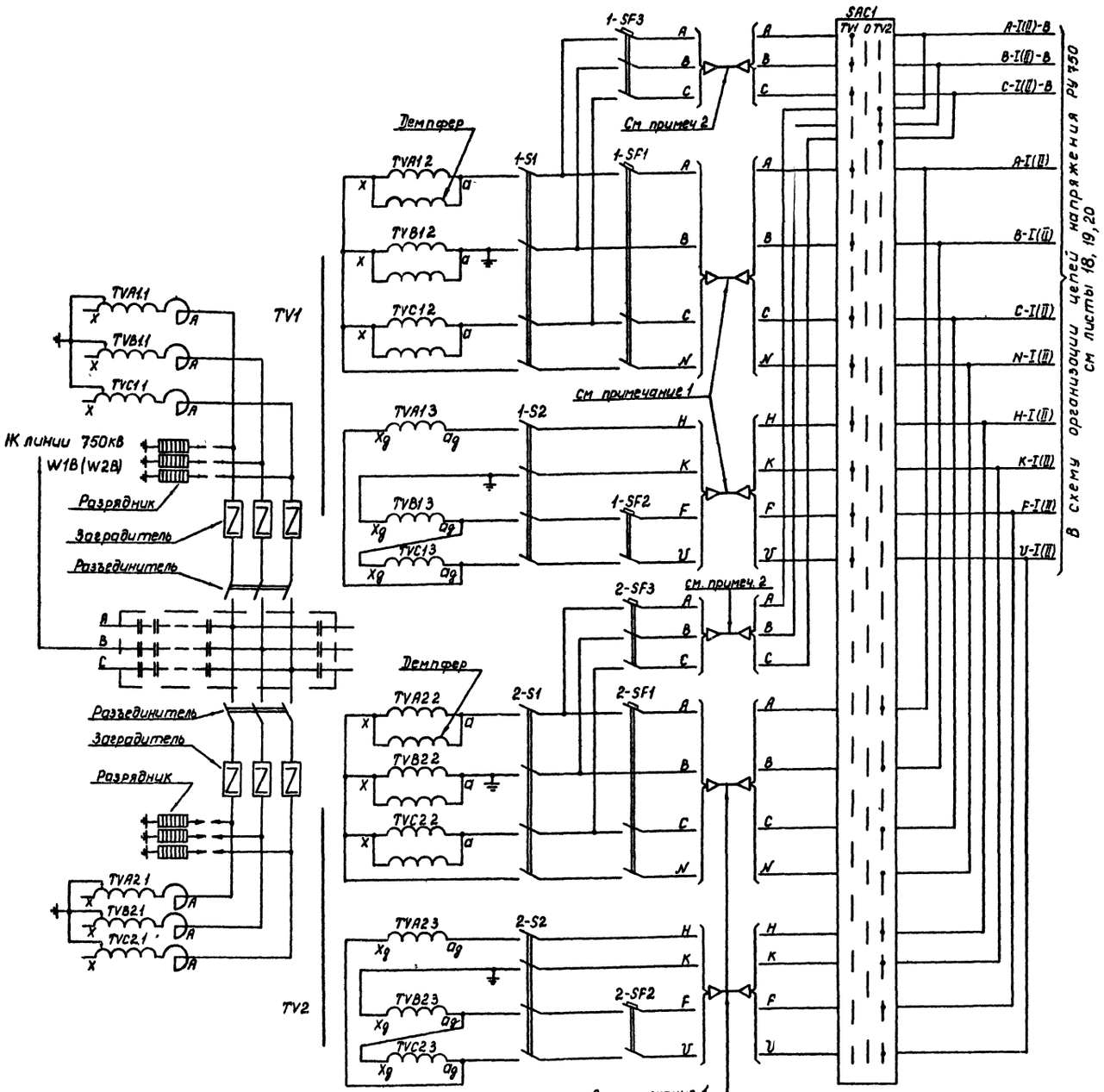
1. Определение сечения кабелей см приложение 5, график СМ5-2-20
2. Прокладка отдельного кабеля предусматривается для счетчиков расчетного учета линии в соответствии с данными по определению сечения кабелей, см приложение 5, график СМ5-2-19.
3. На ВЛ 500кВ устанавливается, как правило, один трансформатор напряжения, тип его (НКФ или НДЕ) определяется при конкретном проектировании. Установка второго трансформатора допускается при наличии соответствующего обоснования. Цепи напряжения при установке на линии 500кВ двух ТН аналогичны приведенным для линии 750кВ, см листы 11, 12.
4. Типы рубильников определяются при разработке полных схем.

				407-03-48487-ЭВ			
				Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
ГИП	Шифрина			Трансформаторы напряжения типа 3хНКФ-330-500, 3хНДЕ-500 на линиях 330-500кВ	Стадия	Лист	Листов
Нач.отд.	Мерзленков				РП	10	
Н.контр.	Хмелев						
Нач.сект.	Тимашов			Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г.		
Рук.гр.	Музяева						
Инженер	Егорова						

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

23388-01

Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиц. обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примечание
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV1	1-S1, 1-S2	Рубильник			2	см прим 3
	1-SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр=6,3А Iотс=3,5Iнр ВК=2П	1	
	1-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iнр=6,3А Iотс=3,5Iнр ВК=2П	1	
	1-SF3	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр=2,5А Iотс=3,5Iнр ВК=2П	1	
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV2	2-S1, 2-S2	Рубильник				
	2-SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр=6,3А Iотс=3,5Iнр ВК=2П	1	
	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iнр=6,3А Iотс=3,5Iнр ВК=2П	1	
	2-SF3	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр=2,5А Iотс=3,5Iнр ВК=2П	1	
Щит упр-ния	SAC1	Переключатель	ПКУ3-12Ж 1203		1	

Примечания

1 Определение сечения кабелей см приложение 5, графики СМ5-2-19-21

2 Прокладка отдельного кабеля предусматривается для счетчиков расчетного учета линиц в соответствии с данными по определению сечения кабелей, см приложение 5, график СМ5-2-19

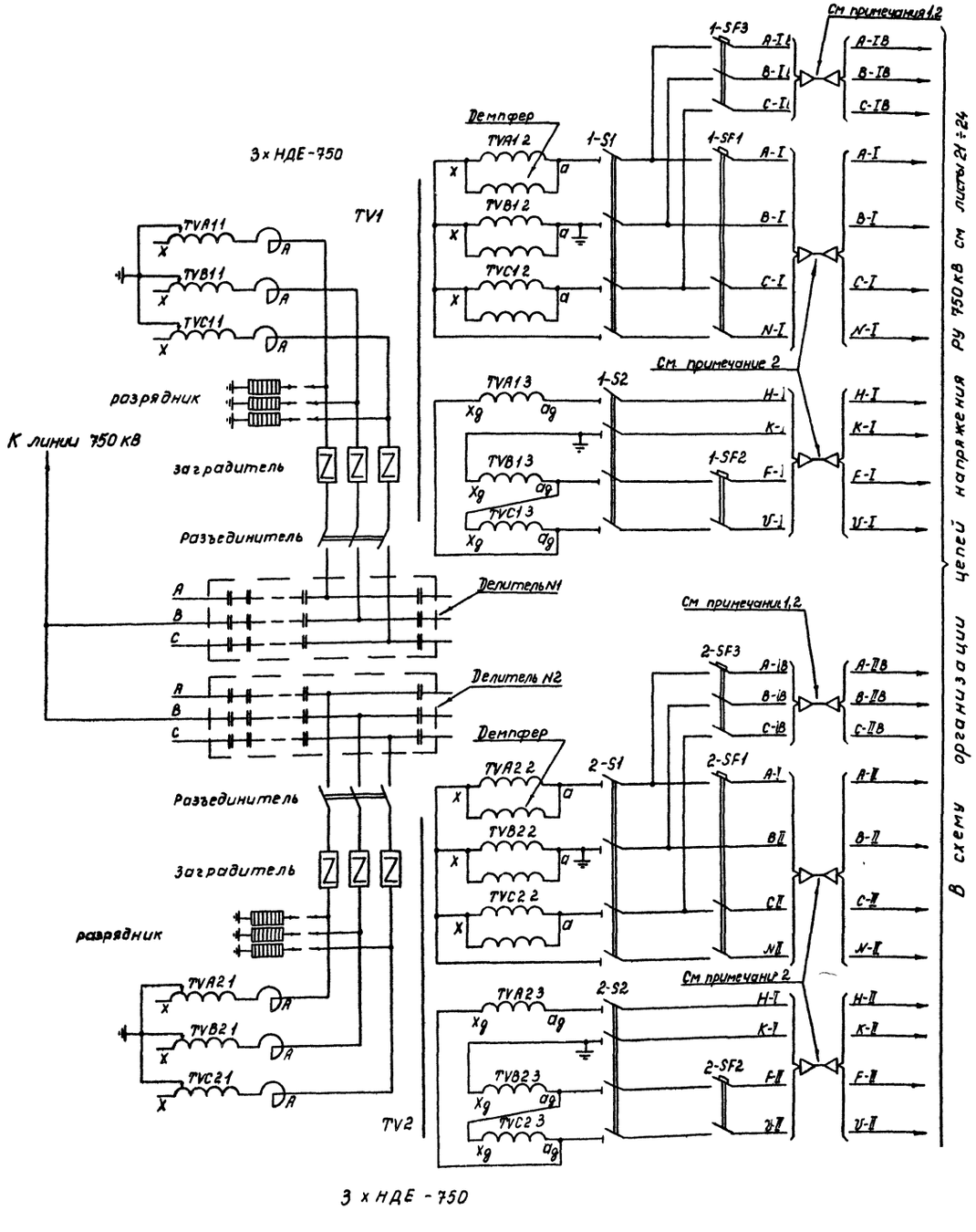
3 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

				407-03-48487-ЭВ			
				Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
ГИП	Шифрина			Трансформатор напряжения 3хНДЕ-750 на линии с одним комплектом конденсаторов связи	Стадия	Лист	Листов
Нач.отд	Мерзленкова				РП	11	
Н.контр	Ухмелев						
Нач.сект	Тумашов			Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г		
Рук.гр	Мизяева						
Инженер	Егорова						

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

23388-01

Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позицион. обозначен. по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примечан
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV1	1-S1, 1-SS2	Рубильник			2	см примеч 3
	1-SF11	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр = 6,3 А Iотс = 3,5 Iнр ВК = 2П	1	
	1-SF22	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iнр = 6,3 А Iотс = 3,5 Iнр ВК = 2П	1	
	1-SF33	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр = 2,5 А Iотс = 3,5 Iнр ВК = 2П	1	
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV2	2-S1, 2-SS2	Рубильник			2	см примеч 3
	2-SF11	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр = 6,3 А Iотс = 3,5 Iнр ВК = 2П	1	
	2-SF22	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iнр = 6,3 А Iотс = 3,5 Iнр ВК = 2П	1	
	2-SF33	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр = 2,5 А Iотс = 3,5 Iнр ВК = 2П	1	

Примечания

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

ГИП	Шифрина		
Нач отд	Мерзленкова		
Н.контр	Хмелев		
Нач сект	Тумашов		
Рук гр	Миззяева		
Инженер	Егорова		

407-03-48487-ЭВ

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше

Трансформатор напряжения 3х НДЕ-750 на линии с двумя комплектами конденсаторов связи

Стадия	Лист	Листов
РП	12	

Схема электрическая принципиальная

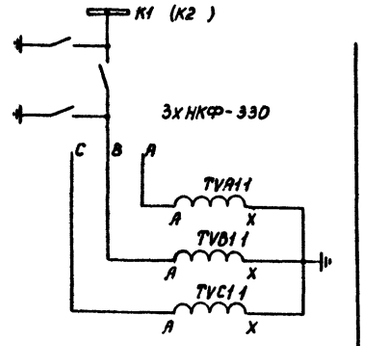
ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988 г

Инв № подл | Подпись и дата | Взам инв №

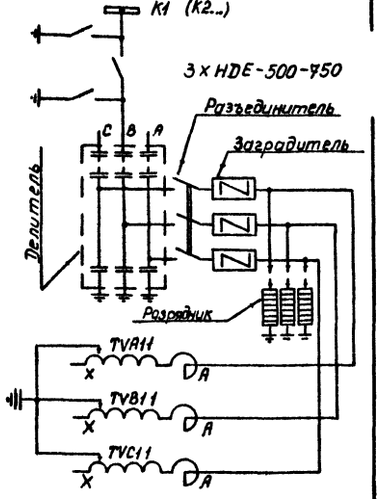
23388.01

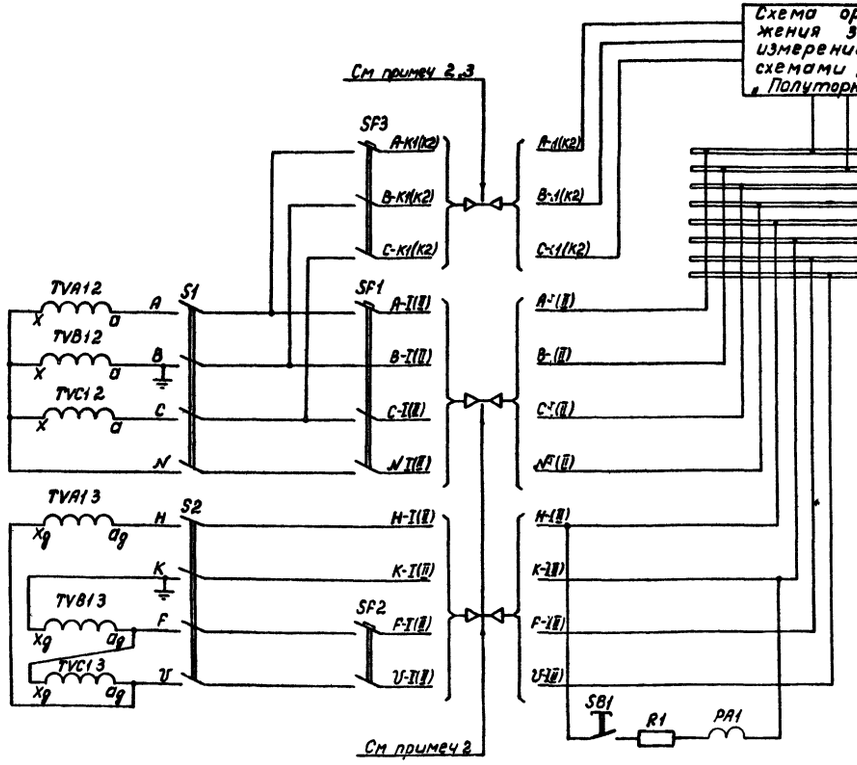
Альбом 1

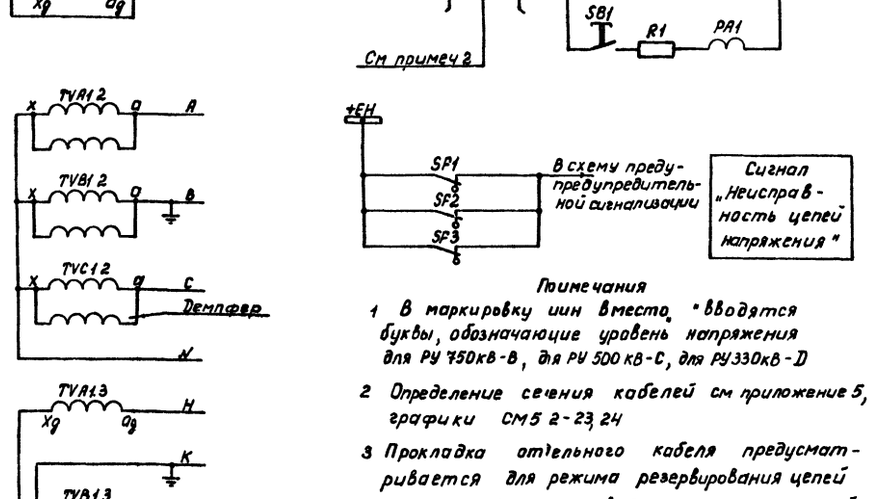
Шины РУ 330кВ со схемами „Трансформаторы-шины, „Полуторная"



Шины РУ 500-750кВ со схемами „Трансформаторы-шины, „Полуторная"







В схему предупредительной сигнализации

Сигнал „Неисправность цепей напряжения"

Перечень аппаратуры

Место установки	Позиц обознач по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примечан
Шкаф зажимов трансформатора напряжения	S1, S2	Рубильник			2	см прим 4
	SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр = 25А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П	1	Для НКФ-330
				Iнр = 16А Iотс = 3,5 Iнр ВК = 2П		Для НDE-500
				Iнр = 10А Iотс = 3,5 Iнр ВК = 2П		Для НDE-750
	SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Iнр = 10А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П	1	Для НКФ-330
				Iнр = 6,3А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П		Для НDE-500-750
	SF3	Выключатель	АП50Б-3МТ	Iнр = 6,3А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П	1	Для НКФ-330
				Iнр = 2,5А Iотс = 3,5Iнр ВК = 2П		Для НDE 500-750
Щит управления	P1A1	Миллиамперметр	Э-8021	0÷100мА	1	
	R1	Резистор	С5-35В25	150 Ом ±10%	1	
	S1.B1	Кнопка	КЕ-011	исп 2	1	

Примечания

1 В маркировку цин вместо * вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 750кВ-В, для РУ 500 кВ-С, для РУ330кВ-D

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

ГИП	Шифрина		
Нач отд	Мерзляенкова		
Н контр	Хмелев		
Нач сект	Тумашов		
Рук гр	Мизяева		
Инженер	Егорова		

407-03-48487-ЭВ

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и Выше

Трансформаторы напряжения типа 3хНКФ-330, 3хНDE-500-750кВ на шинах 330-750кВ

Стадия	Лист	Листов
РП	13	

Схема электрическая принципиальная

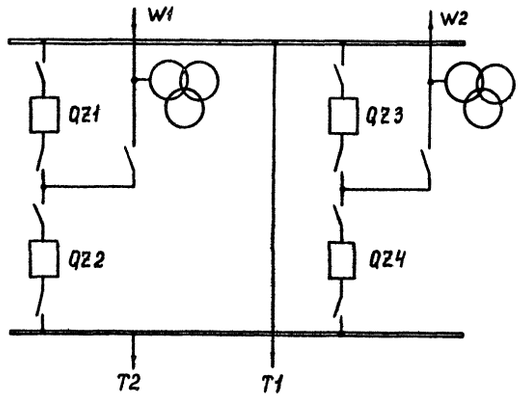
ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ

Инв № подл | Подпись и дата | Взам инв №

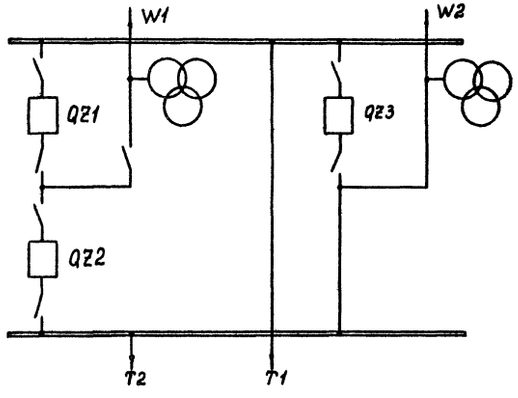
23788-01

Альбом 1

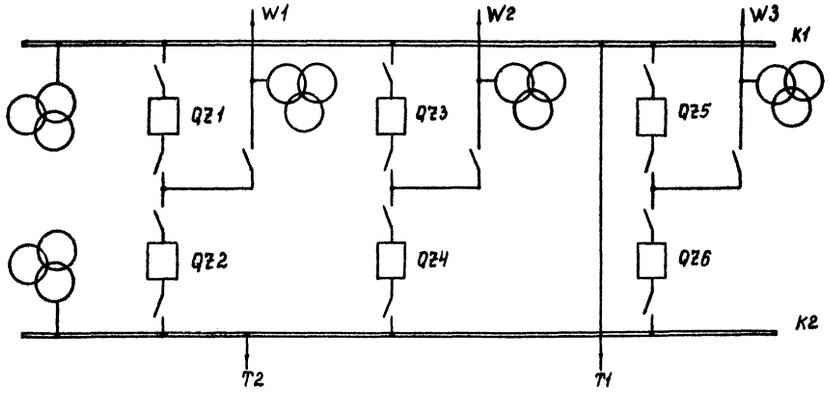
„Четырехугольник" 220-750 кВ



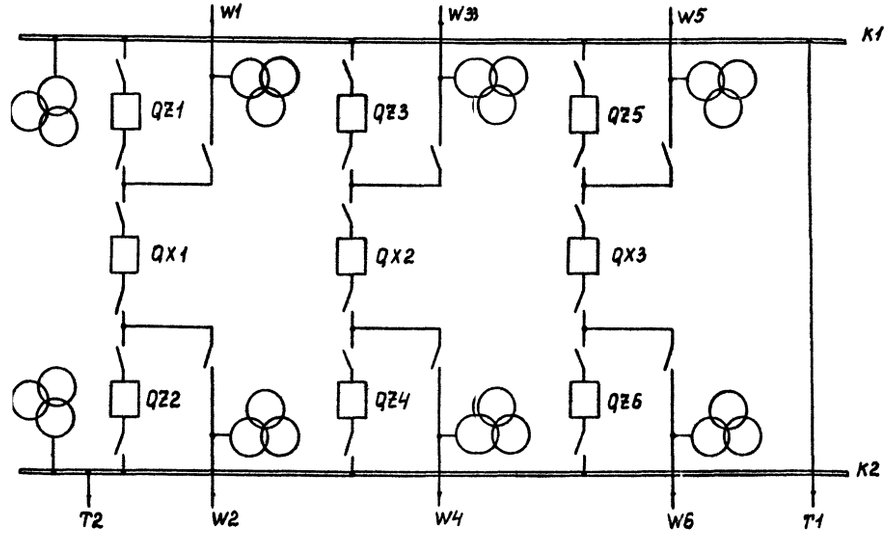
„Треугольник" 220-750кВ



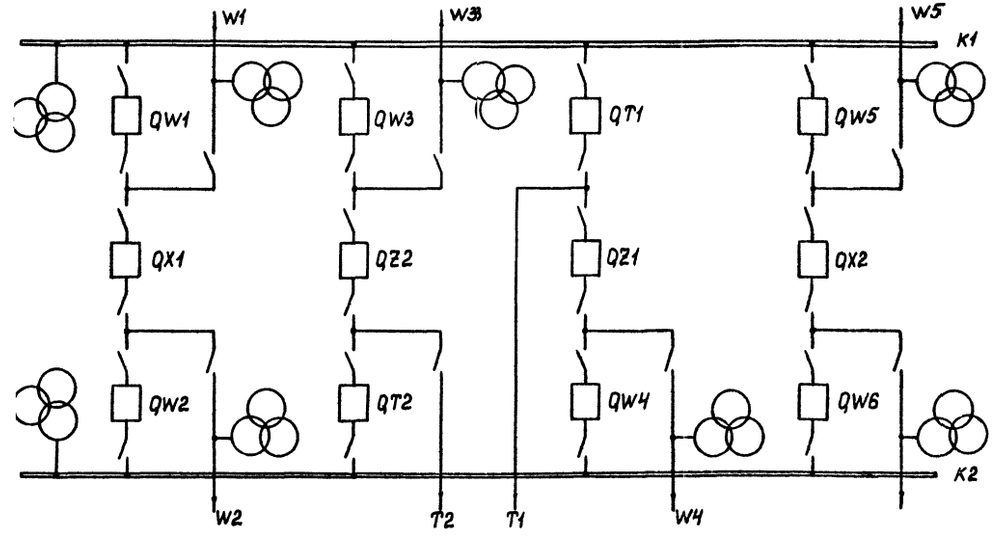
„Трансформаторы-шины" с присоединением линий через два выключателя 330-750кВ



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



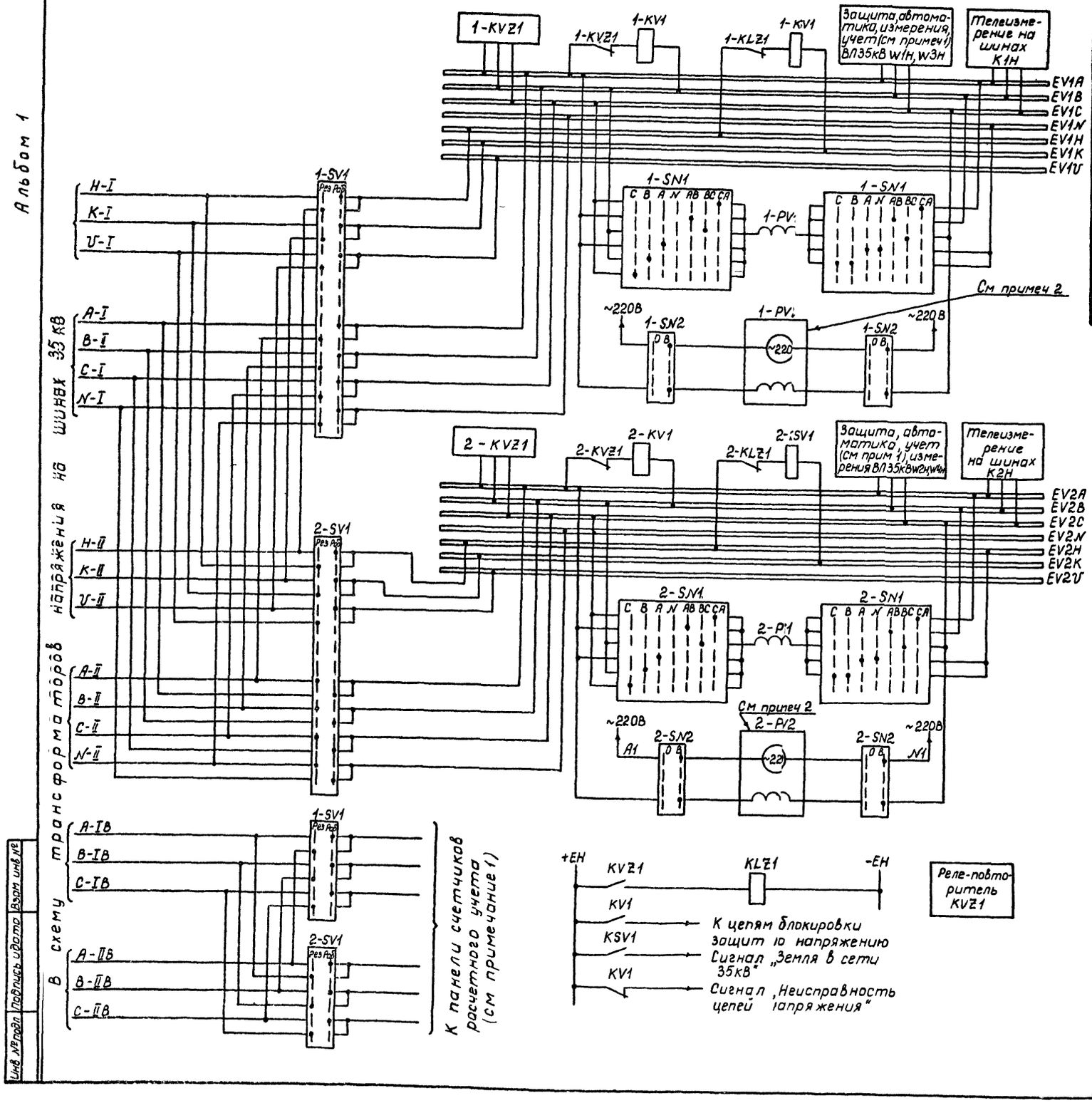
„Полуторная" 330-750кВ



				407-03-48487-38	
				Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
ГИП	Шиффрина			Поясняющие схемы РУ 330-750кВ	Стадия: РП; Лист: 14; Листов:
Нконтр	Хмеелев				
Нач.сект	Тумашов				
Рук.гр	Мизяева			Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Воронежское отделение 1988 г.
Ст.техн	Хасаншина				

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

Альбом 1



В схему трансформаторов напряжения на шинах 35 кВ

Инв № подл | Подпись и дата | Взам инв № | Инв № дубл | Подпись и дата

Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примеч
Щит управления	1-KSV1, 2-KSV1	Реле напряжения	РН-153/60Д		2	
	1-1KV1, 2-1KV1	Реле напряжения	РН-154/160		2	
	1-KVZ1, 2-KVZ1	Фильтр-реле напряжения обратной последовательн.	РНФ-1М		2	
	1-1KLZ1, 2-1KLZ1	Реле промежуточное	РП-18		2	
	1-PV1, 2-1PV1	Вольтметр	Э-365		2	
	1-1PV2, 2-1PV2	Вольтметр регистрирующий	Н-344		2	См примеч 2
	1-SN2, 2-SN2	Переключатель	ПМОФ90-111111/I-Д42		2	См примеч 2
	1-SN1, 2-SN1	Переключатель	ПМОФ45-334466/I-Д27		2	
	1-SV1, 2-SV1	Переключатель	ПКУ3-12Ж 1203		2	

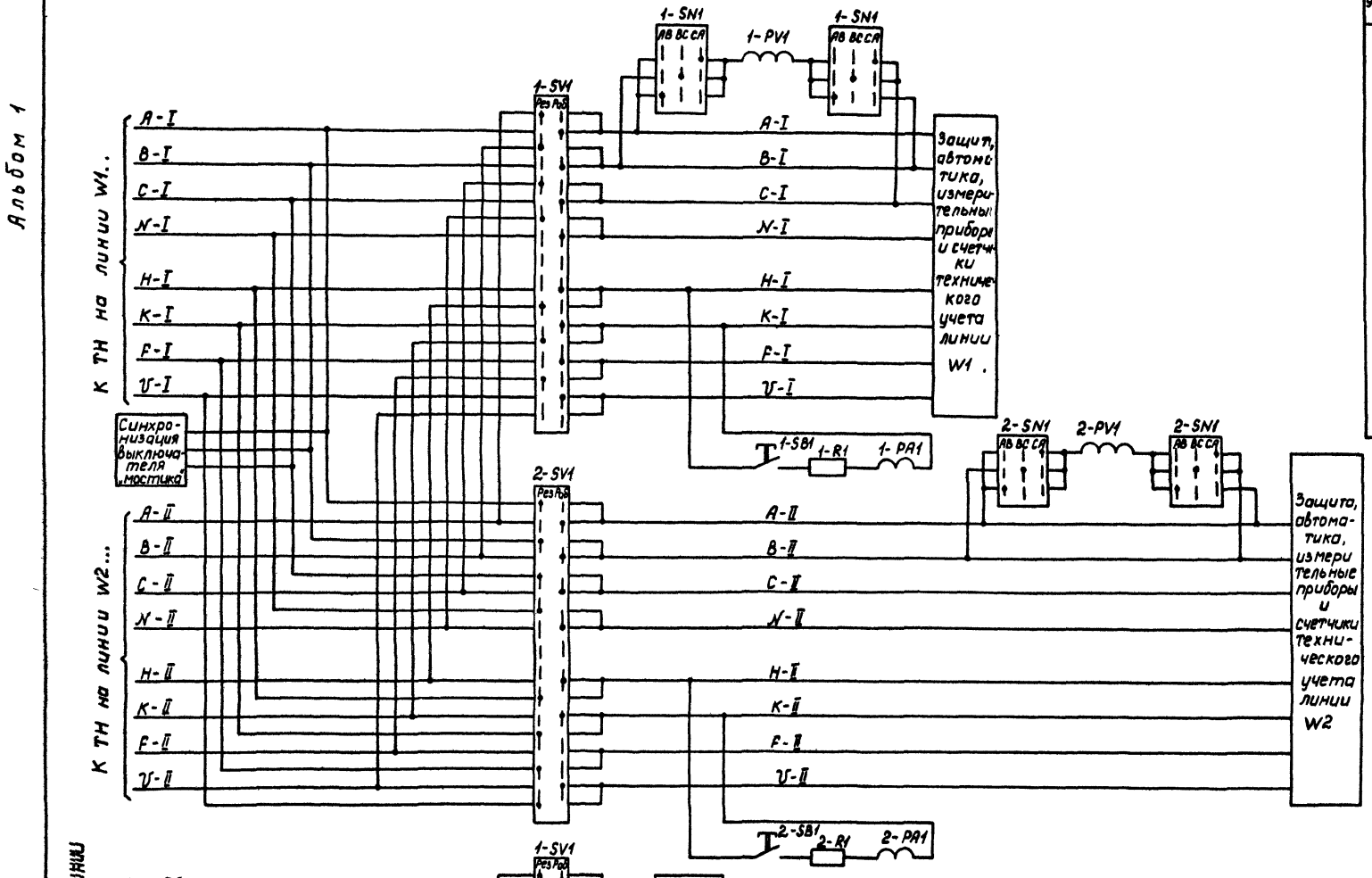
Примечания

1 Целесообразность прокладки отдельного кабеля к счетчикам расчетного учета определяется по графикам СМ5-2-6-8, приложение 5.

2 Регистрирующий вольтметр PV2 и переключатель SN2 предусматриваются в контрольных точках, по которым ведется режим энергосистем

			407-03-484.87-ЭВ
			Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше
ГИП	Шифрина		Организация цепей напряжения РУ 35кВ
Нач отд	Мерзлякова		Стадия: РП; Лист: 15; Листов:
Н контр	Хмелев		Схема электрическая принципиальная
Нач сект	Колесникова		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1982 г
Рук гр	Мизяева		
Чертежн	Гусева		

Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Щит управления	1-PA1, 2-PA1	Миллиамперметр	Э-8021	0 ÷ 100 mA	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/I-Д1		2	
	1-SV1, 2-SV1	Переключатель	ПКУ3-12Ж1203		2	

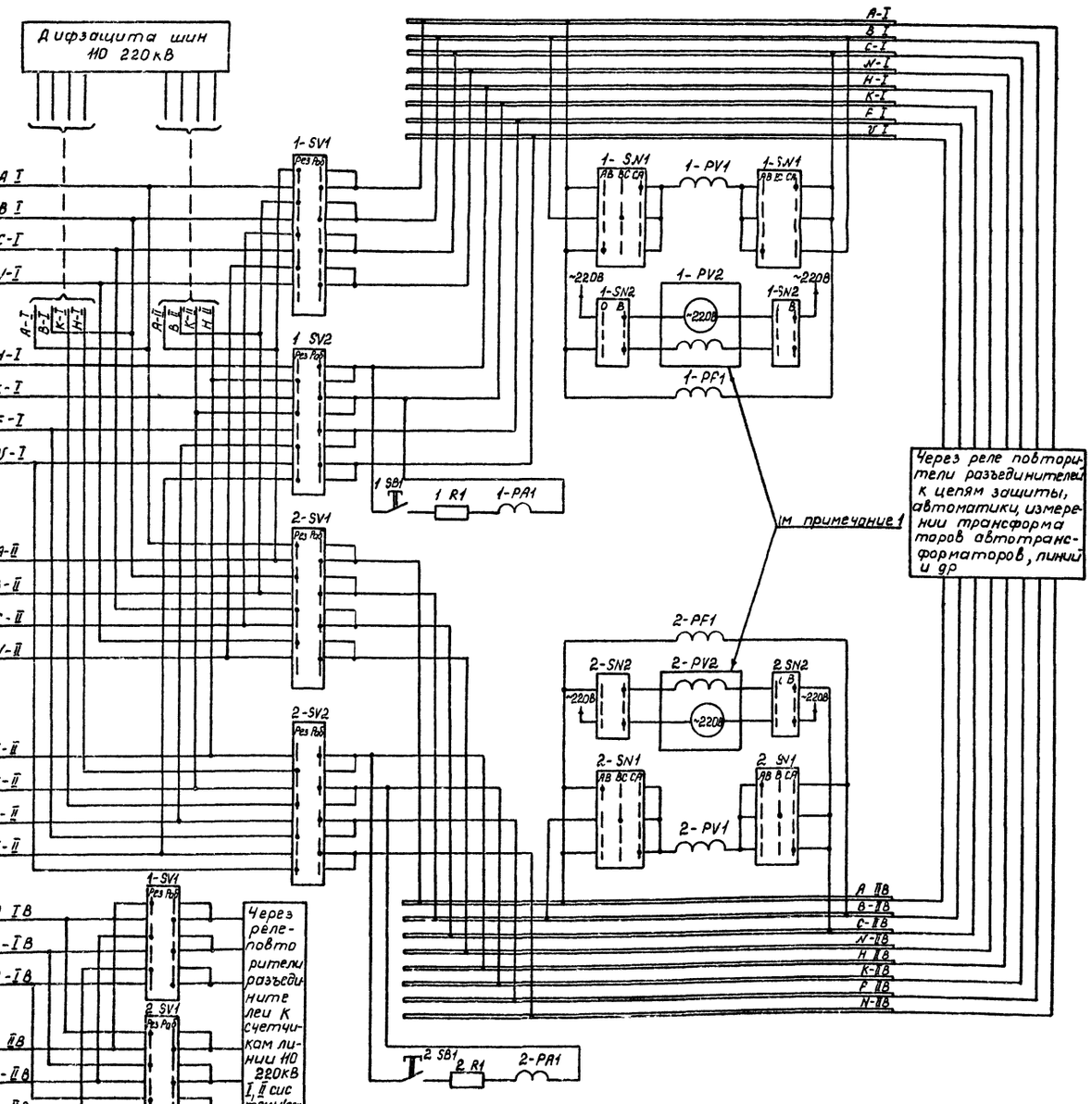
Примечание В маркировку линий вместо ... вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 220 кВ-Е, РУ 110 кВ-G

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

		407-03-48487-ЭВ	
		Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше	
ГИП	Шифрина	Организация цепей напряжения РУ 110-220 кВ со схемой „мостик"	Стадия: РП; Лист: 16; Листов:
Нач. отд.	Мерзлякова		
Н. контр.	Хмелев		
Нач. сект.	Тумашов	Схема электрическая принципиальная	Энергоэлектропроект, Горьковское отделение, 1988 г.
Рук. гр.	Мизяева		
Инженер	Егорова		
Ст. техн.	Хасаншина		

23388-01

Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиция обознач по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Щит управления	1-PA1, 2-PA1	Миллиамперметр	Э-8021	0÷100 mA	2	
	1-PF1, 2-PF2	Частотомер	Э-372		2	
	1-PV1, 2-PV1	Вольтметр	Э-365	кВ	2	
	1-PV2, 2-PV2	Вольтметр	Н-393	кВ	2	
	1-R1, 2-R1	Резистор	С5-35В25	150Ом ± 10%	2	
	1-SB1, 2-SB1	Кнопка	КЕ-011	исп 2	2	
	1-SV1, 2-SV1	Переключатель	ПКУ3-12ж 8012		2	
	1-SV2, 2-SV2	Переключатель	ПКУ3-12ж 4037		2	
	1-SN1, 2-SN1	Переключатель	ПМОФ45-112222/Ī-Д1		2	
	1-SN2, 2-SN2	Переключатель	ПМОФ90-1111Н/Ī-Д42		2	

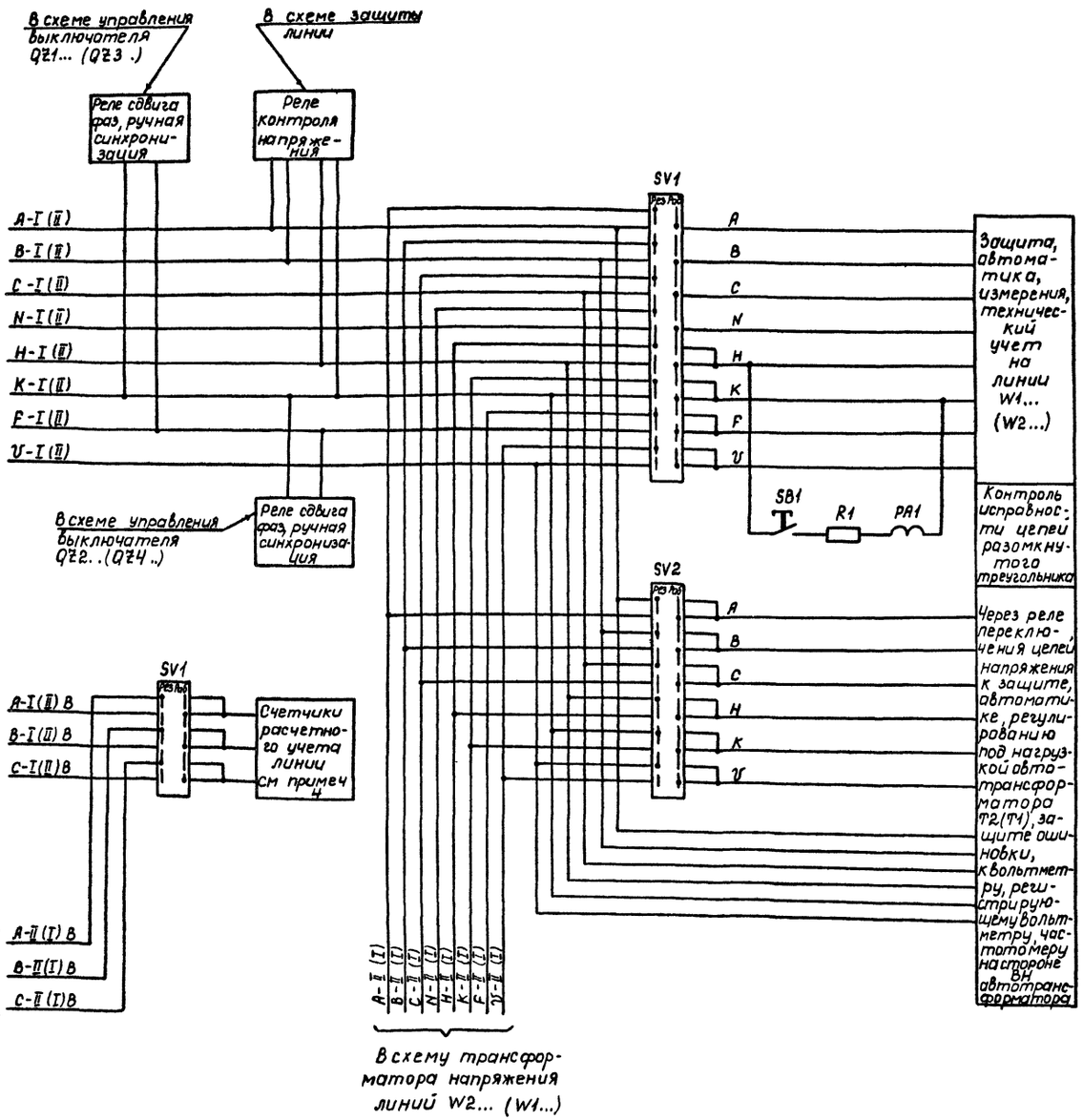
Примечания 1 Регистрирующие вольтметры предусматриваются на сборных шинах узловых подстанций, от которых отходят межсистемные линии и линии с двухсторонним питанием
Частотомеры устанавливаются при необходимости точной (ручной или полуавтоматической) синхронизации
2 В маркировку шин вместо „ " вводятся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

			407-03-48487-ЭВ
			Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше
ГИП	Шифрина		Организация цепей напряжения РУ 110-220кВ с двумя системами шин
Нач отд	Мерзленкова		Стадия: РП; Лист: 17; Листов:
Н контр	Хмелев		Схема электрическая принципиальная
Нач сект	Тимашов		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г
Рук гр	Мизяева		
Инженер	Егорова		

Инв.№ подл | Подпись и дата | Взам инв.№

23388-01

Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Щит управления	PA1'	Миллиамперметр	Э-8021	0 .. 100mA	1	
	R11	Резистор	С5-35В25	1500м ± 10%	1	
	SB11	Кнопка	КЕ-011	исп 2	1	
	SV'1	Переключатель	ПКУ3-12Ж 1203		1	
	SV'2	Переключатель	ПКУ3-12Ж 6001		1	

Примечания

1 Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы РУ „Четырехугольник", „Треугольник"
Поясняющую схему см лист 14

2 Резервирование питания нагрузки цепей напряжения линии производится от ТН другой линии

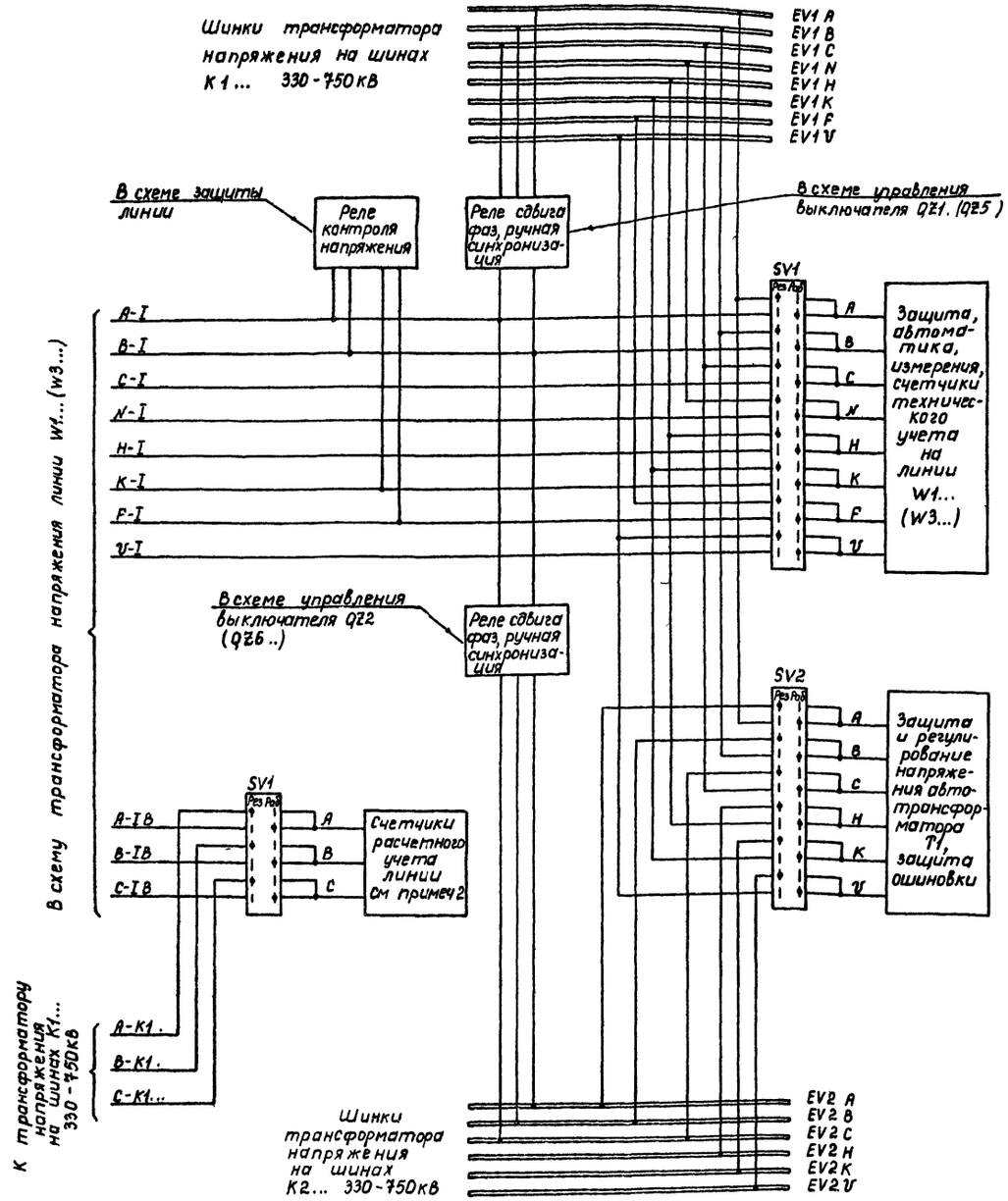
3 Питание цепей напряжения автотрансформаторов Т1, Т2 выполняется от ТН линий через реле переключения цепей напряжения в зависимости от включенного положения выключателей QZ1..., QZ3, QZ2.. , QZ4... .

4 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечений, см приложение 5, графики СМ5-2-19÷23

5 В маркировку шин, линий, выключателей вместо „..." вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 750кВ - В, 500кВ-С; 330кВ-D, 220кВ-Е

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

			407-03-484.87-ЭВ
			Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше
ГИП	Шифрина		
Нач.отд	Мерзленкова		Организация цепей напряжения РУ 220-750кВ по схеме „Четырехугольник" и „Треугольник"
Н.контр	Хмелев		Стадия: РП; Лист: 18; Листов:
Нач.сект	Румянцев		
Рук.гр	Мызяева		Схема электрическая принципиальная
Инженер	Егорова		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1983г



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Щит управления	S1V1	Переключатель	ПКУ3-12Ж1203		1	
	SW2	Переключатель	ПКУ-12Ж6001		1	

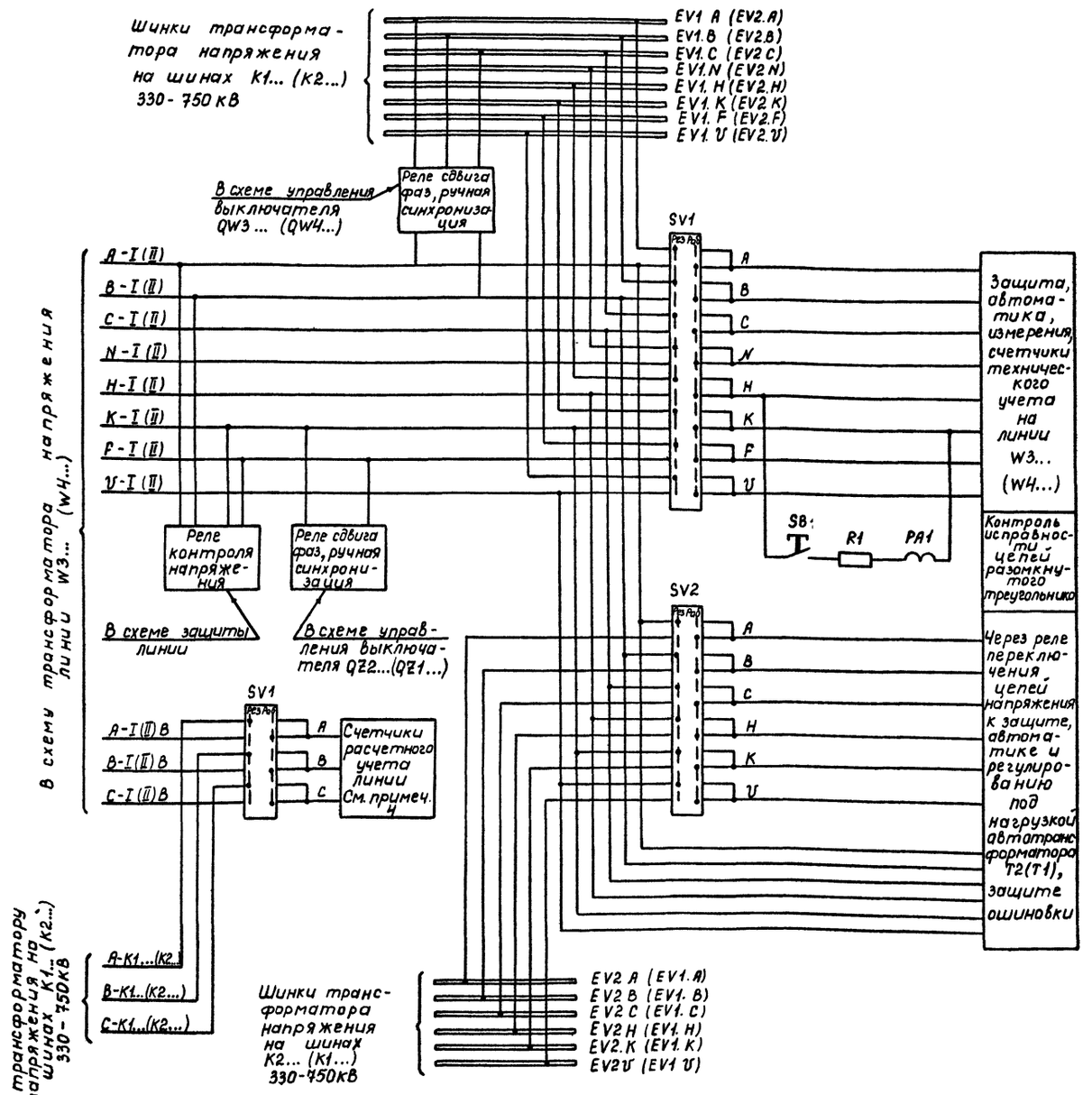
Примечания

1. Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы РУ 330-750 кВ „Трансформаторы-шины" для линий с нечетными номерами W1..(W3..) и трансформатора T1 при присоединении линии через два выключателя. Для схемы „Трансформаторы-шины с полуторным присоединением" линий маркировка выключателей QZ2..(QZ6..) заменяется на QX1...(QX2...) соответственно с подачей цепей напряжения „A", „B", „C" 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 шинок EV1 на EV2 для подачи резервного питания цепей напряжения на устройства защиты, автоматики и др
Для автотрансформатора T2 подачу рабочего питания выполнить от шинок EV2..., а для резервирования - от шинок EV1..... Изменения в маркировке выключателей следует выполнить в соответствии 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, графики СМ5-2-19,20
3. В маркировку шин, линий, выключателей вместо ... " вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения: для РУ 750кВ - В, 500кВ - С, 330кВ - D

				407-03-48487-ЭВ		
				Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше		
ГИП	Шифрина					
Нач отд	Мерзленкова			Организация цепей напряжения РУ 330-750кВ по схеме „Трансформаторы-шины"	Стадия: РП	Лист: 19
Н контр	Хмелев					Листов:
Нач сект	Тумашов			Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988 г	
Рук гр	Мизяева					
Инженер	Егорова					
Ст техн	Маслова					

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Альбом 1



Перечень аппаратуры

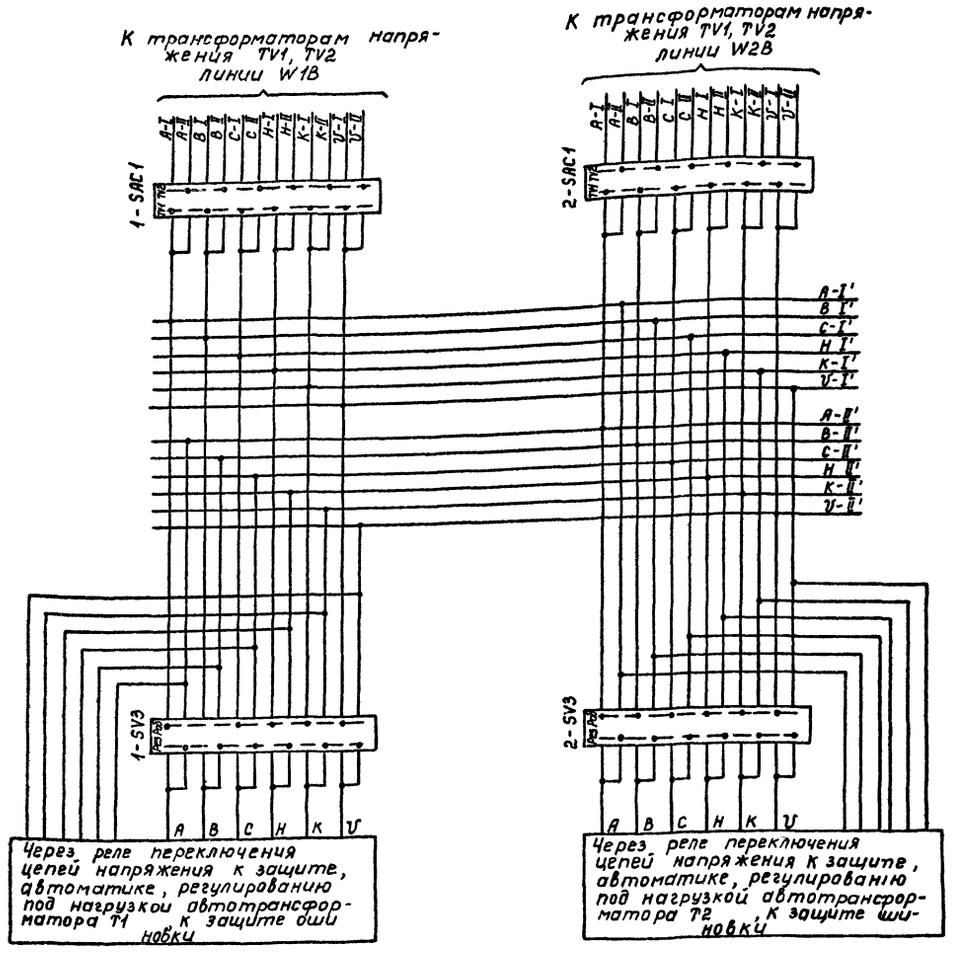
Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Щит управления	PA1	Миллиамперметр	Э-8021	0... 100мА	1	
	R1	Резистор	С5-35В25	1500м ± 10%	1	
	SSB1	Кнопка	КЕ-011	исп. 2	1	
	SSV1	Переключатель	ПКУ3-12Ж 1203		1	
	SSV2	Переключатель	ПКУ3-12Ж 6001		1	

Примечания

1. Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы моста „линия W3... (W4...) – автотрансформатор Т2(Т1).
   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. К1... (К2...).
3. Питание цепей напряжения автотрансформаторов Т2(Т1) 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 - D.

			407-03-484.87-ЭВ	
			Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
ГИП	Шифрина		Организация цепей напряжения РУ330-750кВ по схеме Полуторная*	Стадия: РП; Лист: 20; Листов:
Нач.отд	Мегрэленкова			
Н.контр	Хмелев			
Нач.сект	Тумашов			
Рук.гр	Мешяева		Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Харьковское отделение 1988г.
Инженер	Егорова			

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№



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 100mA	4	
	1 R1, 1-R2, 2 R1, 2 R2	Резистор	С5-35В25	1500м ± 10%	4	
	1 SB1, 1 SB2, 2 SB1, 2 SB2	Кнопка	КЕ-011	исп 2	4	
	1- SV1, 2 - SV1	Переключатель	ПКУ3-12Ж1203		2	
	1- SV2, 2 - SV2	Переключатель	ПКУ3-12Ж8012		2	
	1 SV3, 2 SV3, 1-SAC1, 2-SAC1	Переключатель	ПКУ3-12Ж6001		4	

Примечания

1 Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы РУ 750кВ „Четырехугольник", „Треугольник" при установке на линиях двух комплектов трансформаторов напряжения
Поясняющую схему РУ 750кВ см лист 14

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

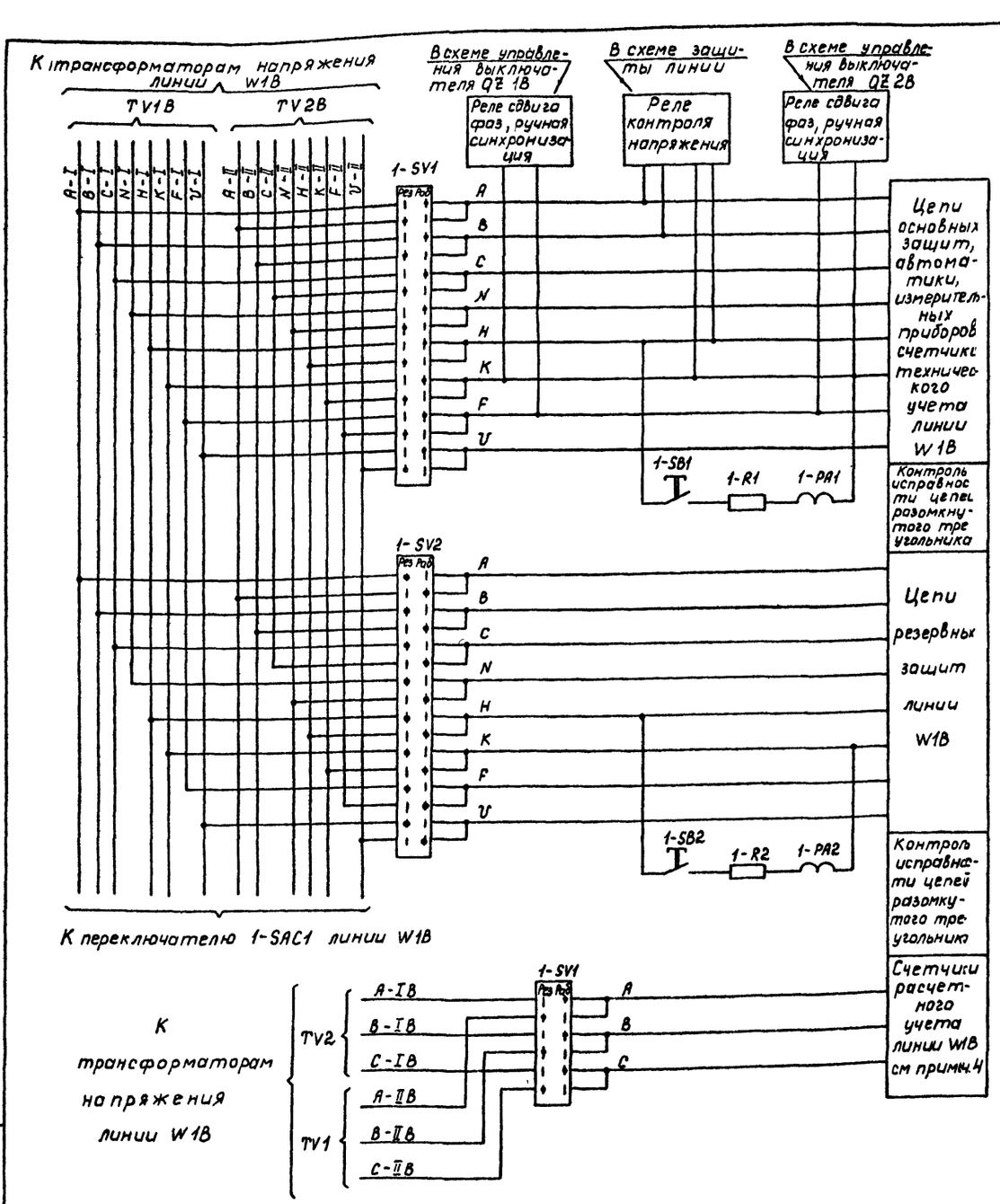
3 Цепи напряжения автотрансформатора T1(T2) в рабочем режиме питаются от ТН линии W1B(W2B) по выбору от TV1 либо TV2 через переключатель 1-SAC1 (2-SAC1) Резервирование цепей напряжения автотрансформатора T1(T2) осуществляется от ТН линии W2B(W1B) через переключатель 1-SV3 (2-SV3) и реле переключения цепей напряжения

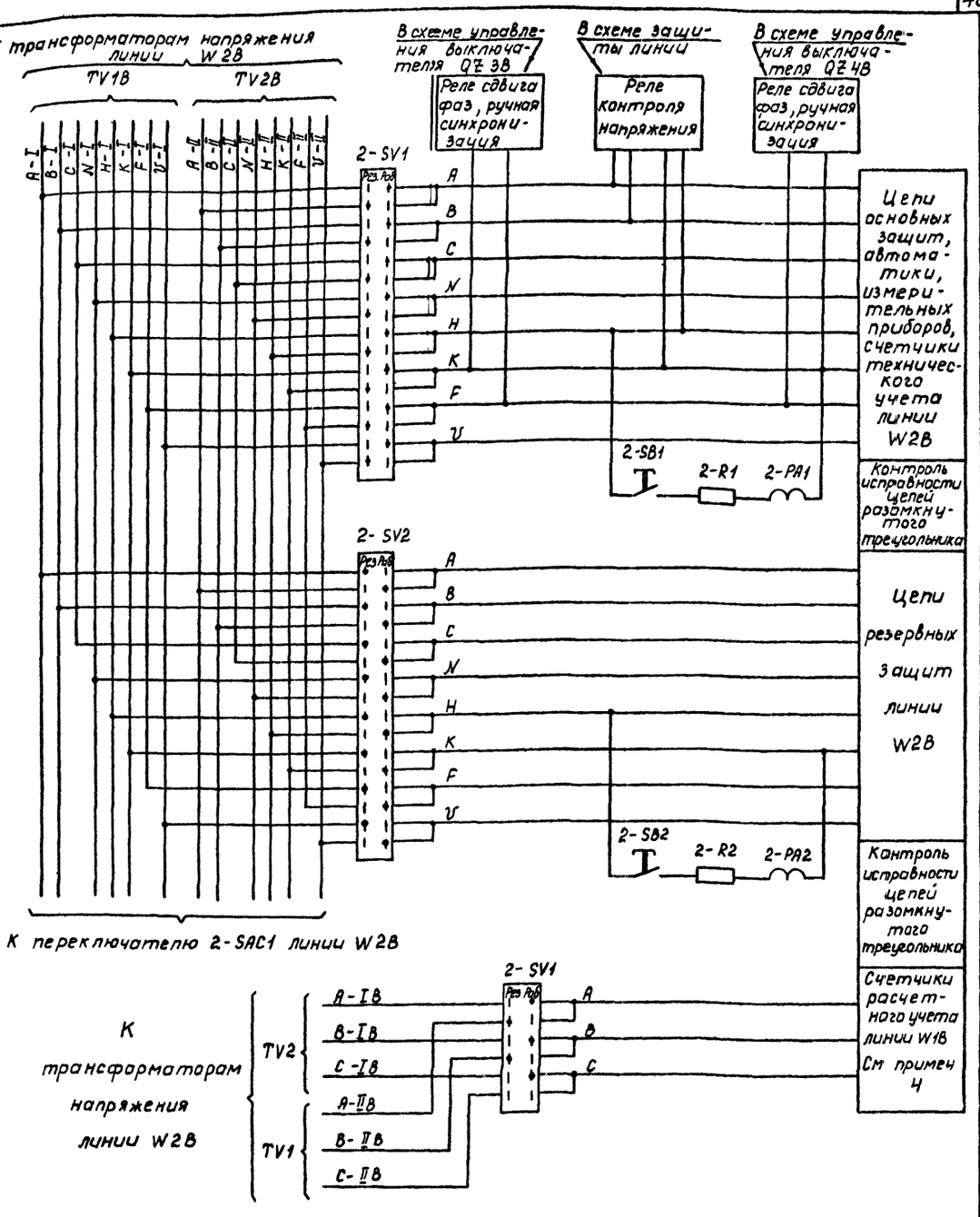
4 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечения кабелей, см приложение 5, графики СМ5-22-19,20

				407-03-48487-ЭВ		
				Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше		
ГИП	Шифрина			Организация цепей напряжения РУ 750кВ по схеме Четырехугольник Треугольник при двух комплектах ТН на линии	Стадия	Лист	Листов
Нач отд	Мегерзлен ова				РП	21	
Н конт	Хімелев						
Нач сект	Тзумашов						
Рук гр	Мизяева			Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 19832		
Ст техн	Заслова						

Инв № подл | Подпись и дата | Взам инв №

Альбом 1



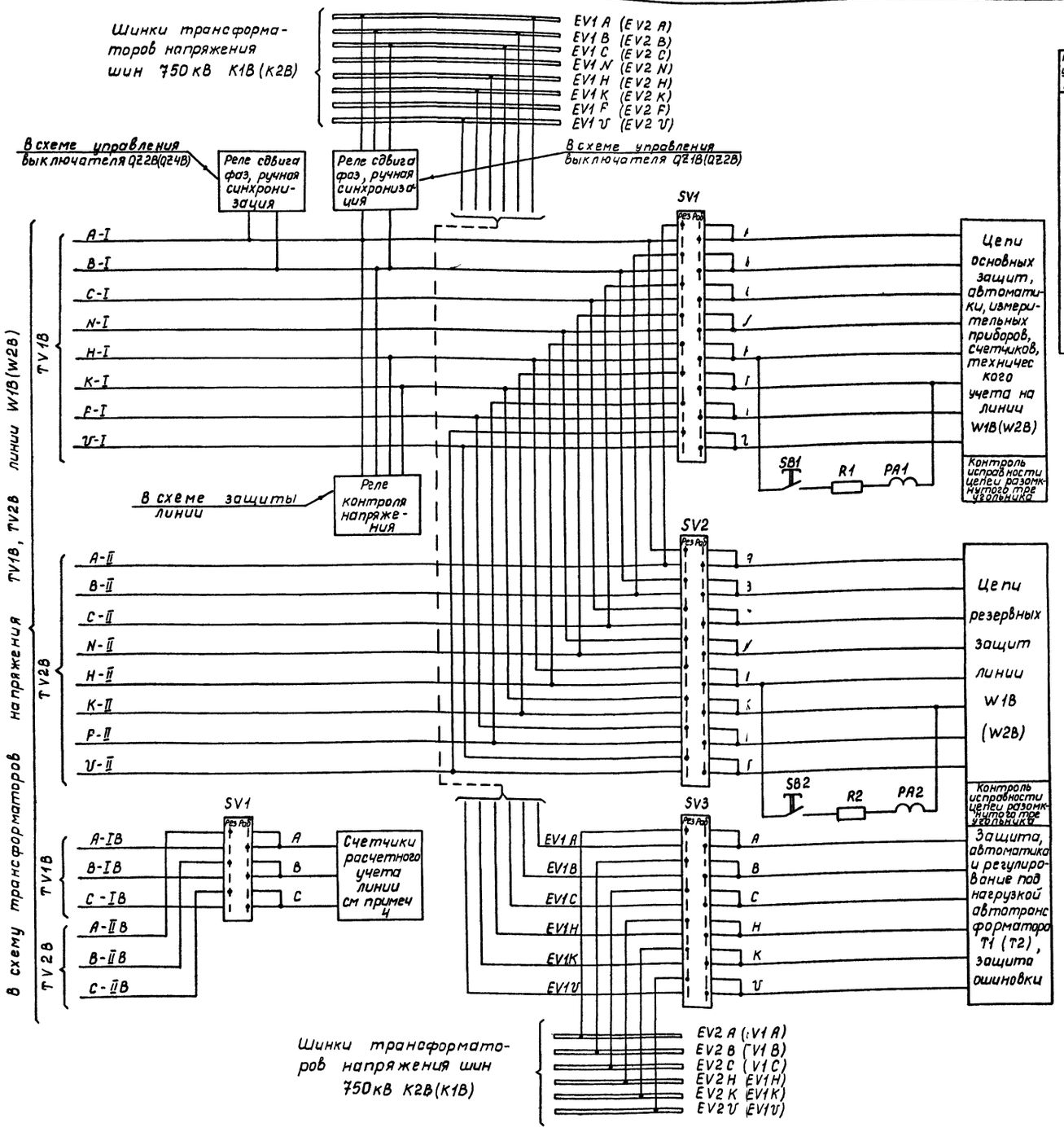


Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

				407-03-48487-ЭВ	
				Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
ГИП	Шишфрина			Организация цепей напряжения ру 750кВ по схеме „Четырехугольник", „Треугольник" при 2х комплектах ТН на линии	Стадия: РП; Лист: 22; Листов:
Нач.отд	Морозенкова				
Н.контр	Хмелев				
Нач.сект	Тумашов				
Рук.гр	Мизяева			Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г
Констр.	Егорова				

23388 01

Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Щит управления	PA1, PA2	Миллиамперметр	Э-8021	0 100мА	2	
	R1, R2	Резистор	С5-35В25	1500м ± 10%	2	
	SB1, SB2	Кнопка	КЕ-011	исп 2	2	
	SV1	Переключатель	ПКУ3-12ж 1203		1	
	SV2	Переключатель	ПКУ3-12ж 8012		1	
	SV3	Переключатель	ПКУ3-12ж 6001		1	

Примечания

1 Организация вторичных цепей напряжения выполнена для РУ-750кВ по схеме „Трансформаторы-шины" при установке на линиях 750кВ двух комплектов конденсаторов связи

Поясняющую схему РУ 750кВ см лист 14

2 Резервирование питания нагрузки цепей напряжения линий осуществляется переключением цепей TV1B, TV2B данной линии на переключателях SV1, SV2

3 Питание цепей напряжения автотрансформаторов T1(T2,) 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

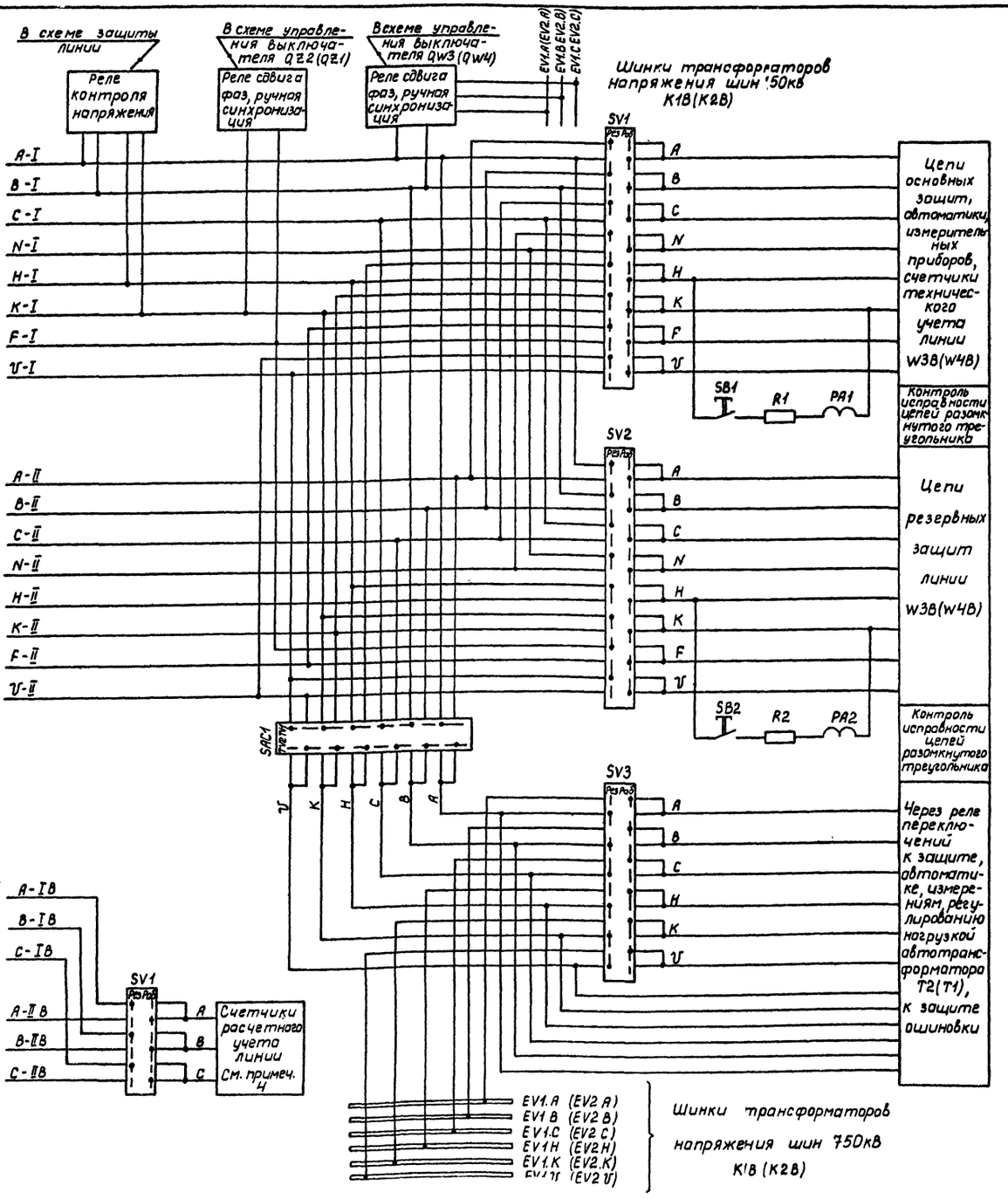
			407-03-4847-ЭВ
			Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше
ГИП	Шифрина		
Нач отд	Мерзленкова		Организация цепей напряжения РУ 750кВ по схеме „Трансформаторы шины при двух комплектах ТН на линии"
Н контр	Хмелев		
Нач сект	Тумашов		
Рук гр	Мизяева		Схема электрическая принципиальная
Инженер	Егорова		

Стадия	Лист	Листов
РП	23	

ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ
Орловское отделение 1988г

Инв № подл | Подпись и дата | Взам инв №

Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч.
Щит управления	PA1, PA2	Миллиамперметр	Э-8021	0 100мА	2	
	R1, R22	Резистор	С5-35В25	150Ом ± 10%	2	
	SB1, SB2	Кнопка	КЕ-011	исп 2	2	
	SV1	Переключатель	ПКУ3-12Ж 1203		1	
	SV2	Переключатель	ПКУ3-12Ж 8012		1	
	SV3, SAC1	Переключатель	ПКУ3-12Ж 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, SV2 данной линии.
3. Питание цепей напряжения автотрансформатора T1(T2) выполняется от ТН на шинах К1В(К2В) и резервируется от ТН (TV1, TV2 по выбору с помощью переключателя SAC1) смежной линии W4B (W3B) через переключатель SV3.
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.

			407-03-484.87-ЭВ
			Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше
ГИП	Шишфина		Организация цепей напряжения РУ 750кВ по схеме „Полуторная" при двух комплектах ТН на линии
Нач. отд.	Мерзленкого		Стадия: РП; Лист: 24; Листов:
Н. контр.	Хмелев		Схема электрическая принципиальная
Нач. сект.	Гумашов		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988 г.
Рук. гр.	Мизяева		
Инж.-эл.	Егорова		

23388-01

Альбом 1

Приложение 1

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

Таблица СМ1-1

Тип трансформатора напряжения	Номинальное напряжение обмоток, В			Номинальная мощность ВА для классов точности				Предельная мощность ВА		Uк %			Z к
	ВН	НН (основной)	НН (дополнительной)	0,2	0,5	1	3	основной обмотки	дополнительной обмотки	ВН - ННосн основной обмотки	ВН - ННдоп дополнительной обмотки	ННосн основной ННдоп дополнительной	
НДЕ-750-72	750000/√3	100/√3	100		300	500	1000	1600		1,9 [1]	0,65 [1]	0,15 [1]	
НДЕ-500-72	500000/√3	100/√3	100		300	500	1000	1600		1,91 [1]	0,65 [1]	0,15 [1]	
НКФ-500-78	600000/√3	100/√3	100			500	1000	2000		4,448	6,4	0,3	
НКФ-330-73	330000/√3	100/√3	100		400	600	1200	2000	1200	4,335	4,2	0,27	
НКФ-220-58	220000/√3	100/√3	100		400	600	1200	2000	1200	4,113	5,15	0,54	
НКФ-110-57	110000/√3	100/√3	100		400	600	1200	2000	1200	4,075	3,87	0,62	
3НОМ-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		6,14			
НОМ-6-77	6000	100			50	75	200	400		8,115			
3НОЛ-06-10 3НОЛ-09-10	10000/√3	100/√3	100/3 или 100	50	75	150	300	640	300	4,8	7,9	6,85	
3НОЛ-06-6 3НОЛ-09-6	6000/√3	100/√3	100/3 или 100	30	50	75	200	400	200	3,55	5,6	4,65	
НАМИ-10	10000	100	100	См таблицу СМ-1-2				1000	100				0,6
НАМИ-10	6000	100	100										
НОЛ-08-10	10000	100		50	75	150	300	630		4,1,95			
НОЛ-08-6	600	100		30	50	75	200	400		3,1,47			

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 дополнительных погрешностей ΔUg %	Максимальная суммарная погрешность ΣΔU %	Номинальная мощность дополнительных вторичных обмоток
	ВН	НН (основной)	НН (дополнительной)	ав	вс	са				
НАМИ-10	10000	100	1)	50	50	0	±0,2	+ 0,15	+ 0,35	300 ВА
				50	50	15		± 0,15	± 0,35	
				75	75	0		0	± 0,2	
НАМИ-10	6000			100	100	0		- 0,15	- 0,35	
				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 - 3В, при металлическом замыкании одной из фаз сети на землю - 90...100В

ГИП	Шифрина		407-03-48487-СМ1
Нач.отд	Мерзленкова		Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше. Технические характеристики трансформаторов напряжения
Нконтр	Хмелев		Стадия: РП; Лист: 1; Листов: 1
Нач.сект	Тумашов		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г
Рук.гр.	Мизяева		
Инженер	Егорова		

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

Альбом 1

Приложение 2

Потребление аппаратуры и устройств

Таблица СМ2-1

№ п/п	Наименование	Потребление обмотки напряжения ВА (при Uном)	Примечание
	Реле и устройства		
1	РН-53, РН-153 РН-54, РН-154	1	на обмотку
	РН-53/60Д	5	на обмотку
2	РН-55, РН-155	6,5	на обмотку
3	РНФ-1М	15	на фазу
4	РМ-11, РМ-12	35	на обмотку
5	РМОП-2	15	на фазу
6	КРС-2	18	на фазу
		10(А) 5(В) 5(С)	на фазу
7	КРБ-12	5	3Uо для напряжения 110-330 кВ
		16	на фазу для напряжения 35 кВ
8	КРБ-125	20	на фазу
9	КРБ-126	8,5	на фазу
10	БРЭ-2801	2	на фазу
	Панели и шкафы защиты, системной и противоаварийной автоматики		
1	АПВ-503	30	на фазу
		75	3Uо
2	ДФЗ-201	10	на фазу
3	ДФЗ-503	55	на фазу
4	ДФЗ-504	12	на фазу
5	ПДЭ-0301	2	на фазу
6	ШДЭ-2601	5	для (А)
		3	для (В) и (С)
7	ШДЭ-2801	3	для (В) и (С)
		3	на фазу

Продолжение Таблица СМ2-1

№ п/п	Наименование	Потребление обмотки напряжения ВА (при Uном)	Примечание
8	ПДЭ-2001	6	на фазу
9	ПДЭ-2002	2	3Uо
10	ПДЭ-2003	5	на фазу
11	ПДЭ-2004	2	на фазу
12	ПДЭ-2005	3	на фазу
		60	на фазу
13	ПЭ-4	70 при срабатывании защиты	на фазу
14	ПДЭ-2006	3	на фазу
15	ПДЭ-2802	3	на фазу
16	ПДЭ-2101, ПДЭ-2102	2,5	на фазу
17	ШП-2701	2	на фазу
18	ШП-2702	2	на фазу
19	ШП-2703	2	на фазу
20	ШП-2704	6	на фазу
21	ПЭ-2105А	62	на фазу
22	ПЭ-2105Б	50	на фазу
	Приборы учета и измерительные приборы		
1	Счетчик активной, реактивной энергии ФЧ43 АР	15	на фазу
2	Счетчик активной энергии ФЧ43А	10	на фазу
3	Счетчик активной, реактивной энергии САЗУ-Ц670М СРЧУ-Ц673М	6	на обмотку
4	Счетчик учета электроэнергии ЭЭ6700-Д, ЭЭ6701-Д, ЭЭ6702-Д (кл т 2)	3,7	на обмотку

Продолжение Таблица СМ2-1

№ п/п	Наименование	Потребление обмотки напряжения ВА (при Uном)	Примечание
5	Счетчик учета электроэнергии ЭЭ6700, ЭЭ6701, ЭЭ6702 (кл т 2); (кл т 3)	3	на обмотку
6	Ваттметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-365	10	на обмотку
7	Ваттметр регистрирующий Н-348	10	на обмотку
8	Варметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-367	10	на обмотку
9	Вольтметр Э8021 Э8023	4 и 7 7	на обмотку
10	Вольтметр показывающий, с односторонней шкалой Э-365	2,0	на обмотку
11	Вольтметр регистрирующий Н-344	10	на обмотку
	Синхроскоп Э-327	10	на обмотку
	ЛИФП-В	3	3Uо
12	Измерительный преобразователь активной мощности	1(ав, вс), 3(ас)	на обмотку
13	Частотомер показывающий Э-372	3	на обмотку
		7	предел 45-55 Гц
14	Частотомер регистрирующий	5	предел 49-51 Гц 48-52 Гц

ГИП	Шифрина		407-03-48487-СМ2
Нач отд	Мерзленкова		Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше. Потребление аппаратуры и устройств
Н.контр	Тимелев		Стадия: РП; Лист: 1; Листов: 5
Нач сект	Тумашов		Сельэнергопроект Орловское отделение 1988г
Рук гр	Мизяева		
Инженер	Егорова		

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Приложение 2

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

Таблица СМ2-2

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (1)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)
	S нагрузки на фазу, ВА	S нагрузки на обмотку, ВА	S нагрузки 3Uo, ВА
Счетчик активной энергии ФЧ43А	10 1)		
Счетчик активной энергии САЗУ-И670М		6 1)	
Счетчик ЭЭ6700		3,7 1)	
Панель ПДЭ-2802	3		
Шкаф защиты ШДЭ-2801	3		3
ЛИФП-В измерительный прибор активной мощности		1(ав, вс), 3(са)	3
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой Э-365		2	
Ваттметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-365		10	
Варметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-367		10	
Частотомер показывающий 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 (1)	Дополнительная обмотка ТН (Δ)
		S нагрузки 3Uo, ВА
Пс на постоянном оперативном токе	$S_{нф\,max} = \frac{S_{вс}}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} S_{ав}}{S_{вс}}\right)^2 + \frac{S_{ав}}{S_{вс}} + 1} + S_{ф}$ при $S_{ав} > S_{вс} > S_{ав}$	$S_{нзU_0} = 6,0$ ВА
	$S_{ав} = 2+10+110+1 = 23,0$ ВА ;	
	$S_{вс} = 6,5+1+3+10 = 20,5$ ВА ;	
	$S_{ф} = 10^{1)} + 3 + 3 = 16$ ВА ;	
	$S_{нф\,max} = S_{нфв} = \frac{20,5}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{23}{20,5}\right)^2 + \frac{23}{20,5} + 1} + 16 =$	
	$= 37,681$ ВА $\approx 40^{2)}$ ВА	
Пс на выпрямленном оперативном токе с БПНС-2	$S_{ав} = 23,0$ ВА, $S_{вс} = 20,5$ ВА	
	$S_{ф} = 16 + 160 = 176$ ВА	
	$S_{нф\,max} = 21,68 + 176 = 197,68$ ВА $\approx$	
	$\approx 2100^{2)}$ ВА	

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

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

$S_{нн} = 2 S_{нзU_0} = 2 \times 6 = 12$ ВА, $2 S_{ф} = 176 \times 2 = 352$ ВА;

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

$S'_{нф} = 2 S_{ф} + 2 S_{ав} = 352 + 46 = 398$; $S''_{нф} = 2 S_{ф} + 2 S_{вс} = 352 + 41 = 393$ ВА

$$\sum S_{н} = 12 + \frac{398 + 393}{3} = 275,667 \ll 1200 \text{ ВА}$$

1) При расчете максимальной нагрузки на фазу учитывалось потребление счетчика типа ФЧ43А (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

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Альбом 1

Приложение 2

Нагрузки вторичных цепей ТН 3×НКФ-110-220 на шинах 110-220 кВ

Таблица СМ2-3

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)			Примечание
	Потребление на обмотках					
	Шины, т-р	Линия	Шины, т-р	Линия	3U₀	
Шкаф защиты ШДЭ 2801		3				Линий 6
Панели						
ДФЗ-201		10				Линий 3
ПЭ-2105А	62		5(вс)			
ПДЭ-0301	2×2					
ШП-2701		4				Линий-2
ШП-2702		2				Линий-2
ШП-2703	12					Линий-2
АПАХ		45				
Реле напряжения						
РН-53/60Д						
РН-55				6,5(вс)		
АИФП В					3	
Измерительный преобразователь активной мощности				1(ав,вс),3(са)		
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой Э-365			2(ав)			
Вольтметр регистрирующий Н-344			10(са)			
Ваттметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-365				10(ав,вс)		Линк-6
Варметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-367				10(ав,вс)		Линий-6
Частотомер показывающий Э-372			3(вс)			
Счетчик активной и реактивной энергии						
СЛЗУ-И670М				6		Линий-6
СРЧУ-И673М				6		Ввод 110-220 кВ т-ра-1
Датчики активной и реактивной мощности				1(ав,вс) 10(са)		Линии 6×2 и ввод т-ра1

Продолжение Таблица СМ2-3

Расчет нагрузок на обмотках ТН

$S_{ав} = 2 + 6\times10 + 6\times10 + 14\times11 + 36 + 12 = 184$ ВА,

$S_{вс} = 5\times6{,}5 + 6\times10 + 6\times10 + 3 + 44\times1 + 36 + 12 = 196{,}5$ ВА,

$S_{са} = 10 + 14\times10 + 12 = 162$ ВА,

$S_{ф} = 6\times3 + 3\times10 + 62 + 2\times44 + 2\times2 + 12 + 2\times45 + 4 = 228$ ВА,

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

$$228 + \frac{184}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\left(1\frac{196{,}5}{184}\right)^2 + \frac{196{,}5}{184} + 1} = 418{,}38\text{ВА} \approx 420\text{ВА}$$

420ВА ≤ 600ВА, ТН работает в классе точности 1

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

$2S_{ав} = 368$ ВА, $2S_{вс} = 393$ ВА, $2S_{ф} = 456$ ВА, $S_{нн} = 2S_{3U_0} = 6$ ВА,

$S'_{нф} = 456 + 368 = 824$ ВА, $S''_{нф} = 456 + 393 = 849$ ВА,

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

$$\Sigma S_{н} = 6 + \frac{824 + 849}{3} = 563{,}7\text{ВА} \ll 1200\text{ВА}$$

Примечание

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

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам. инв.№

Альбом 1

Приложение 2

Нагрузки вторичных цепей ТН 3хНКФ-330-500; 3хНДЕ-500-750 на линиях 330-750 кВ.

Таблица СМ2-4

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)
	S нагрузки на фазу, ВА	S нагрузки на обмотку, ВА	S нагрузки 3Uo, ВА
Счетчик активной энергии ФЧ43Я	10 1)		
Счетчик активной энергии СА3У-И670М		6 1)	
Панели			
ПДЭ-2001	6		
ПДЭ-2002			2
ПДЭ-2003	5		
ПДЭ-2004	2		
ШП-2703	2		
ШП-2704	6		
ПДЭ-0301	2		
АПАХ	45		
ЛИФП В измерительный преобразователь активной мощности		1(ав, вс); 3(ас)	3
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой Э-365		2	
Вольтметр регистрирующий Н-344		10	
Ваттметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-365		10	
Варметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-367		10	
Частотомер показывающий 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)
$S_{нфтах} = S_{нфв} = \frac{S_{вс}}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\left(\frac{S_{ав}}{S_{вс}}\right)^2 + \frac{S_{ав}}{S_{вс}} + 1} + S_{ф}$;	$S_{нзu_0} = 5$ ВА
$S_{ав} > S_{вс} > S_{ас}$; $S_{ав} = 2+10+10+1+6,5 = 29,5$ ВА	
$S_{вс} = 10+3+1+10 = 24$ ВА, $S_{са} = 10$ ВА;	
$S_{ф} = 10$ 1) $+6+5+2+6+4+4,5 = 78$ ВА;	
$S_{нфв} = \frac{24}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\left(\frac{29,5}{24}\right)^2 + \frac{29,5}{24} + 1} + 78 = 27,775+78 = 104,775$ ВА ≈ 105 2) ВА	

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

$$\sum S_н = S_{нн} + \frac{S'_{мф} + S''_{мф}}{3}$$

$S_{нзu_0} = 5$ ВА; $S_{нн} = 2 \cdot 5 = 10$ ВА, $2S_{ф} = 2 \cdot 78 = 156$ ВА;

$2S_{ав} = 59$ ВА; $2S_{вс} = 48$ ВА;

$S'_{мф} = 2S_{нф} + 2S_{ав} = 156 + 59 = 215$ ВА;

$S''_{мф} = 2S_{нф} + 2S_{вс} = 156 + 48 = 204$ ВА;

$$\sum S_н = 10 + \frac{215+204}{3} = 139,667 \ll 1000 \text{ ВА}.$$

1) При расчете максимальной нагрузки на фазу учитывалось потребление счетчика типа ФЧ43Я (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.

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Приложение 2

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

Таблица СМ2-5

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)
	S нагрузки на фазу, ВА	S нагрузки на обмотку, ВА	S нагрузки $3U_0$, ВА
Счетчик активной энергии Ф443А	10		
Автоматическое управление шунтирующим реактором	8		
Шкаф защиты ШДЭ-2601	5		
Устройство фиксации тяжести КЗ по снижению U прямой последовательности (нетиповое)	6		
Панели			
ШП-2703	12		
ШП-2704	6		
ПДЭ-0301	2		
Измеритель преобразовательный активной мощности		1(ав, вс), 3(ас)	
ЛИФП В			3
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой Э-365		2	
Вольтметр регистрирующий Н-344		10	
Ваттметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-365		10	
Варметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-367		10	
Частотомер показывающий Э-372		3	
Реле напряжения РН-55		6,5	
Нагрузка от ВЛ330-750кВ в режиме резервирования	78	29,5(ав), 24(вс)	

Продолжение Таблица СМ2-5

Расчет нагрузок на обмотках ТН	Основная обмотка ТН (λ)	Дополнительная обмотка ТН (Δ) S нагрузки $3U_0$ ВА
	$S_{ав} = 1+2+10+10+6,5+29,5 = 59$ ВА, $S_{вс} = 10+3+1+10+24 = 48$ ВА, $S_{ф} = 10+8+5+4+2+12+6+78 = 127$ ВА, $S_{нфмахв} = \frac{48}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\frac{59}{48} + \frac{59}{48} + 1} + 127 = 180,66$ ВА ≈ 185 ВА, Для НКФ-330 $181 < 400$ ТН работает в классе 0,5; Для HDE-500-750 $185 < 300$ ТН работает в классе 0,5	$S_{3U_0} = 3$ ВА

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

$$\sum S_н = S_{нн} + \frac{S'_{мф} + S''_{мф}}{3},$$

$2S_ф = 254$ ВА, $2S_{ав} = 2\times 59 = 118$ ВА, $2S_{вс} = 2\times 48 = 96$ ВА

$S'_{мф} = 2S_{нф} + 2S_{ав} = 254 + 118 = 372$ ВА, $S_{нн} = 2\times S_{3U_0} = 2\times 3 = 6$ ВА,

$S''_{мф} = 2S_{нф} + 2S_{вс} = 254 + 98 = 352$ ВА;

$$\sum S_н = 6 + \frac{372 + 352}{3} = 247,333 \approx 250 \text{ ВА}$$

Для НКФ-330, $\sum S_н = 250 \ll 2000$ ВА

Для HDE-500-750, $\sum S_н = 250 \ll 1600$ ВА

Альбом 1

Подпись и дата	Взам. инв. №

Альбом 1

Приложение 3

Выбор автоматов вторичных цепей ТН

Таблица СМ3

Типы трансформаторов напряжения	Место присоединения	Автоматы в цепях основной обмотки ТТ: Расчетная величина тока для выбора уставки автомата А		Принятые Iн расц А	Допустимый по коммутационной способности автомата А	Автоматы в цепях дополнительной обмотки ТН: Автомат включен в провода	Расчетное выражение $Z_{ТН}\ 100\ S_{пред} / U^2_{нтн}$	Расчетная величина максимального тока КЗ А		Принятый Iн расц А	Iд.ду по коммутационной способности автомата А
НДЕ 750	на шинах	$I_{расч} = K_н \frac{S_{тн}}{U_{нтн}}$	$\frac{15\ 300}{100/\sqrt{3}}$ 78	10							
	на линии	$I_{расч} - \frac{S_{тн}}{U_{нтн}}$	$\frac{300}{100/\sqrt{3}} = 52$	64		U - F			$\sqrt{3}$ 87 [1] =150	63 [2] 25 [2]	800 400
	в цепях питания счетчиков	$I_{расч}$ $I^{(3)}_{КЗ}$ на выводах ТН	168 [1]	2,5	400						
НДЕ 500	на шинах	$I_{расч} - K_н \frac{S_{тн}}{U_{нтн}}$	$\frac{15\ 500}{100/\sqrt{3}}$ - 13	16							
	на линии	$I_{расч} - \frac{S_{тн}}{U_{нтн}}$	$\frac{500}{100/\sqrt{3}} = 8,63$	10		U - F			$\sqrt{3}$ 87 [1] 150	63 [2] 25 [2]	800 400
	в цепях питания счетчиков	$I_{расч}$ $\frac{S_{тн}}{U_{нтн}}$	168 [1]	25	400						
НКФ-500	на линии	$I_{расч} - K_н \frac{I_{2\ емк}}{35}$	$\frac{13\ 60}{35} = 223$	25		U - F	$\frac{64\ 100^2}{100\ 2000}$ 032	$I_{КЗ} = \frac{\sqrt{3}\ U_{нтн}}{Z_{тн}}$	$\frac{\sqrt{3}\ 100}{032}$ 540	63 [2] 40 [2]	800 600
	в цепях питания счетчиков	$I^{(3)}_{КЗ}$ $\frac{100}{U_к\ \%}$ $\frac{S_{пред}}{U_{нтн}}$	$\frac{100}{64}$ $\frac{2000}{100/\sqrt{3}}$ 541	64	800						
НКФ 330	на шинах на линии	$I_{расч} - K_н \frac{I_{2\ емк}}{35}$	$\frac{13\ 60}{35}$ 22,3	25		U F	$\frac{42\ 100^2}{100\ 2000}$ 021	$I_{КЗ}$ $\frac{\sqrt{3}\ U_{нтн}}{Z_{тн}}$	$\frac{\sqrt{3}\ 100}{021}$ 820	10	2000
	в цепях питания счетчиков	$I^{(3)}_{КЗ} - \frac{100}{U_к\ \%}$ $\frac{S_{пред}}{U_{нтн}}$	$\frac{100}{12}$ $\frac{2000}{100/\sqrt{3}}$ 795	64	800						
НКФ 220	на шинах на линии	$I_{расч} = K_н \frac{S_{тн}}{U_{нтн}}$	$\frac{2\ 600}{100/\sqrt{3}} = 208$	25		U - F	$\frac{5,15\ 100^2}{100\ 2000}$ 025	$I_{КЗ}$ $\frac{\sqrt{3}\ U_{нтн}}{Z_{тн}}$	$\frac{\sqrt{3}\ 100}{0257}$ 675	63	800
	в цепях питания счетчиков	$I^{(3)}_{КЗ}$ $\frac{100}{U_к\ \%}$ $\frac{S_{пред}}{U_{нтн}}$	$\frac{100}{515}$ $\frac{2000}{100/\sqrt{3}}$	64	800						
НКФ 110	на шинах на линии	$I_{расч} - K_н \frac{S_{тн}}{U_{нтн}}$	$\frac{2\ 600}{100/\sqrt{3}} = 208$	25		U - F	$\frac{3,87\ 100^2}{100\ 2000}$ 0193	$I_{КЗ}$ $\frac{\sqrt{3}\ U_{нтн}}{Z_{тн}}$	$\frac{\sqrt{3}\ 100}{193}$ 897	10	2000
	в цепях питания счетчиков	$I^{(3)}_{КЗ}$ $\frac{100}{U_к\ \%}$ $\frac{S_{пред}}{U_{нтн}}$	$\frac{100}{387}$ $\frac{2000}{100/\sqrt{3}}$	64	800						

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

ГИП	Шифрина		407-03-48487-СМ3
Нач.отд	Мялина		Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6 10кВ и выше Выбор уставок автоматов вторичных цепей ТН
Н.контр.	Хмелев		Стадия: РП; Лист 1; Листов 2
Нач.сект	Тимошенко		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г.
Рук.гр.	Мазанова		
Инженер	Бобкова		

[1] Ток КЗ на выводах ТН

[2] Для ТН с дополнительной обмоткой 100 В

Альбом 1

Приложение 3

Выбор автоматов вторичных цепей ТН

Продолжение. Таблица СМ3.

Типы трансформаторов напряжения	Место присоединения	Автоматы в цепях основной обмотки ТН: Расчетная величина тока для выбора уставки автомата, А		Принятый Iн. расц., А	Допустимый по коммутационной способности автомата, А	Автоматы в цепях дополнительной обмотки ТН: Автомат включен в провода	Расчетное выражение $Z_{тн}=\frac{U_к\%\cdot U^2_{нтн}}{100\cdot S_{пред.}}$	Расчетная величина максимального тока КЗ, А		Принятый Iн. расц., А	Допустимый по коммутационной способности автомата, А
ЗНОМ-35	на шинах	$I_{расч.}=K_н\cdot\frac{S_{тн}}{U_{нтн}}$	$\frac{2\cdot250}{100/\sqrt{3}}=8,66$	10		V	$\frac{11,2\cdot(100/3)^2}{100\cdot1200}=0,103$	$I_{кз}=\frac{\sqrt{3}\,U_{нтн}}{Z_{тн}}$	$\frac{\sqrt{3}\cdot100/3}{0,103}=560$	4 [3]	600
						Цепь $3U_0$				Тепловой 10 [4]	
	на вводе АТ	$I_{расч.}=\frac{100}{U_к\%}\cdot\frac{S_{пред.}}{U_{нтн}}$	$\frac{100}{6}\cdot\frac{1200}{100/\sqrt{3}}=346$	2,5	400	Цепь $3U_0$		$I_{кз}=\frac{U_{нтн}}{Z_{тн}}$	$\frac{100/3}{0,103}=326$	Электромагнитный 2,5 [4]	400
НОМ-35	на линии	$I_{расч.}=\frac{100}{U_к\%}\cdot\frac{S_{пред.}}{U_{нтн}}$	$\frac{100}{3,87}\cdot\frac{1200}{100}=318$	2,5	400						
ЗНОЛ-10	на шинах	$I_{расч.}=\sqrt{3}\cdot\frac{100}{U_к\%}\cdot\frac{S_{пред.}}{U_{нтн}}$	$\sqrt{3}\cdot\frac{100}{4,8}\cdot\frac{640}{100/\sqrt{3}}=400$	2,5	400						
ЗНОЛ-10 (НОЛ-10)	на вводе АТ(Т)	$I_{расч.}=\frac{100}{U_к\%}\cdot\frac{S_{пред.}}{U_{нтн}}$	$\frac{100}{4,8}\cdot\frac{640}{100/\sqrt{3}}=230$	2,5	400	Цепь $3U_0$	$\frac{7,9\cdot(100/3)^2}{100\cdot640}=0,137$	$I_{кз}=\frac{U_{нтн}}{Z_{тн}}$	$\frac{100/3}{0,137}=245$	2,5	400
ЗНОЛ-6	на шинах	$I_{расч.}=\sqrt{3}\cdot\frac{100}{U_к\%}\cdot\frac{S_{пред.}}{U_{нтн}}$	$\sqrt{3}\cdot\frac{100}{3,55}\cdot\frac{400}{100/\sqrt{3}}=388$	2,5	400						
ЗНОЛ-6 (НОЛ-6)	на вводе АТ(Т)	$I_{расч.}=\frac{100}{U_к\%}\cdot\frac{S_{пред}}{U_{нтн}}$	$\frac{100}{3,55}\cdot\frac{400}{100/\sqrt{3}}=195$	2,5	400	Цепь $3U_0$	$\frac{5,68\cdot(100/3)^2}{100\cdot400}=0,155$	$I_{кз}=\frac{U_{нтн}}{Z_{тн}}$	$\frac{100/3}{0,155}=215$	2,5	400
НАМИ-10	на шинах		75 - 150 [5]	2,5	400						
	на вводе АТ(Т)					Цепь $3U_0$			10 [5]	1,6	300

Примечание. Все автоматы должны иметь электромагнитные и тепловые расцепители за исключением случаев, перечисляемых в пояснительных сносках 3), 4).

1) Данные, полученные опытным путём.

2) 6,4А - уставка автомата в шкафу ТН при наличии в цепи последовательно второго автомата с уставкой 2,5А, устанавливаемого на релейном щите при больших расстояниях между шкафами ТН - релейным щитом (ЩР) - ОПУ; 2,5 - уставка автомата в шкафу ТН при небольших расстояниях РУ - ЩР - ОПУ, когда автомат с уставкой 2,5А чувствителен к КЗ в конце цепи.

3) Автомат в проводе V для ТН типа ЗНОМ-35 может иметь только электромагнитный расцепитель, так как провод V, как правило, имеет небольшую длину.

4) Автомат в цепи $3U_0$ для ТН типа ЗНОМ-35, подключенного к шинам, должен быть только с тепловым расцепителем, а при подключении на ввод автотрансформатора - только с электромагнитным.

5) Данные завода-изготовителя (ЦАЯК.671.241.008.ТУ).

Условные обозначения.

$S_{тн}$ - номинальная мощность ТН;

$S_{пред.}$ - предельная мощность основной вторичной обмотки ТН;

$U_{нтн}$ - номинальное напряжение вторичных обмоток ТН;

$K_н$ - коэффициент надежности работы автомата;

$U_к\%$ - напряжение короткого замыкания между обмотками ВН и НН основной вторичной обмотки ТН;

$I_{емк.}$ - максимальная величина емкостного тока во вторичных цепях;

$I_{н\,расц.}$ - номинальный ток расцепителя;

КЗ - короткое замыкание.

Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№

Альбом I

Приложение 4

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
			$r_{пр} = \frac{\Delta U U_н}{3 S_{нагр}}$, Ом	2-х фазном КЗ $r_{пр} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}\,U_{нтн}}{2 J_{н\,расц}}\right)^2 - x_{тн}^2}$ [1], Ом	1 фазном КЗ $r_{пр} = \sqrt{\left(\frac{U_{нтн}}{3 J_{н\,расц}}\right)^2 - x_{тн}^2}$ [1], Ом	$r_{пр} = \frac{\Delta U U_н}{2 S_{нагр}}$, Ом	$r_{пр} = \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{U_{нтн}}{6 J_{н\,расц}}\right)^2 - (2 x_{тн})^2}$ [1], Ом
ПС на постоянном оперативном токе	Расчетный	ΔU = 0,25	$\Sigma S_{нагр}$ = 80 ВА $r_{пр} = \frac{0{,}25\ 100}{3\ 80} = 0{,}104$	0,324 [1]	0,765 [1]	$\Sigma S_{нагр}$ = 15 ВА	$r_{пр\,110} = \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{100}{6\ 10}\right)^2 - (2\ 0{,}21)^2} = 0{,}81$ [1] $r_{пр\,220} = \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{100}{6\ 6{,}4}\right)^2 - (2\ 0{,}32)^2} = 1{,}26$ [1]
		ΔU = 0,5	$r_{пр} = \frac{0{,}5\ 100}{3\ 80} = 0{,}208$				
	Технический	ΔU = 1,5	$r_{пр} = \frac{1{,}5\ 100}{3\ 80} = 0{,}625$ Принимается 0,324 [1]			Класс точности 3 ΔU = 2% $r_{пр} = \frac{2\ 100}{2\ 15} = 6{,}667$	
ПС на выпрямленном оперативном токе	Расчетный	ΔU = 0,5	$S_{сч}$ = 20 ВА $r_{пр\,реч} = \frac{0{,}5\ 100}{3\ 20} = 0{,}833$	0,324	0,765		
		ΔU = 1,5	$S_{рза\ изм}$ = 380 ВА $r_{пр} = \frac{1{,}5\ 100}{3\ 380} = 0{,}13$				
	Технический	ΔU = 1,5	$\Sigma S_{нагр}$ = 400 ВА общий провод $S_{рза\ изм}$ $S_{сч}$ $r_{пр} = \frac{1{,}5\ 100}{3\ 400} = 0{,}125$				

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 (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
		$r_{пр} = \frac{\Delta U U_н}{3 S_{нагр}}$, Ом	2-х фазном КЗ $r_{пр} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}\,U_{нтн}}{2 J_{н\,расц}}\right)^2 - x_{тн}^2}$ [1]	1 фазном КЗ $r_{пр} = \sqrt{\left(\frac{U_{нтн}}{3 J_{н\,расц}}\right)^2 - x_{тн}^2}$ [1]	$r_{пр} = \frac{\Delta U U_н}{2 S_{нагр}}$, Ом	$r_{пр} = \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{U_{нтн}}{6 J_{н\,расц}}\right)^2 - (2 x_{тн})^2}$ [1], Ом
Расчетный	ΔU = 0,5	$S_{сч}$ = 54 ВА $r_{пр} = \frac{0{,}5\ 100}{3\ 54} = 0{,}309$			$\Sigma S_{нагр}$ = 38 ВА Класс точности 3 ΔU = 2% $r_{пр} = \frac{2\ 100}{2\ 3} = 33{,}333$	$r_{пр\,110} = 0{,}81$ [1] $r_{пр\,220} = 1{,}26$ [1]
Технический	ΔU = 1,5	$S_{сч}$ = 54 ВА $r_{пр} = \frac{1{,}5\ 100}{3\ 54} = 0{,}926$				
		$\Sigma S_{рза,\ изм}$ = 546 ВА $r_{пр} = \frac{1{,}5\ 100}{3\ 546} = 0{,}092$	0,324 [1]	0,765 [1]		

1) Расчетные выражения и величины приняты по материалам см п 1 2 пояснительной записки

Условные обозначения

ΔU - падение напряжения в кабеле,
$U_{нтн}$ - номинальное напряжение ТН,
$J_{н\,расц}$ - номинальный ток расцепителя автомата,
$x_{тн}$ - индуктивное сопротивление ТН,
$\Sigma S_{нагр}$ - суммарная нагрузка,
$S_{сч}$ - потребление устройств учета,
$S_{рза,\ изм}$ - потребление устройств защиты, автоматики и измерений

				407-03-484 87 - СМ4			
ГИП	Шифрина			Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше. Допустимое сопротивление проводов кабелей	Стадия	Лист	Листов
					Р	1	2
Н.контр	Хмелев				ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988 г		
Нач.отд	Мерзленкова						
Инженер	Егорсова						
Ст.техн	Настава						

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Альбом 1

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

Таблица СМ4-3

Вид учета на линии	Допустимое падение U, %	Основная обмотка ТН (Y)						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		
			2х фазном КЗ		1фазном КЗ						
		$r_{пр} = \frac{\Delta U U_{нтн}}{3 S_{нагр}}$	$r_{пр\ РЗА\ изм} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} U_{нтн}}{I2J_{н\ расц}}\right)^2 - X_{тн}^2}$ НКФ 330 500; $r_{пр\ РЗА\ изм} = \frac{\sqrt{3} U_{нтн}}{I2J_{н\ расц}} - Z_{тн}$ [1] НДЕ 500-750		$r_{пр} = \sqrt{\left(\frac{U_{нтн}}{3J_{н.расц}}\right)^2 - X_{тн}^2}$ [1]			$r_{пр} = \frac{\Delta U U_н}{2 S_{нагр}}$	$r_{пр} = \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{U_{нтн}}{6J_{н.расц}}\right)^2 - (2X_{тн})^2}$,		
			НКФ-330-550	НДЕ-500	НДЕ-750	НКФ-330 500	НДЕ-500	НДЕ 750		НКФ-330	НКФ-500	1ДЕ-501-750
Расчетный	$\Delta U_{РЗА\ изм} = 1,5$	$S_{РЗА\ изм} = 190$ ВА; $r_{пр} = \frac{1,5\ 100}{3\ 190} = 0,263$	0,324 [1]	0,394 [1]	1,26 [1]	0,765 [1]	1,89 [1]	2,97 [1]	Для провода от панелей ввода до панели РЗА, ИЗМ	0,81 [1]	1,26 [1]	1,61 [1]
Технический	$\Delta U = 1,5$	$\Sigma S_{нагр} = 210$ ВА; $r_{пр} = \frac{1,5\ 100}{3\ 210} = 0,238$ общий провод РЗА ИЗМ СЧ							$S_{нагр} = 58$ ВА			
Расчетный	$\Delta U = 0,25$	$S_{сч} = 20$ ВА; $r_{пр\ сч} = \frac{0,25\ 100}{3\ 20} = 0,416$							Класс точности 3 $\Delta U = 2\%$ $r_{пр} = \frac{2\ 100}{2\ 5} = 20$			
	$\Delta U = 0,5$	$r_{пр\ сч} = \frac{0,5\ 100}{3\ 20} = 0,833$										

1) Расчетные выражения и величины приняты по материалам-см п 1 2 пояснительной записки

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

Приложение 4

Таблица СМ4-4

Вид учета на линии	Допустимое падение U, В	Основная обмотка ТН (Y)						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		
			2х фазном КЗ		1фазном КЗ						
		$r_{пр} = \frac{\Delta U U_{нтн}}{3 S_{нагр}}$	$r_{пр} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} U_{нтн}}{I2J_{н.расц}}\right)^2 \cdot 2^2 - X_{тн}^2}$ [1]		$r_{пр} = \sqrt{\left(\frac{U_{нтн}}{3J_{н.расц}}\right)^2 - X_{тн}^2}$ [1]			$r_{пр} = \frac{\Delta U U_н}{2 S_{нагр}}$	$r_{пр} = \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{U_{нтн}}{6J_{н.расц}}\right)^2 - (2X_{тн})^2}$ [1]		
			НКФ-330	НДЕ-500	НДЕ-750	НКФ-330	НДЕ-500	НДЕ-750		НКФ-330	НДЕ-500	НДЕ-750
—	$\Delta U = 1,5$	$S_{РЗА\ изм} = 260$ ВА; $r_{пр} = \frac{1,5\ 100}{3\ 260} = 0,192$	Для провода от панелей ввода до панели РЗА, ИЗМ						$S_{нагр} = 38$ ВА			
Технический	$\Delta U = 1,5$	$\leq S_{нагр} = 300$ ВА; $r_{пр} = \frac{1,5\ 100}{3\ 300} = 0,167$ общий провод РЗА, ИЗМ СЧ	0,324 [1]	0,394 [1]	1,26 [1]	0,765 [1]	1,89 [1]	2,97 [1]	Класс точности 3 $\Delta U = 2\%$ $r_{пр} = \frac{2\ 100}{2\ 3} = 33,3$	0,81 [1]	0,61 [1]	0,61 [1]
Расчетный	$\Delta U = 0,25$	$S_{сч} = 40$ ВА; $r_{пр\ сч} = \frac{0,25\ 100}{3\ 40} = 0,208$										
	$\Delta U = 0,5$	$r_{пр\ сч} = \frac{0,5\ 100}{3\ 40} = 0,416$										

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 (300 ВА)

Условные обозначения

ΔU - падение напряжения в кабеле,
$U_{нтн}$ - номинальное напряжение ТН,
$J_{н\ расц}$ - номинальный ток расцепителя автомата,
$X_{тн}$ - индуктивное сопротивление ТН,
$Z_{тн}$ - полное сопротивление ТН,
$\Sigma S_{нагр}$ - суммарная нагрузка,
$S_{сч}$ - потребление устройств учета,
$S_{РЗА\ изм}$ - потребление устройств защиты, автоматики и измерений

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Альбом 1

Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН 3×НКФ-110-220 на линиях 110-220 кВ

Приложение 5

Таблица СМ5-1-1

Основная обмотка

Кабели от ТН до щита

Тип ПС	Виды учета на линиях		Направление кабеля	Длина кабеля ℓ_1, м	Расчетное сечение провода (алюминий) $q_1=\frac{\ell_1}{\gamma\cdot r_{пр\,доп}}$, мм²	Принятое сечение, мм²	Сопротивление провода по принятому сечению $r_{пр\,1}=\frac{\ell_1}{\gamma\cdot q_1}$, Ом	Сопротивление нулевого провода $r_N=\frac{\ell_1}{\gamma\, q_{1N}}$, Ом	$r_{пр\,1}+r_N$ [2]
Пс на постоянном оперативном токе	Расчетный	$\Delta U=0{,}25\%$	от ТН до панели ввода		$\sum S^{1)}_{нагр}=80$ ВА ; $r^{2)}_{пр\,доп}\,\Delta U=0{,}104$				
				120	$\frac{120}{34{,}5\cdot 0{,}104}=33{,}445$	3×35+1×16	$\frac{120}{34{,}5\cdot 35}=0{,}099$	$\frac{120}{34{,}5\cdot 16}=0{,}217$	0,099+0,217∠0,765 [2]
				125-175	$\frac{175}{34{,}5\cdot 0{,}104}=48{,}774$	3·50+1·25	$\frac{175}{34{,}5\cdot 50}=0{,}101$	$\frac{175}{34{,}5\cdot 25}=0{,}202$	0,101+0,202∠0,765 [2]
		$\Delta U=0{,}5\%$			$\sum S^{1)}_{нагр}=80$ ВА , $r^{2)}_{пр\,доп}\,\Delta U=0{,}208$ Ом				
				105	$\frac{105}{34{,}5\cdot 0{,}208}=11{,}632$	3×16+1×10	$\frac{105}{34{,}5\cdot 16}=0{,}192$	$\frac{105}{34{,}5\cdot 10}=0{,}304$	0,192+0,304∠0,765 [2]
				110-175	$\frac{175}{34{,}5\cdot 0{,}208}=24{,}386$	3×25+1×16	$\frac{175}{34{,}5\cdot 25}=0{,}203$	$\frac{105}{34{,}5\cdot 16}=0{,}19$	0,203+0,19∠0,765 [2]
	Технический	$\Delta U=1{,}5\%$			$\sum S^{1)}_{нагр}=80$ ВА, $r^{2)}_{пр\,доп}\,AB=0{,}324$ Ом				
				110-150	$\frac{150}{34{,}5\cdot 0{,}324}=13{,}419$	3×16+1×10	$\frac{150}{34{,}5\cdot 16}=0{,}272$	$\frac{150}{34{,}5\cdot 10}=0{,}435$	0,272+0,435∠0,765 [2]
				155-220	$\frac{220}{34{,}5\cdot 0{,}324}=13{,}679$	3×25+1×16	$\frac{220}{34{,}5\cdot 25}=0{,}255$	$\frac{220}{34{,}5\cdot 16}=0{,}398$	0,255+0,398∠0,765 [2]
Пс на выпрямленном оперативном токе (БПНС-2)	Расчетный	$\Delta U=0{,}5\%$	от ТН до панели счетчиков		$\sum S_{сч}^{1)}=20$ ВА , $r^{2)}_{пр\,доп}\,\Delta U=0{,}833$ Ом отдельный кабель для расчетного учета				
				110	$\frac{110}{34{,}5\cdot 0{,}833}=3{,}83$	4			
				115-140	$\frac{140}{34{,}5\cdot 0{,}833}=4{,}872$	2×2,5			
				145-220	$\frac{220}{34{,}5\cdot 0{,}833}=7{,}655$	2×4			
	—	$\Delta U=1{,}5\%$	от ТН до панели ввода		$\sum S^{1)}_{нагр}=380$ ВА ; $r^{2)}_{пр\,доп}\,\Delta U=0{,}131$ Ом				
				110	$\frac{110}{34{,}5\cdot 0{,}131}=24{,}339$	3×25+1×16	$\frac{110}{34{,}5\cdot 25}=0{,}128$	$\frac{110}{34{,}5\cdot 16}=0{,}199$	0,128+0,199∠0,765 [2]
				115-150	$\frac{150}{34{,}5\cdot 0{,}131}=33{,}189$	3×35+1×16	$\frac{150}{34{,}5\cdot 35}=0{,}124$	$\frac{150}{34{,}5\cdot 16}=0{,}271$	0,124+0,271∠0,765 [2]
				155-225	$\frac{225}{34{,}5\cdot 0{,}131}=49{,}784$	3×50+1×25	$\frac{225}{34{,}5\cdot 50}=0{,}13$	$\frac{225}{34{,}5\cdot 25}=0{,}261$	0,13+0,261∠0,765 [2]
	Технический	$\Delta U=1{,}5\%$			$\sum S^{1)}_{нагр}=400$ ВА , $r^{2)}_{пр\,доп}\,\Delta U=0{,}425$ Ом				
				105	$\frac{105}{34{,}5\cdot 0{,}125}=24{,}348$	3×25+1×16	$\frac{105}{34{,}5\cdot 25}=0{,}122$	$\frac{105}{34{,}5\cdot 16}=0{,}19$	0,122+0,19∠0,765 [2]
				110-150	$\frac{150}{34{,}5\cdot 0{,}125}=34{,}783$	3×35+1×16	$\frac{150}{34{,}5\cdot 35}=0{,}124$	$\frac{150}{34{,}5\cdot 16}=0{,}273$	0,124+0,273∠0,765 [2]
				155-215	$\frac{215}{34{,}5\cdot 0{,}125}=49{,}$	3×50+1×25	$\frac{215}{34{,}5\cdot 50}=0{,}125$	$\frac{215}{34{,}5\cdot 25}=0{,}25$	0,125+0,25∠0,765 [2]

Кабели по щиту

Направление кабеля		Расчетное сопротивление провода $r_{пр}=\frac{\Delta U-\Delta\Sigma S_{нагр}\, r_{пр}+1/100}{3\, S_{нагр}}\,100$ Ом	Длина кабеля ℓ_2, м	Расчетное сечение провода (медь, алюминий), мм² $q_2=\frac{\ell_2}{\gamma\cdot r_{пр\,РЗА(изм\,сч)}}$
От панели ввода до панели:		$S^{1)}_{сч}=10$ ВА; $S^{1)}_{РЗА}=12$ ВА, $S^{1)}_{изм}=48$ ВА		
РЗА	$r_{пр\,РЗА(изм\,сч)}=\frac{\Delta U-\Delta U\,\Sigma S_{нагр}\, r_{пр}\,1/100}{3\cdot S_{нагр\,РЗА(изм\,сч)}}\,100$	$\frac{3\cdot 3\cdot 80\cdot 0{,}101/100}{3\cdot 12}\cdot 100=7{,}66$	650	$\frac{650}{57\cdot 7{,}66}=1{,}489$
Изм		$\frac{1{,}5\cdot 1{,}5\cdot 80\cdot 0{,}101/100}{3\cdot 48}\cdot 100=0{,}957$	80	$\frac{80}{57\cdot 0{,}957}=1{,}467$
Сч		$\frac{0{,}25\cdot 0{,}25\cdot 80\cdot 0{,}101/100}{3\cdot 20}\cdot 100=0{,}383$	30	$\frac{30}{57\cdot 0{,}383}=1{,}374$
РЗА		$\frac{3\cdot 3\cdot 80\cdot 0{,}203/100}{3\cdot 12}\cdot 100=6{,}98$	600	$\frac{600}{34{,}5\cdot 0{,}98}=2{,}492$
Изм		$\frac{1{,}5\cdot 1{,}5\cdot 80\cdot 0{,}203/100}{3\cdot 48}\cdot 100=0{,}872$	75	$\frac{75}{34{,}5\cdot 0{,}872}=2{,}493$
Сч		$\frac{0{,}5\cdot 0{,}5\cdot 80\cdot 0{,}203/100}{3\cdot 20}\cdot 100=0{,}698$	60	$\frac{60}{34{,}5\cdot 0{,}698}=2{,}492$
РЗА		$\frac{3\cdot 3\cdot 80\cdot 0{,}272/100}{3\cdot 12}\cdot 100=16{,}6$	1430	$\frac{1430}{34{,}5\cdot 16{,}6}=2{,}496$
Изм		$\frac{1{,}5\cdot 1{,}5\cdot 80\cdot 0{,}272/100}{3\cdot 48}\cdot 100=1{,}6$	135	$\frac{135}{34{,}5\cdot 1{,}6}=2{,}445$
Сч		$\frac{0{,}5\cdot 0{,}5\cdot 80\cdot 0{,}272/100}{3\cdot 20}\cdot 100=1{,}938$	160	$\frac{160}{34{,}5\cdot 1{,}938}=2{,}393$
От панели ввода до панели:				
РЗА	$r_{пр\,РЗА(изм)}=\frac{\Delta U-\Delta U\,\Sigma S_{нагр}\, r_{пр}\,1/100}{3\cdot S_{нагр\,РЗА(изм\,сч)}}\,100$	$S^{1)}_{РЗА}=332$ ВА		$S^{1)}_{изм}=48$ ВА
		$\frac{3\cdot 3\cdot 400\cdot 0{,}130/100}{3\cdot 332}\cdot 100=0{,}149$	10	$\frac{10}{34{,}5\cdot 0{,}149}=1{,}201$
Изм.		$\frac{1{,}5\cdot 1{,}5\cdot 400\cdot 0{,}13/100}{3\cdot 48}\cdot 100=0{,}522$	45	$\frac{45}{34{,}5\cdot 0{,}522}=2{,}489$
РЗА		$S^{1)}_{РЗА}=332$ ВА; $S^{1)}_{изм}=48$ ВА; $S^{1)}_{сч}=20$ ВА		
		$\frac{3\cdot 3\cdot 400\cdot 0{,}125/100}{3\cdot 332}\cdot 100=0{,}15$	10	$\frac{10}{34{,}5\cdot 0{,}15}=1{,}932$
Изм		$\frac{1{,}5\cdot 1{,}5\cdot 400\cdot 0{,}125/100}{3\cdot 48}\cdot 100=0{,}521$	40	$\frac{40}{34{,}5\cdot 0{,}521}=2{,}225$
Сч		$\frac{1{,}5\cdot 1{,}5\cdot 400\cdot 0{,}125/100}{3\cdot 20}\cdot 100=1{,}25$	105	$\frac{105}{34{,}5\cdot 1{,}25}=2{,}435$

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

2) Значение допустимых сопротивлений см приложение 4 (СМ4-1)

3) Графики $q_1=f(\ell_1)$ и $q_2=f(\ell_2)$ см приложение 5 (СМ5-2-11÷14,18)

Условные обозначения

ΔU — падение напряжения в кабеле

$r_{пр\,доп}\,\Delta U$ - допустимое сопротивление провода по падению напряжения,

$r_{пр\,доп}\,AB$ - допустимое сопротивление провода по надежности действия автомата

$\sum S_{нагр}$ - суммарная нагрузка,

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

$S_{изм}$ - потребление устройств измерения;

$S_{сч}$ - потребление устройств учета.

ГИП	Шифрина		407-03-48487-СМ5			
Н контр	Жмелев		Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше. Определение сечении проводов кабелей	Стадия	Лист	Листов
Нач отд	Мерзленкова			Р	1	11
Инженер	Егорова			ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988 г		
Ст техн	Маслова					

№ подл	Подпись и дата	Взам инв №

Альбом 1

Определение сечений проводов кабелей ТН 3×НКФ-110-220 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		Направление кабеля	Длина кабеля l_1, м	Расчетное сечение провода (алюминий) $q_1 = \frac{l_1}{\gamma \cdot r_{пр\,доп}}$, мм²	Принятое сечение мм²	Сопротивление провода по принятому сечению $r_{пр1} = \frac{l_1}{\gamma \cdot q_1}$, Ом	Сопротивление нулевого провода $r_N = \frac{l_1}{\gamma \cdot q_N}$, Ом	$r_{пр.1} + r_N$ 2)	Направление кабеля	Расчетное сопротивление провода $r_{пр} = \frac{\Delta U - \Delta U \cdot S_{нагр} r_{пр}/100}{S_{нагр}}$, Ом			Расчетное сечение провода (алюминий) $q_2 = \frac{l_2}{\gamma \cdot r_{пр} \cdot РЗА (изм, сч)}$, мм²
Расчетный	$\Delta U = 0,5\%$	От ТН до панели реле-повторителей		$S^{1)}_{сч} = 54$ ВА		$r^{2)}_{пр\,доп}\ \Delta U = 0,309$ Ом			От панели реле-повторителей до панели	$S^{1)}_{сч} = 54$ ВА				
			105	$\frac{105}{34,5 \cdot 0,309} = 9,849$	3×10+1×6					$r_{пр}$ РЗА (изм, сч) $= \frac{\Delta U - \Delta U \cdot \Sigma S_{нагр} \cdot r_{пр}/100}{3 S_{нагр}}$ · 100	$\frac{0,5 - 0,5 \cdot 0,307 \cdot 54/100}{3 \cdot 54}$ 100 = 0,257	20	$\frac{20}{34,5 \cdot 0,257} = 2,256$
			110-165	$\frac{165}{34,5 \cdot 0,309} = 15,478$	3×16+1×10								
			170-265	$\frac{265}{34,5 \cdot 0,309} = 24,858$	3×25+1×16								
Технический	$\Delta U = 1,5\%$			$S^{1)}_{сч} = 54$ ВА		$r^{2)}_{пр\,доп}\ \Delta U = 0,926$ Ом				$S_{сч} = 54$ ВА				
			125	$\frac{125}{34,5 \cdot 0,926} = 3,913$	4	$\frac{125}{34,5 \cdot 4} = 0,906$					$\frac{1,5 - 1,5 \cdot 0,924 \cdot 54/100}{3 \cdot 54}$ 100 = 0,464	40	$\frac{40}{34,5 \cdot 0,464} = 2,499$
			130-155	$\frac{155}{34,5 \cdot 0,926} = 4,852$	2×2,5	$\frac{155}{34,5 \cdot 5} = 0,899$							
			160-225	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,926} = 7,982$	2×4	$\frac{225}{34,5 \cdot 8} = 0,924$							
			225-315	$\frac{315}{34,5 \cdot 0,926} = 9,86$	3×10+1×6	$\frac{315}{34,5 \cdot 10} = 0,913$							
Технический	$\Delta U = 1,5\%$			$\Sigma S^{1)}_{нагр} = 546$ ВА; $r^{2)}_{пр\,доп}\ \Delta U = 0,092$ Ом						$S^{1)}_{РЗА} = 330$ ВА, $S^{1)}_{изм} = 216$ ВА				
			80-100	$\frac{100}{34,5 \cdot 0,092} = 31,511$	3×35+1×16	$\frac{100}{34,5 \cdot 35} = 0,083$	$\frac{100}{34,5 \cdot 16} = 0,181$	0,083+0,181 < 0,765 2)		РЗА	$\frac{1 - 3 \cdot 546 \cdot 10,092/100}{3 \cdot 330}$ 100 = 0,15	20	$\frac{20}{34,5 \cdot 0,15} = 3,84$
			105-150	$\frac{150}{34,5 \cdot 0,092} = 47,262$	3×50+1×25	$\frac{150}{34,5 \cdot 50} = 0,087$	$\frac{150}{34,5 \cdot 25} = 0,174$	0,087+0,174 < 0,765 2)					
			155-220	$\frac{220}{34,5 \cdot 0,092} = 69,313$	3×70+1×25	$\frac{220}{34,5 \cdot 70} = 0,091$	$\frac{220}{34,5 \cdot 25} = 0,255$	0,091+0,255 < 0,765 2)		Изм	$\frac{1,5 - 1,5 \cdot 546 \cdot 0,092/100}{3 \cdot 216}$ 100 = 0,115	15	$\frac{15}{34,5 \cdot 0,115} = 3,78$
			225-285	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,092} = 89,791$	3×90+1×25	$\frac{285}{34,5 \cdot 90} = 0,092$	$\frac{285}{34,5 \cdot 25} = 0,33$	0,092+0,33 < 0,765 2)					

Таблица СМ5-1-3

Тип ТН и место установки	Дополнительная обмотка				
	Провод кабеля	Направление кабеля	Длина кабеля l, м	$r^{2)}_{пр\,доп}$, Ом	Расчетное сечение провода $q_1 = \frac{l_1}{\gamma \cdot r^{2)}_{пр\,доп}}$, мм²
НКФ-110 на шинах и линиях	Медь	От ТН до панели реле-повторителей	200	0,81	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 0,81} = 4,33$
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			0,81	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 0,81} = 7,16$
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

ΔU — падение напряжения в кабеле;

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

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

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

$S_{РЗА}$ — потребление устройств защиты и автоматики;

$S_{изм}$ — потребление устройств измерения;

$S_{сч.}$ — потребление устройств учета

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Альбом 1

Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН 3хНКФ-330-Л00, 3хНДЕ-500-750 на линиях 330-750кВ

Приложение 5

Таблица СМ5-1-4

Виды учета на линиях	Направление кабеля	Длина кабеля ℓ_1, м	Расчетное сечение провода (алюминий) $q_1 = \frac{\ell_1}{\gamma \cdot \gamma_{пр\ доп}}$, мм²	Принятое сечение, мм²	Сопротивление провода по принятому сечению $\gamma_{пр1} = \frac{\ell_1}{\gamma \cdot q_1}$, Ом	Сопротивление нулевого провода $\gamma_N = \frac{\ell_1}{\gamma \cdot q_{1N}}$, Ом	$\gamma_{пр1}$ и γ_N [2]
Основная обмотка. Кабели от ТН до щита							
Расчетный, ΔU = 0,25%	от ТН до панели счетчиков	$S_{сч}$ [1] = 208 ВА, $\gamma_{пр\ доп}$ [2] ΔU = 0,416 Ом, отдельный кабель для расчетного учета					
		110	$\frac{110}{34,5\ 0,416} = 7,654$	2×4			
		115-140	$\frac{140}{34,5\ 0,416} = 9,755$	3×10+1×6			
		145-225	$\frac{225}{34,5\ 0,416} = 15,677$	3×16+1×10			
		230-350	$\frac{350}{34,5\ 0,416} = 24,387$	3×25+1×16			
	от ТН до панели счетчиков	$S_{сч}$ [1] = 208 А, $\gamma_{пр\ доп}$ [2] ΔU = 0,833 Ом; отдельный кабель для расчетного учета					
		110	$\frac{110}{34,5\ 0,833} = 3,928$	4			
		115-140	$\frac{140}{34,5\ 0,833} = 4,87$	2×2,5			
		140-225	$\frac{225}{34,5\ 0,833} = 7,829$	2×4			
		230-285	$\frac{285}{34,5\ 0,833} = 9,917$	3×10+1×6			
— ΔU = 1,5%	от ТН до панели ввода	ΣS [1] нагр = 190 ВА, γ [2] пр доп ΔU = 0,263 Ом					
		145	$\frac{145}{34,5\ 0,263} = 15,981$	3×16+1×10	$\frac{145}{34,5\ 16} = 0,263$	$\frac{145}{34,5\ 10} = 0,42$	0,263 + 0,42 ∠ 0,765 [2]
		150-225	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,263} = 24,797$	3×25+1×16	$\frac{225}{34,5\ 16} = 0,251$	$\frac{225}{34,5\ 16} = 0,408$	0,261 + 0,408 ∠ 0,765 [2]
		230-290	$\frac{290}{34,5\ 0,263} = 31,961$	3×35+1×16	$\frac{290}{34,5\ 25} = 0,24$	$\frac{290}{34,5\ 16} = 0,525$	0,24 + +0,525 ∠ 0,765 [2]
Технический ΔU = 1,5%	от ТН до панели ввода	ΣS [1] нагр = 210 ВА, γ [2] пр доп ΔU = 0,238 Ом					
		130	$\frac{130}{34,5\ 0,238} = 15,832$	3×16+1×10	$\frac{130}{34,5\ 16} = 0,236$	$\frac{130}{34,5\ 10} = 0,377$	0,236 + 0,377 ∠ 0,765 [2]
		135-205	$\frac{205}{34,5\ 0,238} = 24,967$	3×25+1×16	$\frac{205}{34,5 \cdot 25} = 0,238$	$\frac{205}{34,5\ 16} = 0,371$	0,238 + 0,371 ∠ 0,765 [2]
		210-285	$\frac{285}{34,5\ 0,238} = 34,709$	3×35+1×16	$\frac{285}{34,5\ 35} = 0,236$	$\frac{285}{34,5\ 16} = 0,516$	0,236 + 0,516 ∠ 0,765 [2]

Кабели по щиту

Направление кабеля		Расчетное сопротивление провода $\gamma_{пр} = \frac{\Delta U - \Delta U \Sigma S_{нагр} \gamma_{пр1}/100}{3 \cdot \Sigma S_{нагр}} \cdot 100$, Ом	Длина кабеля ℓ_2, м	Расчетное сечение провода (медь) $q_2 = \frac{\ell_2}{\gamma \cdot \gamma_{пр\ РЗА\ (изм.сч.)}}$, мм²
от панели ввода до	РЗА	$S_{РЗА}$ [1] = 140 ВА, $S_{изм}$ [1] = 50 ВА		
		$\frac{3 - 3 \cdot 210\ 0,263/100}{3\ 140} 100 = 0,319$	45	$\frac{45}{57\ 0,319} = 2,475$
		$\frac{1,5-1,5\ 210\ 0,263/100}{3\ 50} 100 = 0448$	60	$\frac{60}{57\ 0,448} = 2,349$
	изм.	$S_{РЗА}$ [1] = 140 ВА, $S_{изм}$ [1] = 50 ВА, $S_{сч}$ [1] = 20 ВА		
		$\frac{3-3\ 210\ 0,238/100}{3\ 140} 100 = 0,357$	50	$\frac{50}{57\ 0,357} = 2,457$
		$\frac{1,5-1,5\ 210\ 0,238/100}{3\ 50} 100 = 0,5$	70	$\frac{70}{57\ 0,5} = 2,456$
	сч	$\frac{1,5-1,5\ 210\ 0,238/100}{3\ 20} 100 = 0,416$	55	$\frac{55}{57\ 0416} = 2,319$

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

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

3) Графики $q_1 = f(\ell_1)$ и $q_2 = f(\ell_2)$ см приложение 5 (СМ5-2-19÷21, 24)

Условные обозначения:

ΔU - падение напряжения в кабеле;

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

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

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

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

$S_{изм}$ - потребление устройств измерения;

$S_{сч}$ - потребление устройств учета

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам. инв.№ | Инв.№ дубл.

Альбом 1

Определение сечений проводов кабелей ТН 3×НКФ-330, 3×НДЕ-500-750 на шинах 330-750 кВ

Приложение 5

Таблица СМ5-1-5

Основная обмотка														
Кабели от ТН до щита									Кабели по щиту					
Виды учета на линиях		Направление кабеля	Длина кабеля l_1, м	Расчетное сечение провода (алюминий) $q_1 = \frac{l_1}{\gamma\, r_{пр\,доп}}$, мм²	Принятое сечение мм²	Сопротивление провода по принятому сечению $r_{пр}1 = \frac{l_1}{\gamma \cdot q_N}$, Ом	Сопротивление нулевого провода $r_N = \frac{l_1}{\gamma\, q_{1N}}$, Ом	$r_{пр}1 + r_N$ 3)	Направление кабеля	Расчетное сопротивление провода $r_{пр} = \frac{\Delta U - \Delta U \sum S_{нагр} r_{пр}1/100}{3\, S_{нагр}} \cdot 100$, Ом		Длина кабеля l_2, м	Расчетное сечение провода, (медь) $q_2 = \frac{l_2}{\gamma\, r_{пр\,РЗА(изм,сч)}}$, мм²	
Расчетный	$\Delta U = 0{,}25\%$	от ТН до панели счетчиков	$S^{1)}_{сч} = 40$ ВА; $r^{2)}_{пр\,доп}\ \Delta U = 0{,}208$ Ом; отдельный кабель для расчетного учета											
			110	$\frac{110}{34{,}5\ 0{,}208} = 15{,}329$	3×16 + 1×10									
			115-175	$\frac{175}{34{,}5\ 0{,}208} = 24{,}386$	3×25 + 1×16									
			180-245	$\frac{245}{34{,}5 \cdot 0{,}208} = 34{,}14$	3×35 + 1×16									
			250-350	$\frac{350}{34{,}5\ 0{,}208} = 48{,}774$	3×50 + 1×25									
	$\Delta U = 0{,}5\%$	от ТН до панели счетчиков	$S^{1)}_{сч} = 40$ ВА; $r^{2)}_{пр\,доп}\ \Delta U = 0{,}416$ Ом; отдельный кабель для расчетного учета											
			140	$\frac{140}{34{,}5\ 0{,}416} = 9{,}754$	3×10 + 1×6									
			145-225	$\frac{225}{34{,}5\ 0{,}416} = 15{,}677$	3×16 + 1×10									
			250-350	$\frac{350}{34{,}5 \cdot 0{,}416} = 24{,}387$	3×25 + 1×16									
—	$\Delta U = 1{,}5\%$	от ТН до панели ввода	$\sum S^{1)}_{нагр} = 260$ ВА, $r^{2)}_{пр\,доп}\ \Delta U = 0{,}192$ Ом						от панели ввода до панелей	РЗА	$r_{пр\,РЗА(изм,сч)} = \frac{\Delta U - \Delta U \cdot \sum S_{нагр} r_{пр}/100}{3 S_{нагр}} \cdot 100$ Ом	$S^{1)}_{РЗА} = 60$ ВА, $S^{1)}_{изм} = 200$ ВА		
			105	$\frac{105}{34{,}5\ 0{,}192} = 15{,}815$	3×16 + 1×10	$\frac{105}{34{,}5 \cdot 16} = 0{,}190$	$\frac{105}{34{,}5\ 10} = 0{,}304$	0,19 + 0,304 < 0,765 2)				$\frac{3 \cdot 3 \cdot 260 \cdot 0{,}191/100}{3 \cdot 60}$	70	$\frac{70}{57 \cdot 0{,}83} = 1{,}479$
			110-165	$\frac{165}{34{,}5\ 0{,}192} = 24{,}911$	3×25 + 1×16	$\frac{165}{34{,}5\ 25} = 0{,}191$	$\frac{165}{34{,}5\ 16} = 0{,}299$	0,191 + 0,299 < 0,765 2)				100 = 0,83	115	$\frac{115}{57 \cdot 0{,}83} = 2{,}431$
			170-230	$\frac{230}{34{,}5\ 0{,}192} = 34{,}722$	3×35 + 1×16	$\frac{230}{34{,}5\ 35} = 0{,}19$	$\frac{230}{34{,}5\ 16} = 0{,}417$	0,19 + 0,417 < 0,765 2)		Изм		$\frac{1{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 260\ 0{,}191/100}{3 \cdot 200}$	10	$\frac{10}{57 \cdot 0{,}126} = 1{,}392$
			235-330	$\frac{330}{34{,}5 \cdot 0{,}192} = 49{,}819$	3×50 + 1×25	$\frac{330}{34{,}5 \cdot 50} = 0{,}191$	$\frac{330}{34{,}5\ 25} = 0{,}383$	0,191 + 0,383 < 0,765 2)				100 = 0,126	15	$\frac{15}{57 \cdot 0{,}126} = 2{,}089$
Технический	$\Delta U = 1{,}5\%$	от ТН до панели ввода	$\sum S^{1)}_{нагр} = 300$ ВА; $r^{2)}_{пр\,доп}\ \Delta U = 0{,}167$ Ом						от панели ввода до панелей	РЗА		$S^{1)}_{РЗА} = 60$ ВА, $S^{1)}_{изм} = 200$ ВА; $S^{1)}_{сч} = 40$ ВА		
			95-140	$\frac{140}{34{,}5\ 0{,}167} = 24{,}299$	3×25 + 1×16	$\frac{140}{34{,}5 \cdot 25} = 0{,}162$	$\frac{140}{34{,}5\ 16} = 0{,}254$	0,162 + 0,254 < 0,765 2)				$\frac{3 \cdot 3 \cdot 300\ 0{,}165/100}{3 \cdot 60}$	70	$\frac{70}{57 \cdot 0{,}842} = 1{,}459$
			145-200	$\frac{200}{34{,}5\ 0{,}167} = 34{,}713$	3×35 + 1×16	$\frac{200}{34{,}5 \cdot 35} = 0{,}165$	$\frac{200}{34{,}5\ 16} = 0{,}362$	0,165 + 0,362 < 0,765 2)				100 = 0,842	115	$\frac{115}{57\ 0{,}842} = 2{,}396$
			205-285	$\frac{285}{34{,}5\ 0{,}167} = 49{,}456$	3×50 + 1×25	$\frac{285}{34{,}5\ 50} = 0{,}165$	$\frac{285}{34{,}5 \cdot 25} = 0{,}330$	0,165 + 0,330 < 0,765 2)		Изм		$\frac{1{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 300\ 0{,}165/100}{3 \cdot 200}$	10	$\frac{10}{57 \cdot 0{,}126} = 1{,}392$
												100 = 0,126	15	$\frac{15}{57 \cdot 0{,}126} = 2{,}089$
			290-350	$\frac{350}{34{,}5\ 0{,}167} = 60{,}748$	3×70 + 1×35	$\frac{350}{34{,}5\ 70} = 0{,}145$	$\frac{350}{34{,}5 \cdot 35} = 0{,}289$	0,145 + 0,289 < 0,765 2)		Сч		$\frac{1{,}5 \cdot 1{,}5\ 500\ 0{,}165/100}{3 \cdot 40}$	50	$\frac{50}{57 \cdot 0{,}631} = 1{,}34$
												100 = 0,631	85	$\frac{85}{57 \cdot 0{,}631} = 2{,}363$

Таблица СМ5-1-6

Место уставки ТН	Дополнительная обмотка				
	Типы ТН	Направление кабеля	Длина кабеля l, м	$r^{2)}_{пр\,доп}$, Ом	Расчетное сечение провода (медь) $q = \frac{l}{\gamma \cdot r^{2)}_{пр\,доп}}$, мм²
На шинах и линиях	НКФ-330	от ТН до панели РЗА	300	0,81	$\frac{300}{57 \cdot 0{,}81} = 6{,}498$
На линиях	НКФ-500			1,26	$\frac{300}{57\ 1{,}26} = 4{,}177$
На шинах и линиях	НДЕ-500-750			0,61	$\frac{300}{57\ 0{,}61} = 8{,}628$

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.

ΔU - падение напряжения в кабеле;

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

$r_{пр.\,доп}$ АВ - допустимое сопротивление провода по надежности действия автомата;

$\sum S_{нагр.}$ - суммарная нагрузка;

$S_{РЗА}$ - потребление устройств защиты и автоматика;

$S_{изм.}$ - потребление устройств измерения;

$S_{сч}$ - потребление устройств учета.

№ подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

23388 01

Альбом 1

Графики $q_1 = f(\ell_1)$ для ТН НАМИ-10, 3×3НОЛ-6-10, 3×3НОМ-35 на вводах 6-10-35 кВ автотрансформатора

Приложение 5

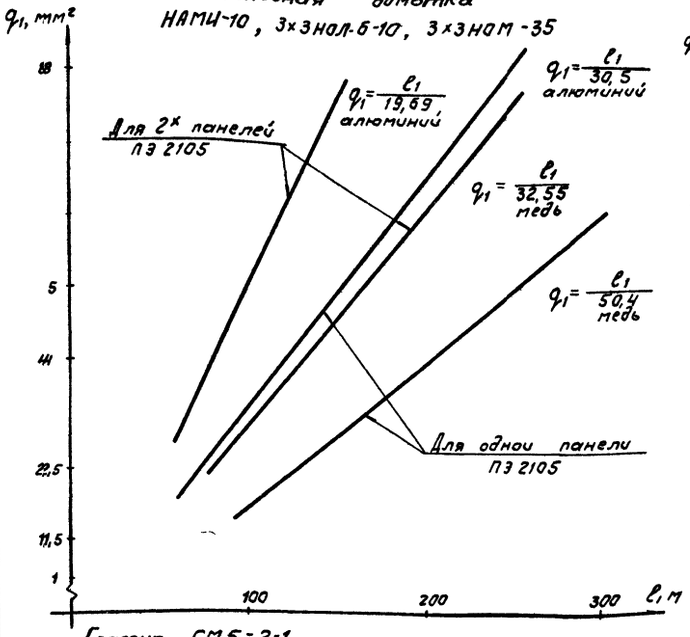


График СМ5-2-1

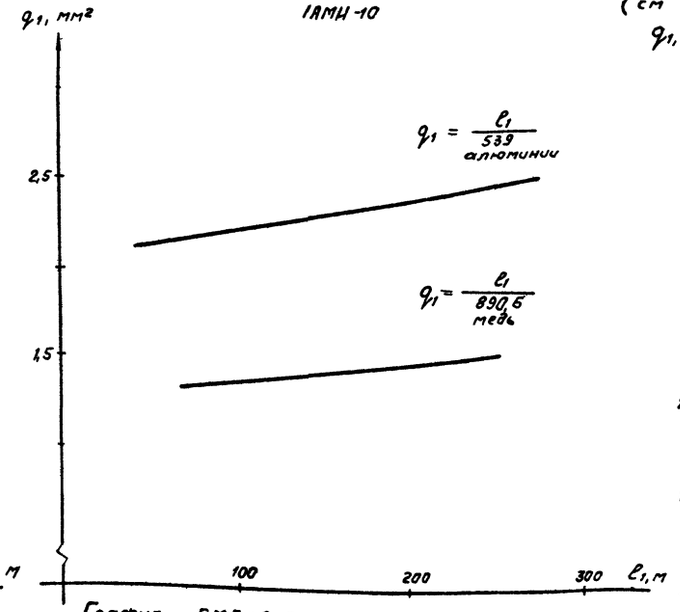


График СМ5-2-2

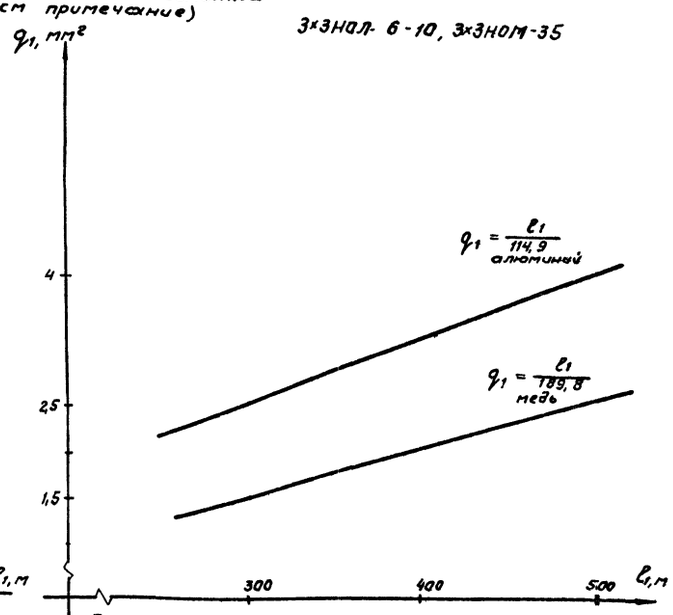


График СМ5-2-3

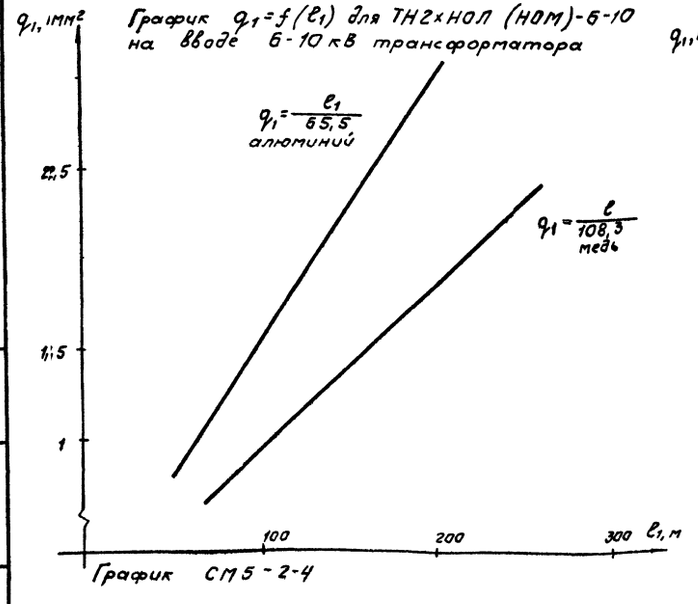


График СМ5-2-4

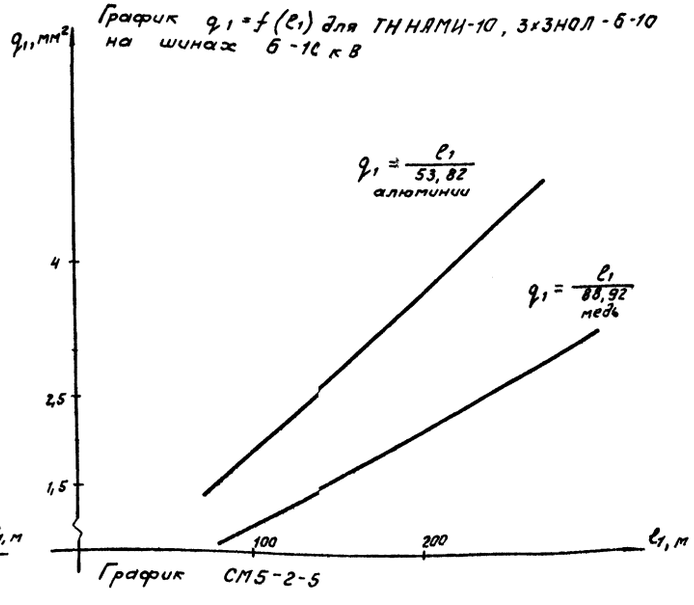


График СМ5-2-5

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

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

Альбом 1

Приложение 5

Графики $q_1 = f(\ell_1)$, $q_2 = f(\ell_2)$ для ТН 3×ЗНОМ-35 на шинах 35 кВ

Основная обмотка.

Кабели ТН - панель ввода (алюминий)

Кабель ТН - панель ввода ($S_{РЗА} + S_{изм} + S_{сч}$)
Расчетный учет

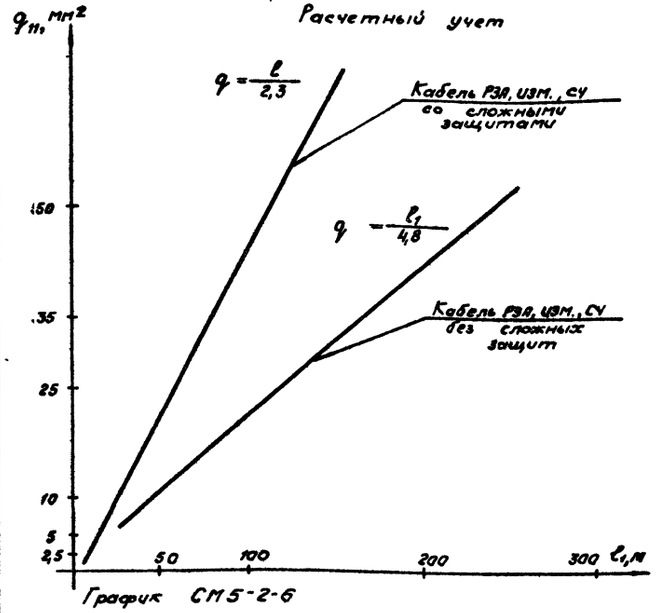


График СМ5-2-6

Кабель ТН - панель ввода ($S_{РЗА} + S_{изм}$)
Кабель ТН - панель ввода ($S_{сч}$), расчетный учет

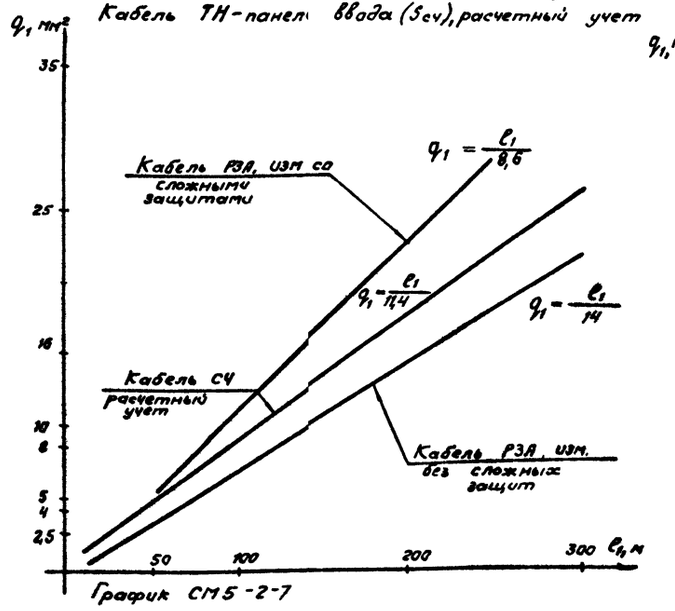


График СМ5-2-7

Кабель ТН - панель ввода ($S_{РЗА} + S_{изм.} + S_{сч}$)
Технический учет

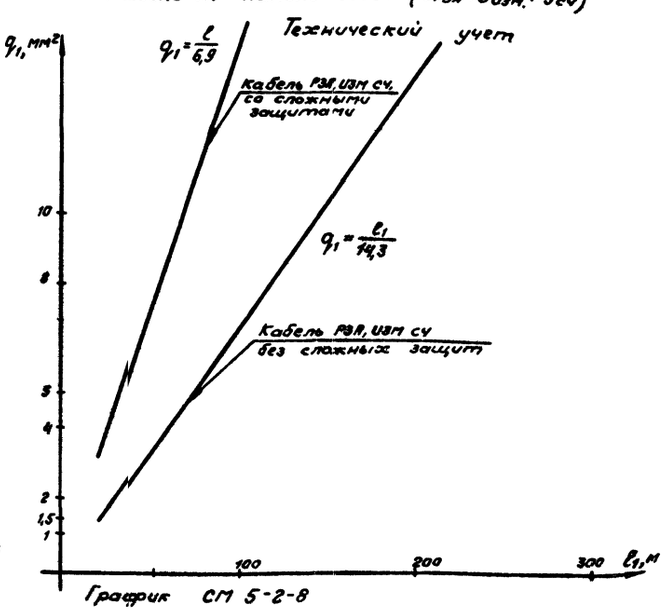


График СМ 5-2-8

Основная обмотка
Кабели по щиту (алюминий)

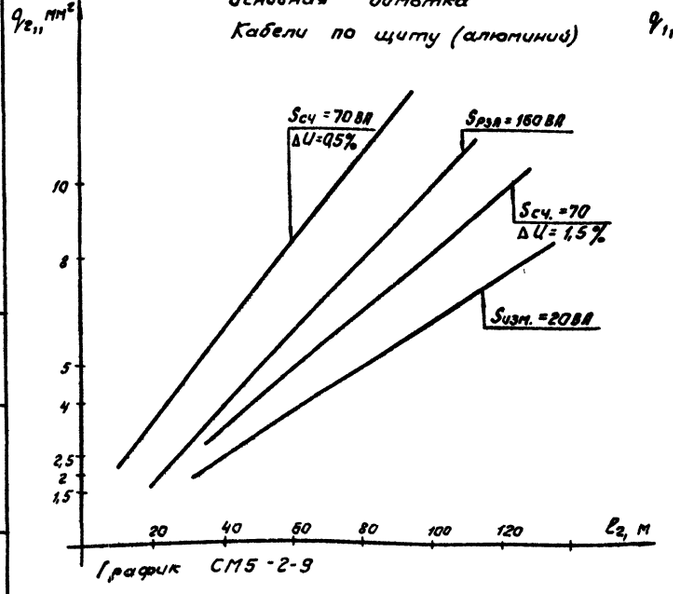


График СМ5-2-9

Дополнительная обмотка
Кабель ТН - панель ввода (алюминий)

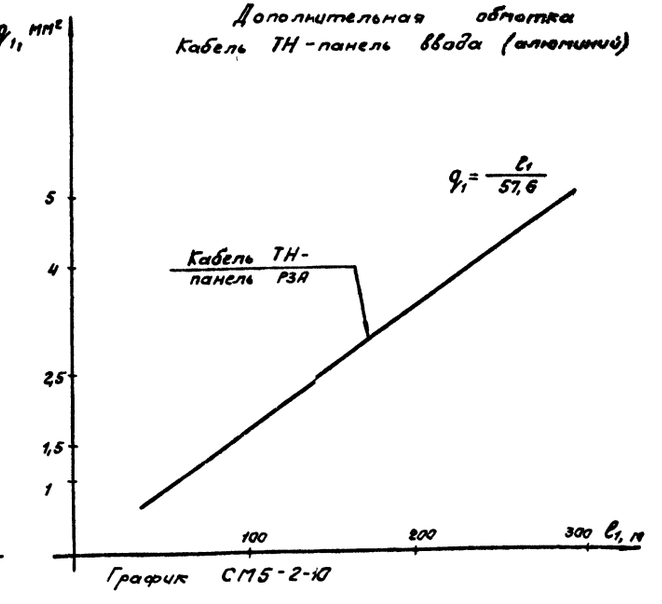


График СМ5-2-10

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

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

23388-01

Альбом 1

Графики $q_1 = f(\ell_1)$ и $q_2 = f(\ell_2)$ для ТН 3×НКФ-110-22Т 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 ВА ($S_{рзл}$ = 12 ВА, $S_{изм}$ = 48 ВА, $S_{сч}$ = 20 ВА)

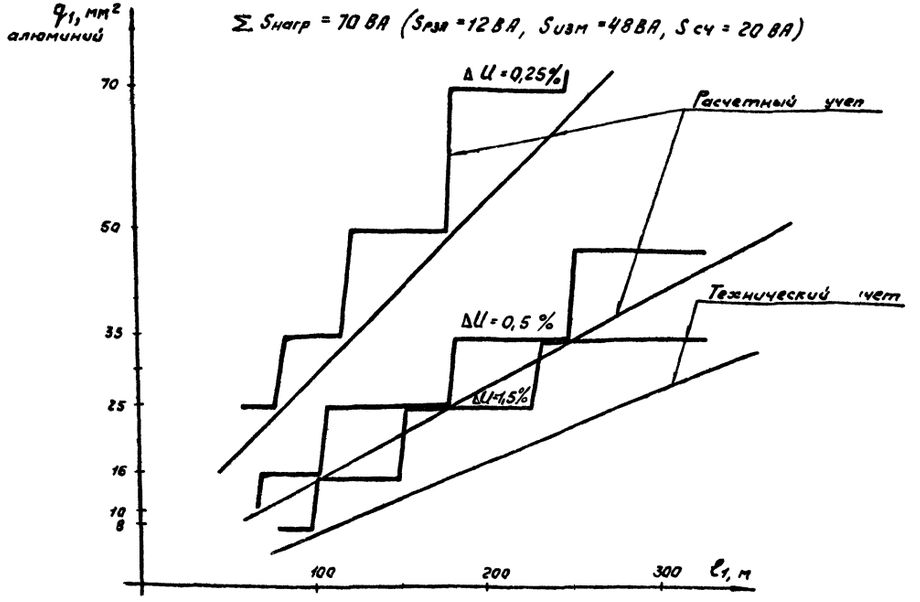


График СМ5-2-11

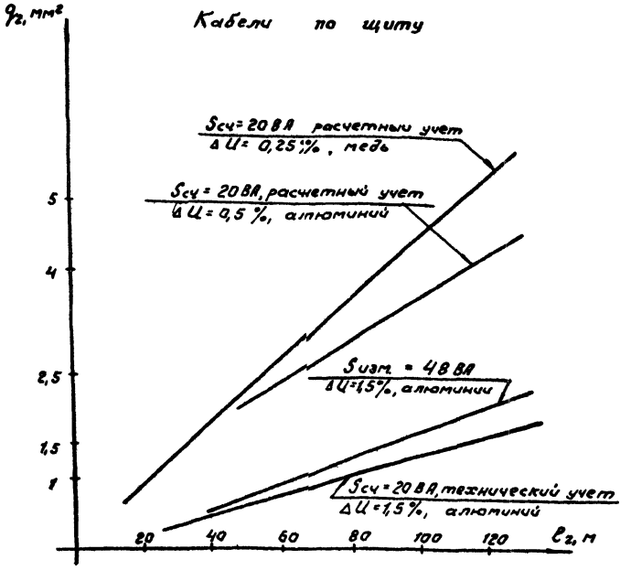


График СМ5-2-12

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 кабеля
— – расчетное сечение кабеля

Примечания
1 Кабельные перемычки по щиту устройств РЗЛ принимаются 1,5 мм² – по меди и 2,5 мм² – по алюминию
2 График для дополнительной обмотки ТН см СМ5-2-17 (лист 9)

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

Альбом 1

Приложение 5

Графики $q_1 - f(\ell_1)$ и $q_2 - f(\ell_2)$ для ТН 3×НКФ 110-220 на линиях 110-220 кВ ПС на выпрямленном оперативном токе

Основная обмотка

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

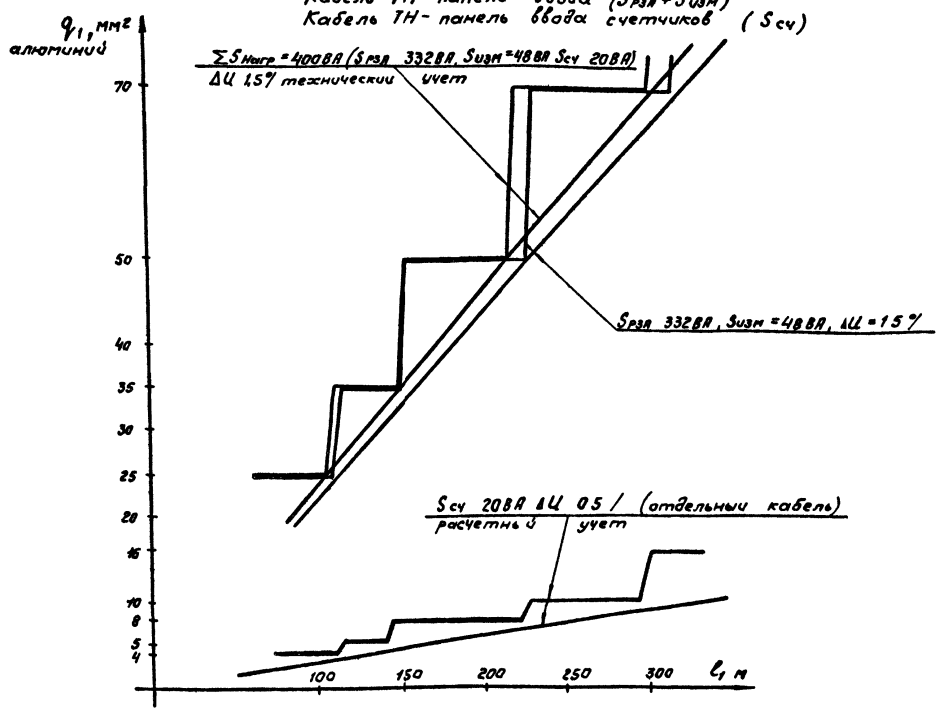


График СМ5-2 13

Кабели по щиту

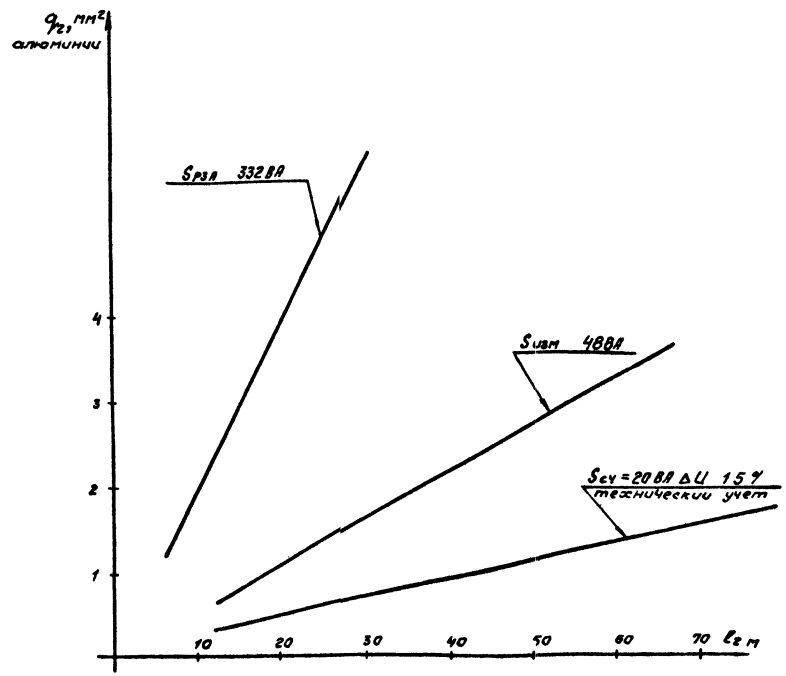


График СМ5 2 141

Условные обозначения

$S_{РЗА}$ – потребление устройствами РЗА,
$S_{изм}$ – потребление устройствами изм,
$S_{сч}$ – потребление устройствами сч,
━ – принятое сечение кабеля,
— – расчетное сечение кабеля

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

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Альбом 1

Графики $q_1 = f(\ell_1)$ и $q_2 = f(\ell_2)$ для ТН 3хНКФ-110-220 на шинах 110-220 кВ

Приложение 5

Основная обмотка

Кабель ТН - панель РПР ($S_{сч}$)

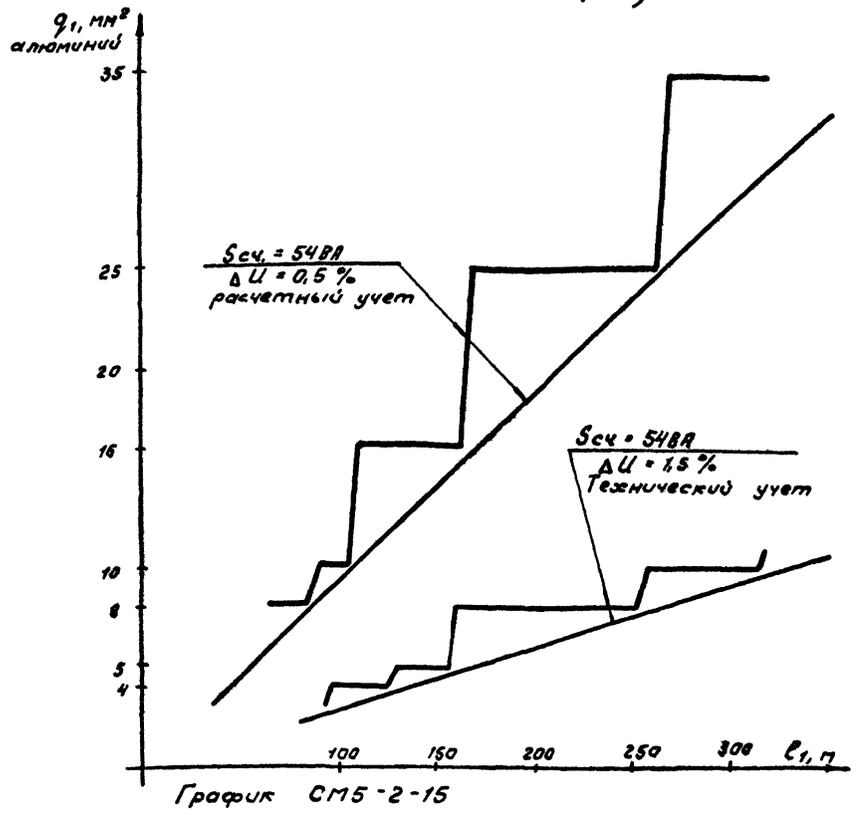


График СМ5-2-15

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

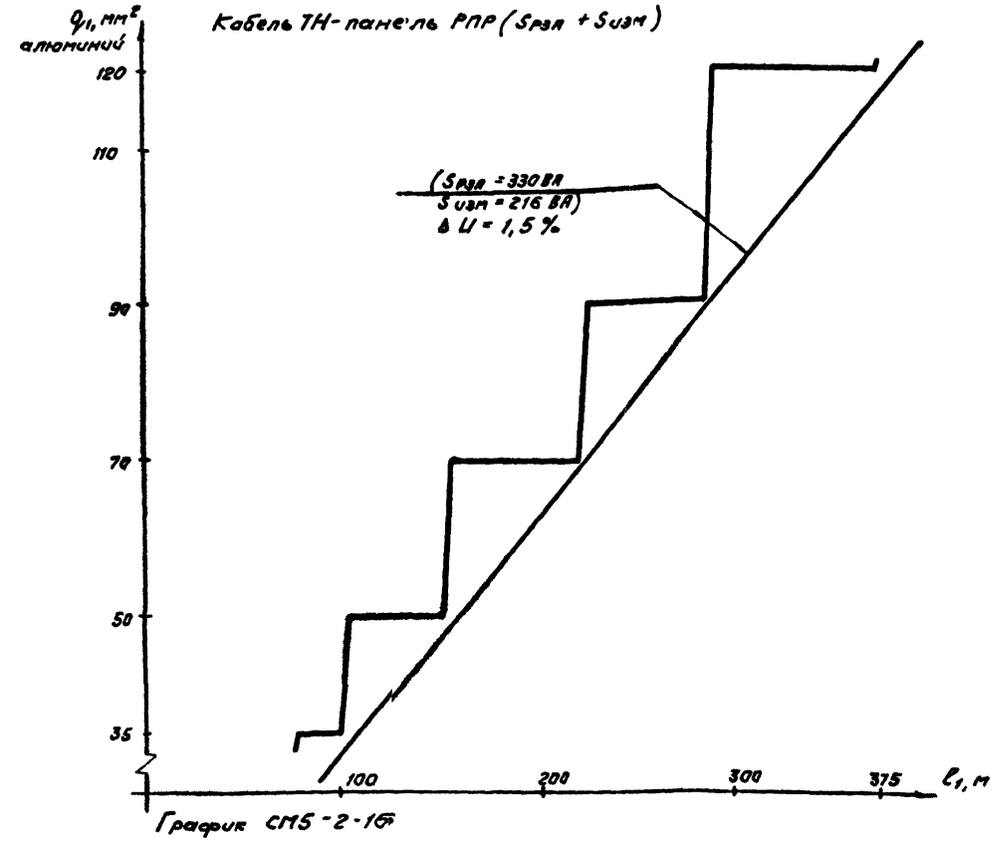


График СМ5-2-16

Дополнительная обмотка

Кабель ТН - панель РПР (алюминий)

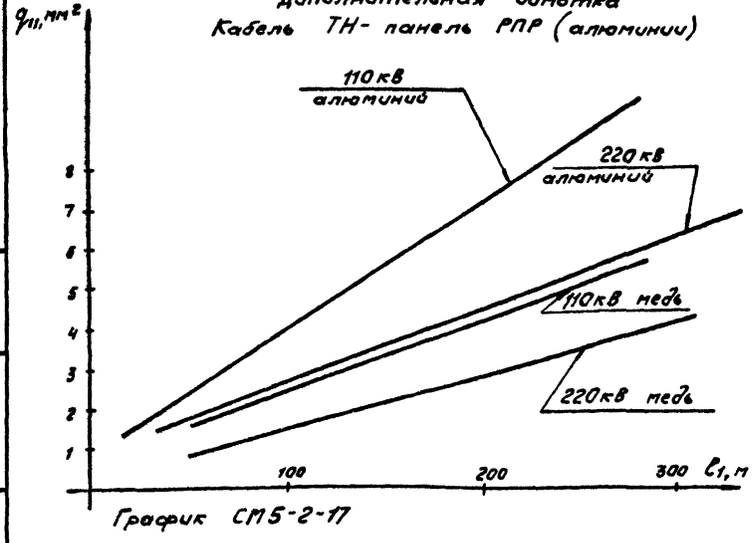


График СМ5-2-17

Кабели по щиту (алюминий)

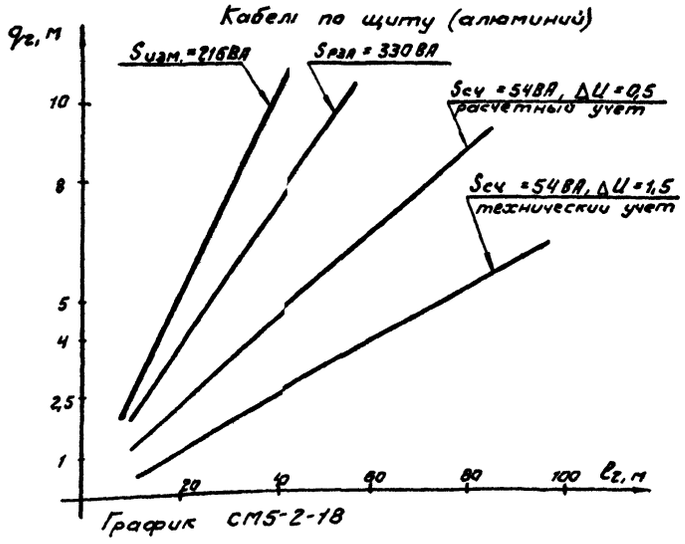


График СМ5-2-18

Условные обозначения

- РПР – реле-повторители разъединителей шин;
- $S_{рзм}$ – 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

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

Приложение 5

Графики $q_1 = f(\ell_1)$ и $q_2 = f(\ell_2)$ для ТН 3×НКФ-330-750, 3×НДЕ-500-750 на линиях 330 – 750 кВ

Основная обмотка

Кабель ТН – панель счетчиков ($S_{сч}$)

Расчетный учет

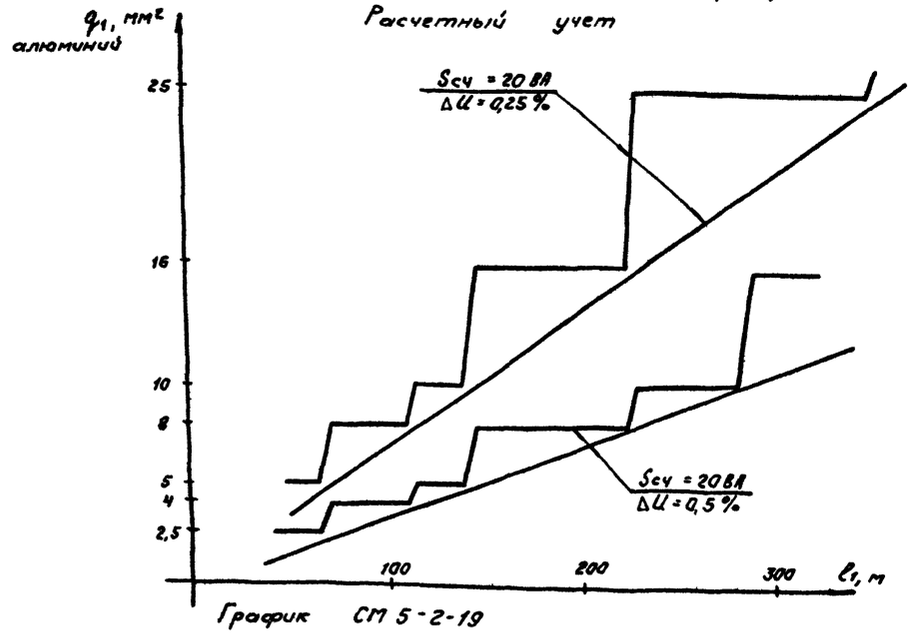


График СМ 5-2-19

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

Кабель ТН – панель ввода ($S_{рза} + S_{изм}$)

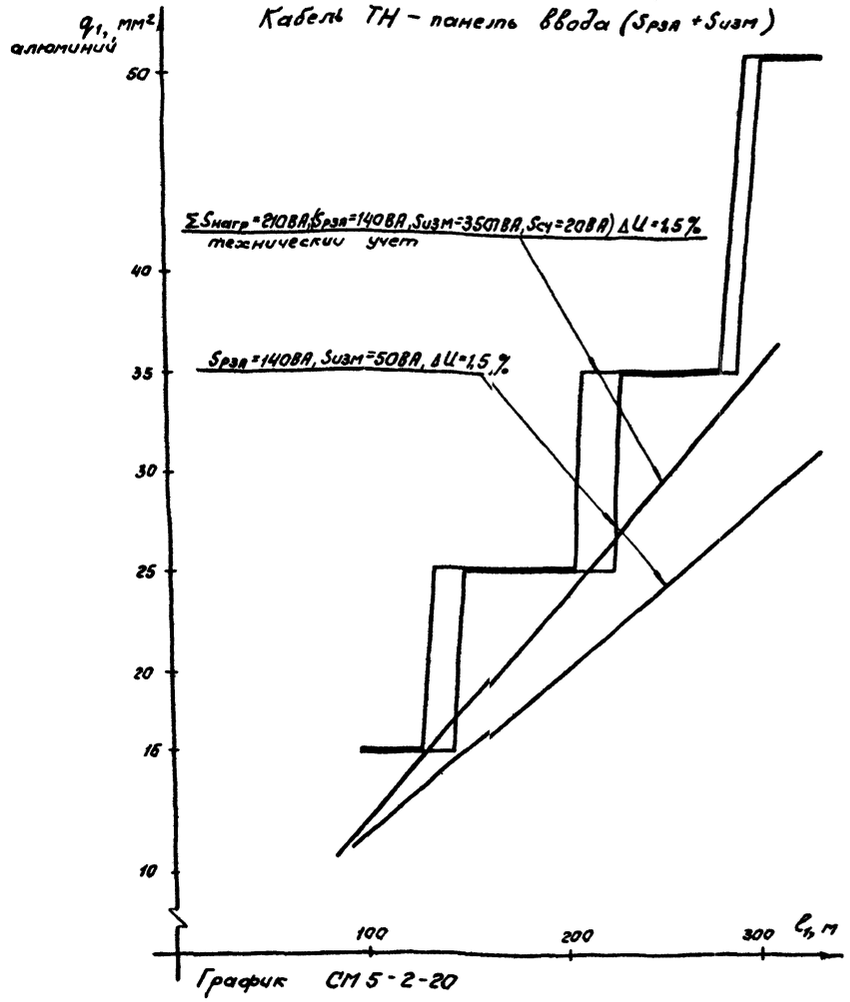


График СМ 5-2-20

Кабели по щиту

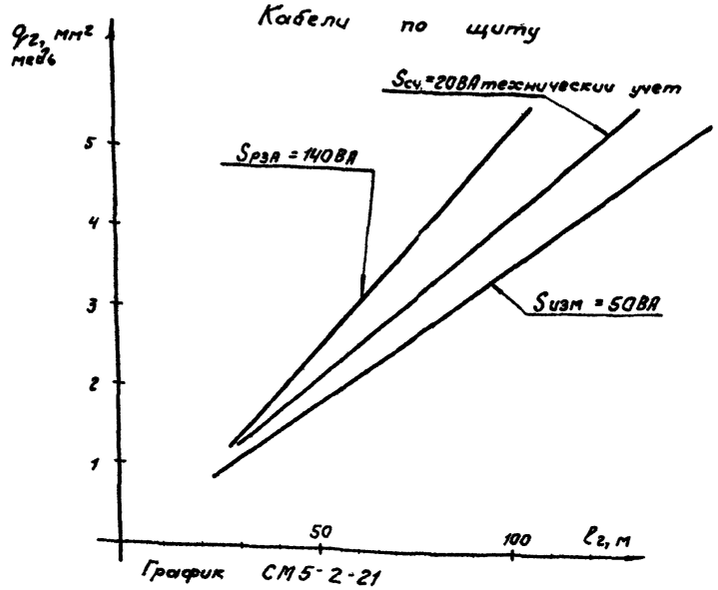


График СМ5-2-21

Условные обозначения

$S_{рза}$ – 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 СМ5-2-24 лист 11

Альбом 1

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Приложение 5

Графики $q_1=f(\ell_1)$ и $q_2=f(\ell_2)$ для ТН 3×НКФ-330, 3×НДЕ-500-750 на шинах 330-750 кВ

Основная обмотка

Кабель ТН - панель счетчиков (алюминий)

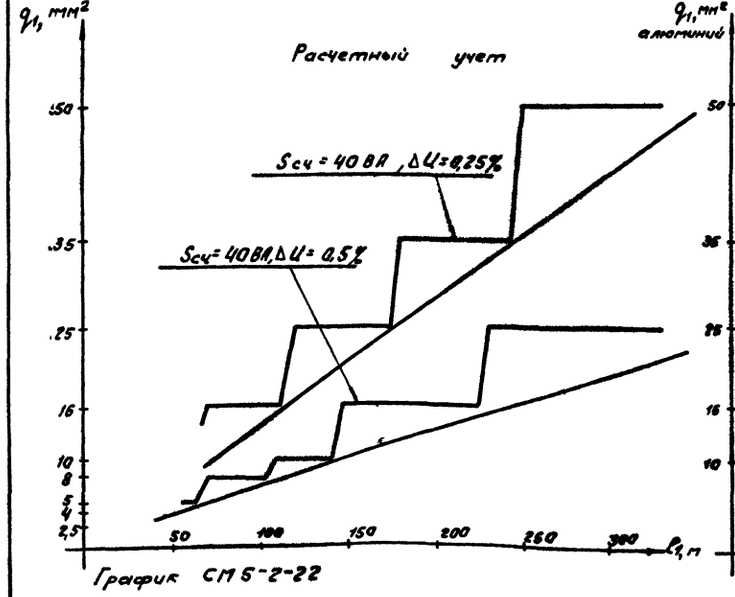


График СМ5-2-22

Кабель ТН- панель ввода (Σ S нагр)
Кабель ТН- панель ввода ($S_{рзл}$ + $S_{изм}$)

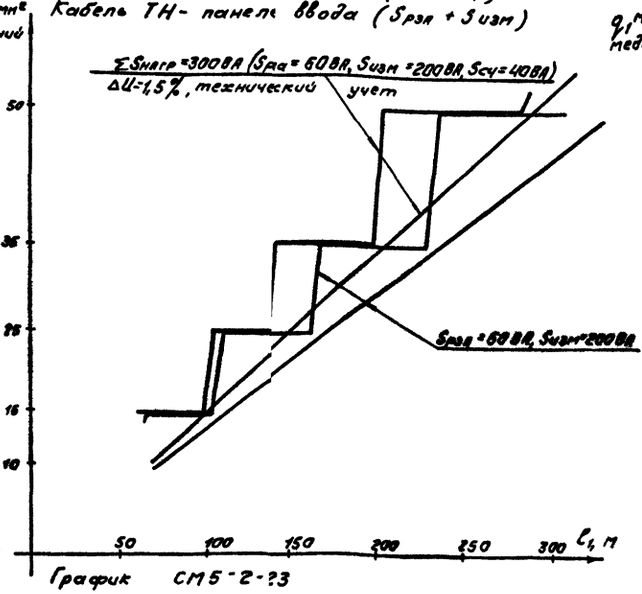


График СМ5-2-23

Дополнительная обмотка
Кабель ТН - панель ввода

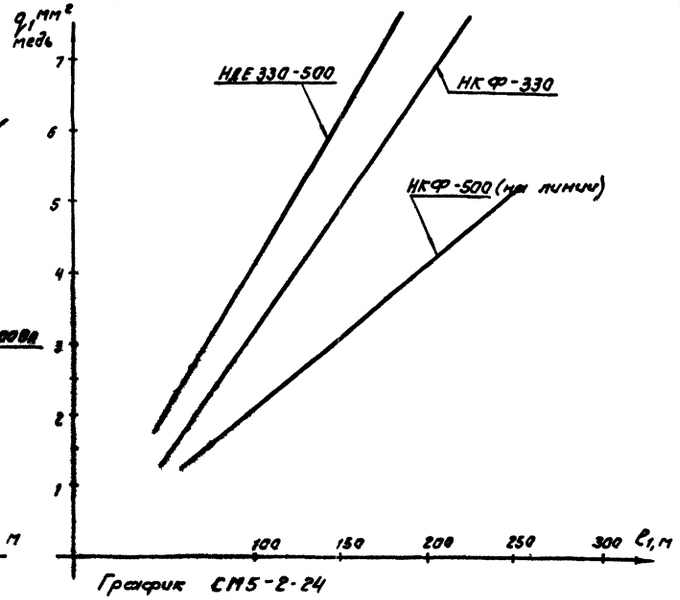


График СМ5-2-24

Кабели по щиту (медь)

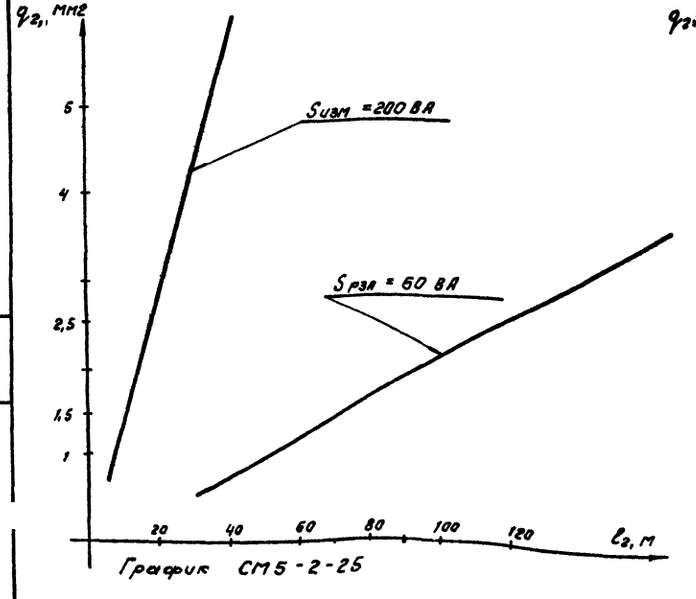


График СМ5-2-25

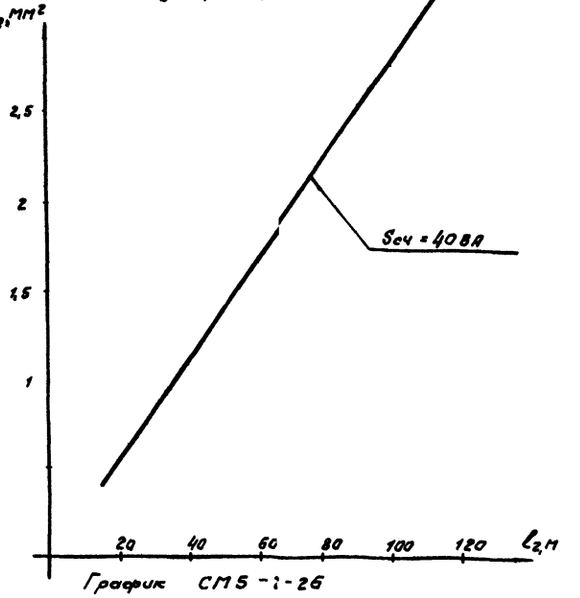


График СМ5-2-26

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

Альбом 1

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

gost.e-ecolog.ru