

ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

407-03-484 87

СХЕМЫ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ
НАПРЯЖЕНИЯ 0-10 кВ И ВЫШЕ

Альбом I

ПЗ Пояснительная записка СТР 5-26

ЗВ Схемы электрические принципиальные СТР 27 - 50

СМ Справочные материалы СТР 51 - 71

Инв № 23388-01

ОО ШПП 620062, г.Свердловск, ул.Чебышева, 4
Зак № 120001, 13361-01, тираж 650
Сдано в печать 9.06.1989 Цена 10-94

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

ЗВ 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
19.02.88г № 12

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ОТДЕЛЕНИЯ
ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА

*Л.Н.
Неструев*

А А ГАЛИЦЫН
Н.Н ШИФРИНА

С о д е р ж а н и е

а л ь б о м а № 1

№ листов	Наименование и обозначение документов Наименование листа	Стр	№ листов	Наименование и обозначение документов Наименование листа	Стр
	Титульный лист	1	5,6	ТН 6 - 10 кВ для счетчиков, ТН на 6кВоде 6 - 10 кВ трансформатора, ТН на линии 35 кВ	31,32
	Содержание альбома 1	2-4	7	Трансформаторы напряжения 3xZNOM-35 на шинах 35 кВ	33
1	Пояснительная записка 407 - 03 - 484 87 - ПЗ	5	8	Трансформаторы напряжения 3xHKФ-110-220 на линиях 110 - 220 кВ	34
1	1 Введение	5	9	Трансформаторы напряжения 3xHKФ-110 - 220 на шинах 110 - 220 кВ	35
1-4	2 Основные технические решения	5-8	10	Трансформаторы напряжения 3xHKФ - 330 - 500, 3xHDE - 500 на линиях 330 + 500 кВ	36
4,5	3 Область применения разработанных схем и подключение трансформаторов напряжения на подстанциях	8,9	11	Трансформаторы напряжения 3xHDE-750 на линии с одним комплектом конденса- торов связи	37
5	4 Резервирование, питание нагрузок вторичных цепей трансформаторов напряжения	9	12	Трансформаторы напряжения 3xHDE-750 на линии с двумя комплектами кон- денсаторов связи	38
6	5 Особенности работы трансформаторов напряжения типа HKФ и HDE	10	13	Трансформаторы напряжения 3xHKФ-330, 3xHDE - 500 - 750 на шинах 330 - 750 кВ	39
6,7	6 Сигнализация замыкания на землю в сетях 6 - 35 кВ	10,11	14	Поясняющие схемы РУ 330 - 750 кВ	40
7-9	7 Определение нагрузок вторичных обмоток трансформатора напряжения	11-13	15	Организация цепей напряжения РУ 35 кВ	41
9	8 Выбор автоматических выключателей	13	16	Организация цепей напряжения РУ 110 - 220 кВ со схемой "мостик"	42
9-11	9 Выбор сечений проводов кабелей во вторичных цепях ТН	13-15	17	Организация цепей напряжения РУ 110 - 220 с двумя системами шин	43
11-21	10 Особенности расчетов вторичных цепей ТН	15-25	18	Организация цепей напряжения РУ 220 - 750 кВ по схеме "Четырехугольник", "Треугольник"	44
22	11 Пояснения к схемам	26	19	Организация цепей напряжения РУ 330 - 750 кВ по схеме "Трансфор- маторы - шины"	45
22	12 Технико - экономические обоснования	26	20	Организация цепей напряжения РУ 330 - 750 кВ по схеме "Полуторная"	46
	Схемы электрические принципиальные 407 - 03 - 484 87 - Э8				
1,2	ТН 3xZNOM-6-10, НАМИ-10, 3xZNOM-35 на 6кВоде 6-10-35 кВ автотрансформатора	27,28			
3,4	Трансформаторы напряжения НАМИ - 10, 3xZNOM - 6-10 на шинах 6-10 кВ	29,30			

С о д е р ж а н и е

а л б о м а № 1

№ № листов	Наименование и обозначение документов Наименование листа	Стр.
21, 22	Организация цепей напряжения РУ 750 кВ по схеме "Четырехугольник", "Треугольник" при двух комплектах ТН на линии	47, 48
23	Организация цепей напряжения РУ 750 кВ по схеме "Трансформаторы - шины" при двух комплектах ТН на линии	49
24	Организация цепей напряжения РУ 750 кВ по схеме "Полутройка" при двух комплектах ТН на линии	50
	Справочные материалы	
	Приложение 1	
1	Технические характеристики трансформаторов напряжения 407-03 - 484 87 - СМ1 Таблица СМ1-1 Таблица СМ1-2	51
	Приложение 2	
1	Нагрузки вторичных цепей ТН 407-03 - 484 87 - СМ2	52
2	Потребление аппаратуры, приборов и устройств Таблица СМ2-1	53
3	Нагрузки вторичных цепей ТН 3x НКФ - 110 - 220 кВ на линиях 110-220 кВ Таблица СМ2-2	54
4	Нагрузки вторичных цепей ТН 3x НКФ - 330 - 500, 3x НДЕ - 500 - 750 на линиях 330 - 750 кВ Таблица СМ2-4	55

Инв. № подл.	Падл. и Запись
	Взятое

№ № листов	Наименование и обозначение документов Наименование листа	Стр.
5	Нагрузки вторичных цепей ТН 3x НКФ - 330, 3x НДЕ - 500 - 750 на шинах 330 - 750 кВ Таблица СМ2-5	56
1, 2	Приложение 3 Выбор установок автоматов вторичных цепей ТН 407-03 - 484 87 - СМ3 Таблица СМ3	57, 58
	Приложение 4	
1	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН 407-03 - 484 87 - СМ4	59
1	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН для линий 110 - 220 кВ Таблица СМ4-1	59
1	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН на шинах 110 - 220 кВ Таблица СМ4-2	59
2	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН для линий 330 - 750 кВ Таблица СМ4-3	60
2	Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей ТН на шинах 330 - 750 кВ Таблица СМ4-4	60

С о д е р ж а н и е

а л ь б о м а № 1

№ 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 3x НКФ - 110 - 220 на линиях 110 - 220 кВ Таблица СМ5 - 1-1	61
2	Определение сечений проводов кабелей ТН 3x НКФ - 110 - 220 на шинах 110 - 220 кВ Основная обмотка Таблица СМ5 - 1-2	62
	Дополнительная обмотка Таблица СМ5 - 1-3	
3	Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН 3x НКФ - 330 - 500, 3x НДЕ - 500 - 750 на линиях 330 - 750 кВ Таблица СМ5 - 1-4	63
4	Определение сечений проводов кабелей ТН 3x НКФ - 330, 3x НДЕ - 500 - 750 на шинах 330 - 750 кВ Основная обмотка Таблица СМ5 - 1-5	64
	Дополнительная обмотка Таблица СМ5 - 1-6	
5	Графики $q_1 = f(e_1)$ для ТН НАМИ-10, 3x ЗНОЛ-6-10, 3x ЗНОМ-35 на вводах 6-10-35 кВ автотрансформатора СМ5 - 2 - 1 - 3	65
	График $q_1 = f(e_1)$ для ТН 2x НОЛ (НОМ) - 6-10 на вводе 6-10 кВ трансформатора СМ5 - 2 - 4	

Инв. № подл	Подл. и дата	Взам. инв. №

№ листов	Наименование и обозначение документов Наименование листа	Стр
	График $q_1 = f(e_1)$ для ТН НАМИ-10, 3x ЗНОЛ-6-10 на шинах 6-10 кВ СМ5 - 2 - 5	
6	Графики $q_1 = f(e_1)$ и $q_2 = f(e_2)$ для ТН 3x ЗНОМ - 35 на шинах 35 кВ СМ5 - 22 - 6 - 10	66
7	Графики $q_1 = f(e_1)$ и $q_2 = f(e_2)$ для ТН 3x НКФ - 110 - 220 на линиях 110 - 220 кВ ПС на постоянном оперативном токе СМ5 - 2 - 11, 12	67
8	Графики $q_1 = f(e_1)$ и $q_2 = f(e_2)$ для ТН 3x НКФ - 110 - 220 на линиях 110 - 220 кВ ПС на выпрямленном оперативном токе. СМ5 - 2 - 13, 14	68
9	Графики $q_1 = f(e_1)$ и $q_2 = f(e_2)$ для ТН 3x НКФ - 110 - 220 на шинах 110 - 220 кВ СМ5 - 2 - 15 - 18	69
10	Графики $q_1 = f(e_1)$ и $q_2 = f(e_2)$ для ТН 3x НКФ - 330 - 500 3x НДЕ - 500 - 750 на линиях 330 - 750 кВ СМ5 - 2 - 19 - 21	70
11	Графики $q_1 = f(e_1)$ и $q_2 = f(e_2)$ для ТН 3x НКФ - 330, 3x НДЕ - 500 - 750 на шинах 330 - 750 кВ СМ5 - 2 - 22 - 26	71

1 Введение

Настоящие типовые материалы для проектирования разработаны в соответствии с поз 731 2410 плана типового проектирования Госстроя СССР на 1988 г по теме „Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше“ № 407-03-484 87

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

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

К числу указанных данных относятся

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

1.3. С выпуском настоящей работы аннулируются типовые решения института „Энергосетьпроект“ 107844, г Москва, ГСПБ, 2^я Бауманская, 7 „Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения для различных схем электрических соединений подстанций 10-500 кВ № 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, измерений, выводятся три фазных и один нулевой провод, обозначенные соответственно „A“, „B“, „C“, „N“

2.2.2 От дополнительных вторичных обмоток, соединяемых в разомкнутый треугольник, максимально выводятся четыре провода, обозначенные условно „H“, „K“, „U(I)“, „F“. Провода „H“ и „K“ предназначаются для выведения напряжения нулевой последовательности (ЗЦо).

Провод „U(I)“ используется для снятия векторных диаграмм при проверках рабочим током защит от замыканий на землю, получающих питание от цепи ЗЦо.

Цепи „H“ — „U(I)“ предназначаются для питания блокировки линейных защит при неисправностях цепей напряжения линий (см п 2.6).

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

407-03-484 87-П3			
ГИП	Шифрина	Цифр	
Нач. отд.	Мерзленкова	М	
Н.контр	Хомелев	Д	
Науч.сем.	Тунгачев	Л	
Рук. групп	Мышленова	Ч	

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6 кВ и выше			Станд. лист	Листов
PП	1	22		
Пояснительная записка			ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Бюро в АО РЭС отделение 1988 г.	

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, установленные 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 (соединенными 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 установок автоматов допускается несекретивное действие автоматов в шкафу у ТН при близком КЗ за дополнительным автоматом.

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

2. 4. 2. Для ТН, в сетях с малыми токами замыкания на землю, в цепи выводов ЗЦо (от обмоток, соединенных в разомкнутый треугольник), где в нормальных режимах работы сети напряжение отсутствует, предусмотрена установка защитного автомата.

Указанный автомат предназначен для защиты обмотки от длительного протекания по ней токов КЗ в случае замыкания между проводами, по которым подается напряжение ЗЦо, 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 ЗЦо для ТН 110 кВ и выше не устанавливается.

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

2. 4. 4. Для защиты цепей выводов от разомкнутых вершин треугольника ("У", "F") предусматривается отдельный автомат.

2. 4. 5. На основании технических характеристик ТН, а также рекомендаций по выбору установок автоматических выключателей для защиты основных и дополнительных обмоток ТН, приведенных в типовой работе N 52770 - 3 (см. п. 1.2), в настоящих типовых материалах для проектирования выполнена свободная таблица по установкам автоматов, см. приложение 3.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

При установке заземления на зажимах трансформатора запрещается обединение 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 сборочных 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 выходе 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.

407-03-484.87-ПЗ

Лист
3

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 НАМЦ-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 новых сооружаемых подстанционных объектов.

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

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

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

3 4. Подключение ТН 6-750 кВ предусматривается в соответствии с типовыми материалами для проектирования 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 ЗХНКФ-110, ЗХНКФ-220 выполняется для распределительных устройств с мостиковыми схемами.

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

На линиях 330 кВ устанавливаются ТН типа ЗХНКФ-330, для линий 500 кВ могут быть использованы ЗХНКФ-500 либо ЗХНДЕ-500, а для линий 750 кВ применяются ЗХНДЕ-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 НАМЦ-10, ЗХНОЛ-6-10, ЗХНОМ-35.

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

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

3. В. 3 На шинах 500 кВ могут устанавливаться ТН типа НКФ либо НФЕ (3xНКФ-500 или 3xНФЕ-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. В. 4. На шинах 750 кВ устанавливаются ТН типа НФЕ-750 (3xНФЕ-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 обединены шиносоединительным (секционным) выключателем и перевод присоединений с одной системы (секции) шин на другую не выполняется.

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

4. 3. Для линий 220, 330, 500 кВ со схемами РУ "треугольник", "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 "Полутрехугольник" и "Трансформаторы - шины с полутрехугольным 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 разединители.

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 разединители 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 разединители 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 пытаются по одному тракту, а резервные защиты и измерительные приборы - по другому.

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

5 Особенности работы трансформаторов напряжения типа НКФ и НДЕ

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

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

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

Упомянутый контур, в котором возникает явление феррорезонанса, создается в частности и при оперативных переключениях линий при установке НКФ до линейного разединителя (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 (автоматрансформатора).

Не сопровождаются явлениями феррорезонанса и оперативные переключения на установке НКФ на линиях за линейными разединителями, так как 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 директивами 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 дифференциальной защиты 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 ЗЧо подается к обмотке реагирующего реле, для действия которого при замыканиях на землю нулевая точка первичных обмоток должна быть заземлена.

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

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

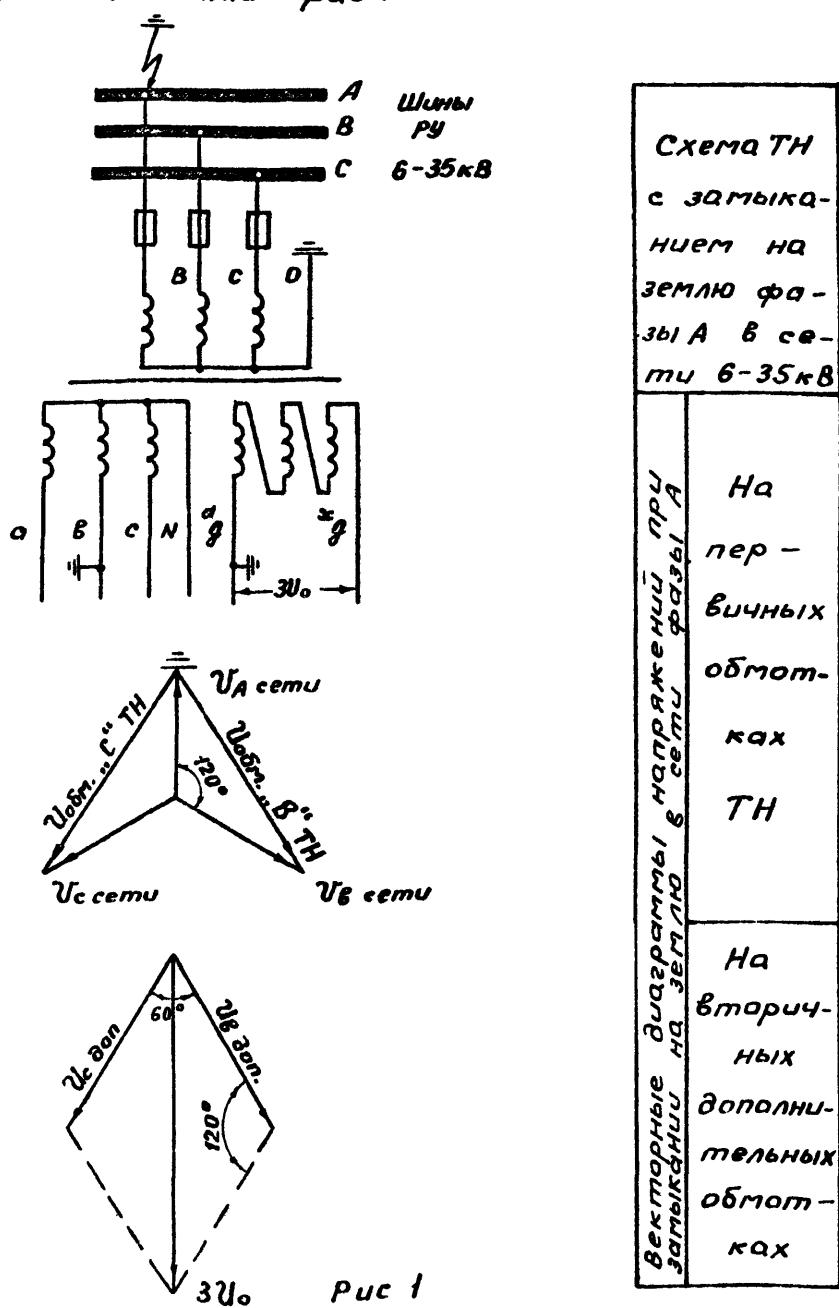
Вследствие того, что нейтраль сети изолирована, короткое замыкание не возникает и симметрия векторной диаграммы напряжений сети не нарушается.

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

На выходе обмотки, соединенной в разомкнутый треугольник, будет сумма векторов двух фаз сдвинутых между собой на 60°

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

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



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

В связи с тем, что напряжение на выходе обмоток, соединенных в разомкнутый треугольник, может возникнуть 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 устройства 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% Ин, а в кабеле между ТН и панелью расчетных счетчиков потребительских линий — 0,5% Ин.

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

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

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

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

7.2. Порядок определения нагрузок вторичных цепей ТН.

7.2.1 Определение нагрузки ТН производится по данным о потреблении релейной и измерительной аппаратуры, счетчиков и других устройств, подключаемых к ТН.

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

Пересчет с другого напряжения на расчетное производится по выражению

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

где S_u — потребление, заданное при напряжении U ;

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

Если известно только сопротивление зеркала или прибора, то потребление определяется по выражению

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

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

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

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

$$\text{Для фазы } A \quad S_{\text{НФ}} = \frac{S_{\text{Нас}}}{\sqrt{3}} \sqrt{K^2 + K + 1} \quad K = \frac{S_{\text{Нас}}}{S_{\text{НВС}}}$$

$$\text{Для фазы } B \quad S_{\text{НФ}} = \frac{S_{\text{Нас}}}{\sqrt{3}} \sqrt{K_1^2 + K_1 + 1} \quad K_1 = \frac{S_{\text{НВС}}}{S_{\text{Нас}}}$$

$$\text{Для фазы } C \quad S_{\text{НФ}} = \frac{S_{\text{Нас}}}{\sqrt{3}} \sqrt{K_2^2 + K_2 + 1} \quad K_2 = \frac{S_{\text{НВС}}}{S_{\text{Нас}}}$$

здесь, $S_{\text{Нас}}$ — линейная нагрузка между фазами АВ

$S_{\text{НВС}}$ — линейная нагрузка между фазами ВС

$S_{\text{Нас}}$ — линейная нагрузка между фазами АС

при этом условии принято следующее неравенство линейных нагрузок $S_{\text{НВС}} > S_{\text{Нас}} > S_{\text{НВ}}$

Наибольшее значение $S_{\text{Н}}$ будет для той фазы, к которой присоединены две междуфазные нагрузки, каждая из которых больше третьей. При неравенстве нагрузок, принятом выше ($S_{\text{НВС}} > S_{\text{Нас}} > S_{\text{НВ}}$) максимальная нагрузка будет у фазы В, то есть $S_{\text{НФ}}^B$.

При наличии нагрузок, включенных на фазное напряжение (в четырехпроводных вторичных цепях), потребляемая ими мощность $S_{\text{НФ}}$, приведенная к фазному напряжению должна суммироваться с мощностью междуфазной нагрузки соответствующих фаз. При этом полная мощность нагрузки любой из фаз ТН будет $S_{\text{НФ}} = \frac{S_{\text{НФ}} \text{ Нагр}}{\sqrt{3}} \sqrt{K^2 + K + 1} + S_{\phi} \quad (7-3)$

При отсутствии нагрузок, включенных на фазное напряжение, $S_{\phi} = 0$.

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

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

7 2 4 При соединении вторичных обмоток обеих однофазных трансформаторов напряжения в открытый треугольник и равенство 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 з Δ дополнительной обмотки приводится к напряжению 100 В.

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

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

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

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

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

а для сетей с заземленной нейтралью

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

где $S_{нн}$ — нагрузка в цепи з Δ ,

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

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

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

8. Выбор автоматических выключателей

8 1 Общие положения

В качестве защитных автоматов во вторичных цепях ТН применяются автоматические выключатели типа 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_n

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

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

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

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

8 2 Анализ ситуаций, возникающих при неисправностях в цепях ТН с разработкой и определением расчетных выражений для вычислений установок 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 установок 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 ПЧЭ, должна обеспечиваться надежная работа автоматических выключателей при КЗ во вторичных цепях ТН

На основе этих требований с использованием расчетных данных и формул, приведенных в типовой работе 52770-Э (см. п. 1.2 настоящей ПЗ), составлены таблицы по определению нагрузок вторичных цепей ТН с расчетами допустимых сопротивлений кабелей, а также сечений жил (проводов) кабелей, питающих указанные нагрузки, применительно к схемам распределительных устройств подстанций 110 - 750 кВ по типовым материалам для проектирования Н 407 - 03 - 456.87.

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

В таблицах и графиках приведены данные по расчетным выражениям, расчету и выбору сечений жил (проводов) кабелей, прокладываемых как в ячейках ТН распределительных со ответствующих напряжений, так и связывающих ящики зажимов ТН с панелью входа цепей напряжения на щите, а также кабелей по щиту между панелью входа 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^х 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 ($\gamma_{\text{пр доп}}$), определяется расчетное сечение жил кабелей для выбранного расстояния между ячейкой ТН и щитом по выражению

$$\varrho_1 = \frac{\varrho_1}{\gamma^2 \gamma_{\text{пр доп}}} \quad (9-1), \text{ где}$$

ϱ_1 — длина, в которую входит удвоенная длина кабеля от шкафа ТН до наиболее удаленной фазы + длина кабеля от шкафа ТН до панели входа цепей напряжения на щите; удвоенная длина кабеля в ячейке ТН принимается в связи с обединением нуля вторичных цепей ТН в ящики 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 ϱ_1 подбирается ближайшее большее сечение кабеля и определяется его сопротивление $\gamma_{\text{пр 1}}$ и $\gamma_{\text{пр 2}}$ с учетом выбранного сечения на участке длиной ϱ_1 .

Определение максимальной нагрузки на фазу производится по выражению

$$S_{\text{НФ1 max}} = \frac{S_2}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 + \frac{S_1}{S_2} + 1} + S_\phi,$$

где $S_2 > S_1$ — межфазные нагрузки притыкающие к одной фазе,
 S_ϕ — нагрузка включенная на фазу

На вводах 6-10 кВ устанавливаются ТН типа НАМИ-10 или ЗХЗНОЛ-6-10 — для автотрансформаторов и 2x НОЛ (НОМ) - 6-10- для трансформаторов

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

Согласно таблице СМ1-1 (приложение 1) мощность ТН типа ЗХЗНОЛ-6, НОЛ-6 (НОМ-6) в классе 3 составляет 200 ВА, а типа ЗХЗНОЛ-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 $\pm 0,2\%$ и по дополнительным в зависимости от распределения нагрузок по обмоткам ТН (см. таблицу СМ1-2, приложение 1). Для каждого из вариантов сочетания нагрузок предлагается определять дополнительную погрешность ТН типа НАМИ по выражениям.

$$\Delta U_{ab} = - \left[\frac{S_{ab} - 75}{100} + \frac{S_{ac}}{2 \cdot 100} \right] Z_k \quad (10-1)$$

$$\Delta U_{bc} = - \left[\frac{S_{bc} - 75}{100} + \frac{S_{ac}}{2 \cdot 100} \right] Z_k$$

$$\Delta U_{ca} = - \left[\frac{S_{ab} - 75}{2 \cdot 100} + \frac{S_{bc} - 75}{2 \cdot 100} + \frac{2S_{ac}}{100} \right] Z_k$$

где S_{ab} , S_{bc} , S_{ac} — мощности нагрузок, включенные на линейные напряжения, Z_k — 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

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

$$S_{bc} = 0, \quad S_{ac} = 0,$$

$S_{\phi 1} = 62 + 15 = 77 \text{ ВА}$ — при включении одной панели ПЭ 2105

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

$$S_{\text{НФ1 max}} = \frac{S_{ab}}{\sqrt{3}} + S_\phi = \frac{36}{\sqrt{3}} + 77 = 98 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{НФ2 max}} = \frac{S_{ab}}{\sqrt{3}} + S_{\phi 2} = \frac{36}{\sqrt{3}} + 139 = 160 \text{ ВА},$$

$$S_{ab1 \text{ max}} = 36 + 77 = 113 \text{ ВА},$$

$$S_{ab2 \text{ max}} = 36 + 139 = 175 \text{ ВА},$$

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

для ТН типа НАМИ-10 определяется дополнительная погрешность с учетом распределения нагрузки $S_{ab2 \text{ max}} = 175 \text{ ВА}$ по выражению 10-1

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

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

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

Максимальная суммарная погрешность НАМИ-10 составит $\sum \Delta U_{ca} = +0,2 + 1,176 = +1,376$

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

допустимое сопротивление провода кабеля основной обмотки ТН при потере напряжения в классе 3

— при включении одной панели ПЭ 2105

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

— при включении двух панелей ПЭ 2105

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

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

$$Z_{pr} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{in}}{12 \cdot Z_{\text{расч}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 / \sqrt{3}}{12 \cdot 2,5} = 3,33 \text{ Ом}$$

расчет сечений проводов кабелей основной обмотки определяется по сопротивлению Z_{pr}

— при включении одной панели ПЭ 2105

$$q = \frac{\ell}{\gamma Z_{pr}} = \frac{\ell}{57 0885} = \frac{\ell}{504} \text{ - для кабеля с медными проводами}$$

$$q = \frac{\ell}{\gamma Z_{pr}} = \frac{\ell}{34,5 0885} = \frac{\ell}{305} \text{ - для кабеля с алюминиевыми проводами}$$

— при включении двух панелей ПЭ 2105

$$q = \frac{\ell}{\gamma Z_{pr}} = \frac{\ell}{57 0,571} = \frac{\ell}{3255} \text{ - для кабеля с медными проводами}$$

$$q = \frac{\ell}{\gamma Z_{pr}} = \frac{\ell}{34,5 0,571} = \frac{\ell}{1969} \text{ - для кабеля с алюминиевыми проводами}$$

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 ЗЦо

Расчет производится по выражению

$$Z_{pr} = \frac{1}{2} \frac{3U_{HTH}}{6 Z_{нрасч}}$$

$$\text{для НАМИ-10} - Z_{pr} = \frac{1}{2} \frac{3100}{6 16} = 15625 \Omega$$

$$\text{для ЗНОЛ-6-10} - Z_{pr} = \frac{1}{2} \frac{3100/3}{6 25} = 333 \Omega$$

Зависимость сечения кабеля от его длины для дополнительной обмотки определяется для ТН типа НАМИ-10

$$q = \frac{\ell}{57 15625} = \frac{\ell}{8906} \text{ мм}^2 \text{ - при медных проводах в кабелях,}$$

$$q = \frac{\ell}{34,5 15625} = \frac{\ell}{539} \text{ мм}^2 \text{ - при алюминиевых проводах в кабелях,}$$

для ЗНОЛ-6-10

$$q = \frac{\ell}{57 333} = \frac{\ell}{189,8} \text{ мм}^2 \text{ - при медных проводах в кабелях,}$$

$$q = \frac{\ell}{34,5 333} = \frac{\ell}{114,9} \text{ мм}^2 \text{ - при алюминиевых проводах в кабелях}$$

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

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

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

$$S_{ph} = 158 \text{ А}$$

$$S_{об} = 625 + 70 = 2625 \text{ ВА}$$

$$S_{ac} = 625 + 6,5 + 625 = 198 \text{ А}$$

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

Максимальная нагрузка на обмотку

$$S_{Hmax} = S_{obmax} = 15\sqrt{3} + 2655 = 522$$

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

Допустимое сопротивление провода кабеля по потере напряжения для устройства РЗА

$$Z_{pr} = \frac{\Delta U 100}{3 S_{нагр}} = \frac{3100}{3 \cdot 522} = 1,90 \Omega$$

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

Зависимость сечения кабеля от длины определяется выражениями

$$q = \frac{\ell}{57 Z_{pr}} \text{ - при медных проводах в кабелях,}$$

$$q = \frac{\ell}{34,5 Z_{pr}} \text{ - при алюминиевых проводах в кабелях}$$

По принятому допустимому сопротивлению

$$Z_{pr} = 1,90 \Omega \text{ зависимость } q \text{ от } \ell \text{ рассчитывается по}$$

$$q = \frac{\ell}{1083} \text{ мм}^2 \text{ - для кабелей с медными проводами,}$$

$$q = \frac{\ell}{6555} \text{ мм}^2 \text{ - для кабелей с алюминиевыми проводами}$$

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 ($3 \times \text{ЗНОЛ-6-10, НАМИ-10}$)

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 секций шин 6-10 кВ,
- питание устройства автоматической частотной нагрузки секции шин 6-10 кВ,
- вольтметр показывающий с переключателем,
- амперметр, 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 (λ) предполагается подключение их в следующем порядке:

$$S_{\text{об}} = S_{\text{РН}} \frac{154}{160} - 2 \text{шт} + S_{\text{ВЧУ}} + S_{\text{W+VA2}} = \\ = 2 \cdot 6,25 + 2 \cdot 3,7 + 2 \cdot 10 = 39,9 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{вс}} = S_{\text{РН}} \frac{154}{160} + S_{\text{ВЧУ}} + S_{\text{W+VA2}} = \\ = 6,25 + 2 \cdot 3,7 + 2 \cdot 10 = 33,65 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{са}} = S_{\text{РН}} \frac{154}{160} + S_{\text{ВЧУ}} + S_{\text{АЧР}} + S_{\text{РН}} + S_{\text{v}} = \\ = 6,25 + 3,7 + 2 \cdot 3 + 10 + 2 = 27,95 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{Ф}} = S_{\text{БПН II}} + S_{\text{РНФ}} - 1 \text{М} = 24 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{НФ max}} = S_{\text{НФв}} = \frac{S_{\text{вс}}}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{S_{\text{об}}}{S_{\text{вс}}}\right)^2 + \frac{S_{\text{об}}}{S_{\text{вс}}} + 1} + S_{\text{Ф}}$$

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

Изл. Альбом	Подп. и дата

$S_{\text{НФ max}} = 60,86$ учитывает использование счетчиков с потреблением — 3,78 ВА
для счетчиков САЗУ и САЧУ с потреблением — 6 ВА на обмотку

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

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

10.2.2. Согласно техническим данным, ТН типа ЗНОЛ6 работает в классе 1 при нагрузке до 75 ВА
следовательно, при применении счетчиков типа ЭЭБ700 разница между мощностью ТН и общеподстанционной нагрузкой составит

$$75 - 60,86 = 14,14 \text{ ВА}$$

а при использовании счетчиков САЗУ и СРЧУ

$$75 - 68,06 = 6,94 \text{ ВА}$$

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

Если на подстанции все линии 6-10 кВ, имеют технический учет, то их питание вместе с подстанционной нагрузкой допускается осуществлять от ТН в классе точности ниже 1, то есть 3. Для ЗНОЛ6 допустимая нагрузка в указанном классе составляет 200 ВА, запас по мощности выражается в 139,1 и 131,94 ВА в зависимости от типов примененных счетчиков.

Количество линий с техническим учетом может быть 19 — при использовании счетчиков типа ЭЭБ700 или 11 — при САЗУ и СРЧУ

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, питаемых от общих цепей напряжения) должно определяться по возможностям расчетного учета, т.к. ТН должен работать в классе точности 1.

10.2.3. ТН типа ЭНО/1-10 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 ЭЭБ700.

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 ЭЭБ700 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 (ЭЭБ700) (пояснения см п 10.2.2).

10.2.4 Для ТН типа НАМИ-10 выполняется расчет дополнительной погрешности, учитывающей принятое распределение нагрузок по обмоткам — $\Delta U_{\text{доп}}$, согласно п 10.2.1 и выражениям 10-1.

При применении счетчиков ЭЭБ700

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

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

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

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

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

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

Максимальная суммарная погрешность будет:

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

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

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

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

При применении счетчиков САЗУ и СРЧУ

$$S_{ab} = 44,5 + 24 = 68,5$$

$$S_{bc} = 38,25 + 24 = 60,25$$

$$S_{ca} = 30,25 + 24 = 54,25$$

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

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

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

Максимальная суммарная погрешность будет

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

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

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

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

При применении на линиях счетчиков типа ЭЭБ700 количество линий с расчетным учетом, подключаемых к ТН типа НАМИ, помимо общеподстанционной нагрузки составит 6, при этом $\sum \Delta U_{\text{max}} = - 0,2 - 0,733 = - 0,933\%$

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

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

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 ЭЭБ700 или 23 линий с счетчиками САЗУ и СРЧУ.

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

Таблица 10-1

Виды нагрузок	Типы ТН 6-10 кВ					
	ЗНОЛ 6		ЗНОЛ 10		НАМИ 10	
	Класс точности	Класс точности	Класс точности	Класс точности	Класс точности	Класс точности
3	1 2	3 3	1 4	3 5	1 6	3 7
Общеподстанционная нагрузка	+		+		+	
Количество линий с счетчиками	336700	1	19	12	более 30	6
счетчиками	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 3xЗНОЛ 6 при конкретном проектировании необходимо предусматривать установку дополнительного ТН для питания счетчиков линий расчетного учета.

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

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

Нагрузка на обмотку ТН определяется по выражению:

$$S_H = S_{ab} \sqrt{\left(\frac{S_{ac}}{S_{ab}}\right)^2 + \frac{S_{ca}}{S_{ab}} + 1}, \text{ где}$$

$$S_{ab} = S_{bc} = 7,4 \text{ ВА} \quad \text{для счетчиков 336700,}$$

$$S_{ca} = 3,7 \text{ ВА}$$

$$S_{ab} = S_{bc} = 12 \text{ ВА} \quad \text{для счетчиков САЗУ и СРЧУ}$$

$$S_{ca} = 6 \text{ ВА}$$

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

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

Для ТН 2xНОЛ (НОМ 6) номинальная мощность обмотки в классе 1 — 75 ВА; к ТН можно подключить счетчики типа 336700 — 7 линий или счетчики типа САЗУ и СРЧУ ~ 5 линий с расчетным учетом.

Для ТН 2xНОЛ (НОМ)-10 номинальная мощность обмотки в классе 1 — 150 ВА; к ТН можно подключить счетчики типа 336700 — 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 является цепи измерительных приборов и РПН на щите, к которым прокладывается кабель, нагрузка 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:

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

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

Зависимость сечения кабеля от его длины определяется по выражению:

$$q = \frac{\rho}{g \cdot Z_{pr}}$$

Для основной обмотки ТН

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

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

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

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

10.4 ТН типа НОМ-35 на линии 35 кВ

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

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

$$Z_{\text{пр доп}} = \frac{1}{2} \frac{3U_{\text{НН}}}{6U_{\text{расч}}} = \frac{1}{2} \frac{3 \cdot 100}{6 \cdot 2,5} = 10 \text{ м}$$

Зависимость сечения кабеля от его длины —

$$d = \frac{e}{\sigma Z_{\text{пр доп}}} = \frac{e}{34,5 \cdot 10} = \frac{e}{345},$$

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

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

Указанное $Z_{\text{пр доп}}$ обеспечивается при прокладке кабелей от ТН до щита на расстояние до 570 м при использовании как медных жил сечением 1,5 мм², так и алюминиевых — 2,5 мм²

Дополнительная обмотка ТН 3xЭНОМ-35 на вводе 35 кВ автотрансформатора имеет тоже 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 3xЭНОМ-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,
- амперметр, барометр на выключателе ввода 35 кВ трансформатора, автотрансформатора,
- питание устройства регулирования напряжения под нагрузкой трансформатора

К нагрузкам линий 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

$$\left. \begin{array}{l} S_{ab} = 40 \text{ ВА} \\ S_{bc} = 34 \text{ ВА} \\ S_{ca} = 38 \text{ ВА} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{при применении} \\ \text{счетчиков ЭЭБ700} \\ \text{на трансформаторном вводе} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} S_{ab} = 45 \text{ ВА} \\ S_{bc} = 39 \text{ ВА} \\ S_{ca} = 41 \text{ ВА} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{для счетчиков} \\ \text{САЗУ, СРЧУ на} \\ \text{трансформаторном вводе} \end{array}$$

$$S_p = S_{\text{РНФ-TH}} = 15 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{НФ max}} = S_{\text{НФa}} = \frac{S_{ca}}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{S_{ab}}{S_{ca}}\right)^2 + \frac{S_{ab}}{S_{ca}} + 1} + S_p = \\ = \frac{38}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{40}{38}\right)^2 + \frac{40}{38} + 1} + 15 = 54,1 \text{ ВА} - \text{для счетчиков ЭЭБ700}$$

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

10.6.2 Согласно техническим данным, ТН типа 3xЭНОМ-35 работает в классе точности 1 при нагрузке до 250 ВА и в классе 3 при нагрузке 600 ВА

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

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

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

счетчики + панель РЗА-4

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

счетчики + напряженная
защита

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

со счетчиками

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

Если на линиях установлены счетчики расчетного учета, то потребление нагрузки, подключенной к вторичным цепям ТН, не должно 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 —

$$\gamma_{\text{пр доп}} = \frac{\Delta U_{\text{ИЧН}}}{3 S_{\text{нагр}}} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 250} = 0,067 \text{ Ом}$$

при техническом учете —

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

Допустимое сопротивление по надежной работе автотрансформатора

$$\gamma_{\text{пр доп}} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ИЧН}}}{12 S_{\text{нагр}}} \right)^2 - X_{\text{TH}}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} \cdot 100 / \sqrt{3}}{12 \cdot 10} \right)^2 - 0,167^2} = 0,82 \text{ Ом}$$

10.6.4 Расчет сечения проводов кабеля основной обмотки ТН проводится с $\gamma_{\text{пр доп}}$ по падению напряжения

При прокладке от ТН до щита общего кабеля для устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), измерений (ИЗМ), счетчиков (С2), сечение проводов определяется по выражениям

$$\gamma = \frac{\ell}{\gamma' \gamma_{\text{пр доп}}},$$

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

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

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

— для кабеля счетчиков

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

$$\gamma = \frac{\ell}{34,5 \cdot 0,33} = \frac{\ell}{114}$$

— для кабеля релейной защиты и измерения

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

$$\gamma = \frac{\ell}{34,5 \cdot 0,25} = \frac{\ell}{86,6}$$

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

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

$$\gamma = \frac{\ell}{\gamma' \gamma_{\text{пр доп}}} = \frac{\ell}{34,5 \cdot 0,417} = \frac{\ell}{143}$$

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

Расчет производится по выражению

$$\gamma_{\text{пр доп}} = \frac{1}{2} \frac{U_{\text{ИЧН}}}{U_{\text{нагр}}} = \frac{1}{2} \frac{100/3}{10} = 1,67 \text{ Ом}$$

$$\gamma = \frac{\ell}{\gamma' \gamma_{\text{пр доп}}} = \frac{\ell}{5576}$$

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

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 СМ2-2 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 СМ4-1 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 СМ4-1 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 входа цепей напряжения и соответствующими панелями - потребителями релейной защиты, автоматики, измерений, счетчиков не выходят за пределы $2,5 \text{ mm}^2$ по алюминию для ПС на постоянном оперативном токе

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

В таблице СМ5-1-1 и графиках СМ5-2 и 14 даны зависимости сечения проводов от длины кабелей

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

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

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

10.7.4 Допустимое сопротивление кабеля дополнительной обмотки принимается по надежности действия автомата, из-за незначительной нагрузки в цепи ЗЧо. Расчет зависимости сечения провода кабеля от длины и график СМ5-1-2 и СМ5-2-17 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 СМ2-3 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 входа 110 - 220 кВ и соответствующих устройств на шинах

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

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

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

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

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

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

В связи с непродолжительностью такого режима, это считается допустимым

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

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

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

При подключении на шины 110–220 кВ межсистемных линий 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 мм^2 . Учитывая сложность подключения силового кабеля сечением более 50 мм^2 к зажимам ТН, следует учитывать соответствующую замену кабеля на участке между зажимами ТН и ящиком зажимов — как пропорциональное удлинение кабеля

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

Обозначения расчетных и принятых сечений кабелей выполнены аналогично п 8.7.3

10.8.4 Допустимые сопротивления кабеля в цепях дополнительных обмоток ТН 110–220 кВ на шинах и линиях одинаковы и даны в таблицах СМ 4-2 и СМ 4-1 соответственно. Таблица расчета сечения провода кабеля и график в соответствии с п 10.7.4 приведены в приложении 5 (СМ 5-1-3 и СМ 5-2-11).

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 распредел устройств „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 входа, от которой кабельными перегородками подаются цепи на панели защиты, автоматики, управления, счетчиков и т.д.

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

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

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

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

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

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

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

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

10.10.3. Расчет сечений кабелей вторичных цепей напряжения основной обмотки ТН 330-750 кВ проведен по падениям напряжения в кабелях, т.к. допустимые сопротивления по 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, приложение 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)*
	На межсистемных линиях 110 кВ	1	0,25
	На прочих объектах учета	1	2
Технический учет	На линиях с двуксторонним питанием 220 кВ и выше	допускается ниже	1
	На прочих объектах учета	1	2
*) Значение, указанное в скобках, относится к импортируемым счетчикам			1,5

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 распределителем 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 тб 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”, „Полутарная”, помимо переключателя, используются реле переключения цепей напряжения.

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

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.

Альбом 1

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 $d = f(l)$.

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

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

12.3 Описание методики проведения расчетов вторичных цепей ТН.

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

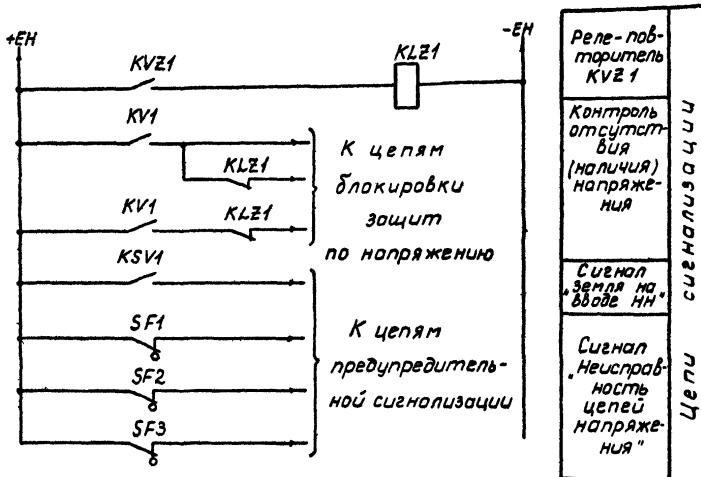
Использование при конкретном проектировании спиральных материалов, обоснованных проведенными расчетами, обеспечивает повышение

- 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“

Альбом 1

**Примечания.**

- Необходимость установки резисторов R1+R8 в цепях ТН типа 3хЭНОЛ 6-10, 3хЭНОМ-35 для защиты от перенапряжений при статопроизвольных смещениях нетроли уточняется при эксплуатации. Для ТН типа НАМИ установка резисторов не требуется.
- 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.
- Расположение аппаратуры для ТН 6-10кВ типа 3хЭНОЛ 6-10 и НАМИ-10 уточняется при разработке полных схем.
- Тип рубильников определяется при разработке полных схем.

Первичные аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение	Наименование	Тип	техническая характеристика	Кол	Примечание
При натяжении оперативного тока, В						
ШКАФ КРУ(КРУН) 6-10кВ	K'LE1	реле промежуточное	РП16-14	220 110	1	
	K'SV1	реле напряжения	РН-153/60Д		1	
	K'V1	реле напряжения	РН-154/160		1	
	K'WE1	фильтро-реле напряжения обратной последовательности	РНФ-1М		1	
ШКАФ КРУ(КРУН) 6-10кВ	SSF1	выключатель	АП50Б-ЗМ7	$I_{НР} = 2,5A$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $BK = 2П$	1	
	SSF2	выключатель	АП50Б-2М7	$I_{НР} = 2,5A$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $BK = 2П$	1	для 3хЭНОЛ 6-10
	R1+R8	резистор	05-35875	$200 \Omega \pm 5\%$	8	СМ примеч 1
ШКАФ зажигающий ТН 35кВ	S1	рубильник			1	СМ
	S2	рубильник			1	примеч 4
	SSF1	выключатель	АП50Б-3М7	$I_{НР} = 2,5A$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $BK = 2П$	1	
	SSF2	выключатель	АП50Б-2М7	$I_{НР} = 10A$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $BK = 2П$	1	используется тепловой расцепитель
	SSF3	выключатель	АП50Б-2М7	$I_{НР} = 4A$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $BK = 2П$	1	

407-03-40487-ЭВ

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше

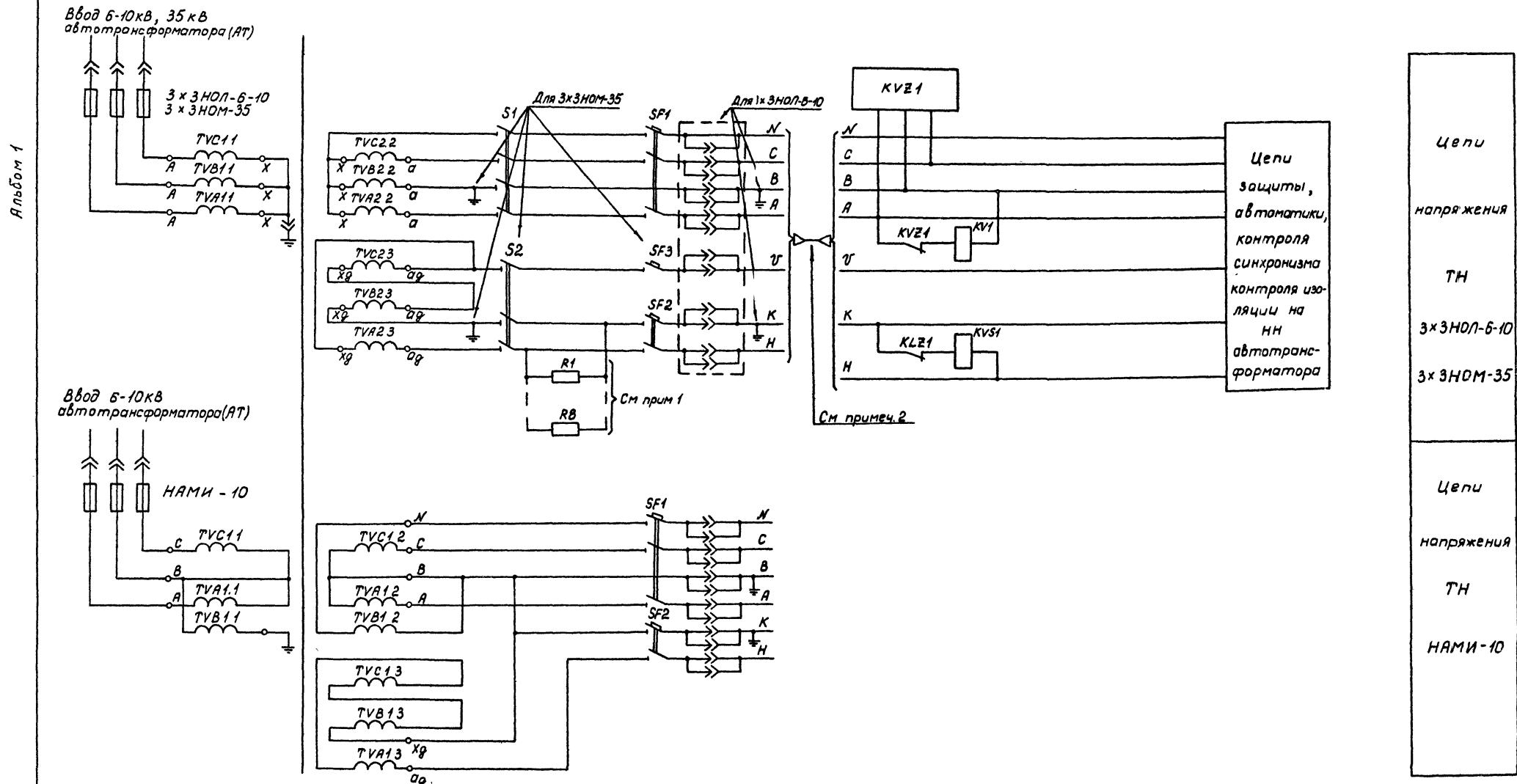
ГИП ЦНИИФРИНО *М.И.Щеглов*
Нач.отд. Мирзленского *М.А.*
Н.контр. Химрлев *О.И.*
Нач.секц. Гумашев *А.И.*
Рук.зо. Кузнецова *А.И.*
Цн.з.з. Егорова *А.И.*

ТН 3хЭНОЛ-6-10, НАМИ-10
3хЭНОМ-35 на входе 6-10-35кВ

Страница *1* листов *1*

Схема электрическая
принципиальная

ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ
Горьковское отделение
1988г.

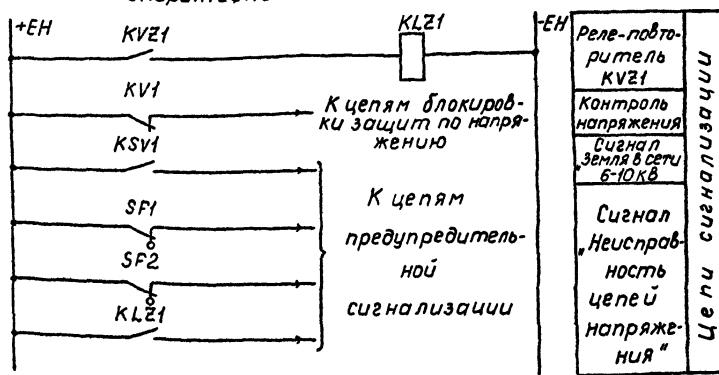


Инв. № подл. Порядок сч. ведет Форм. инв. №:

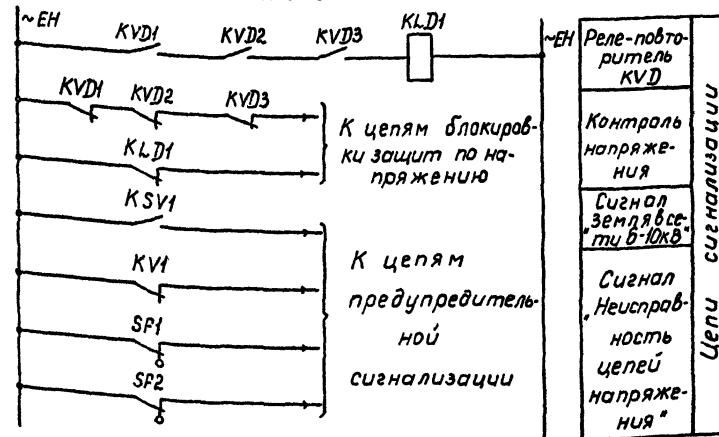
407-03-48487-ЭВ			
ГИП	Ширяина Ильяр	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
Нач. отпд.	Черзенкова М.	ТН 3x3НОЛ-6-10, НАМИ-10,	стадия Листов
И. конструктор	Хмелев Григорий	3x3НОМ-35 на вводе 6-10-35кВ	
Нач. смет.	Тумашов Эдуард	автотрансформатора	РП 2
Рук. зач.	Лизарева Елена		
Ст. техн. ходосиничко		Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ
			Горьковское отделение
			1988г.

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 ЭХЗНОЛ-6-10 для защиты от перенапряжений при самопроизвольных смещениях нейтрали уточняется при эксплуатации. Для ТН типа НАПИ-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 защиты типа ЗЗП-1
- 4 В маркировку шин 6-10кВ вместо „...“ вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения: для 10кВ - К, для 6кВ - Р

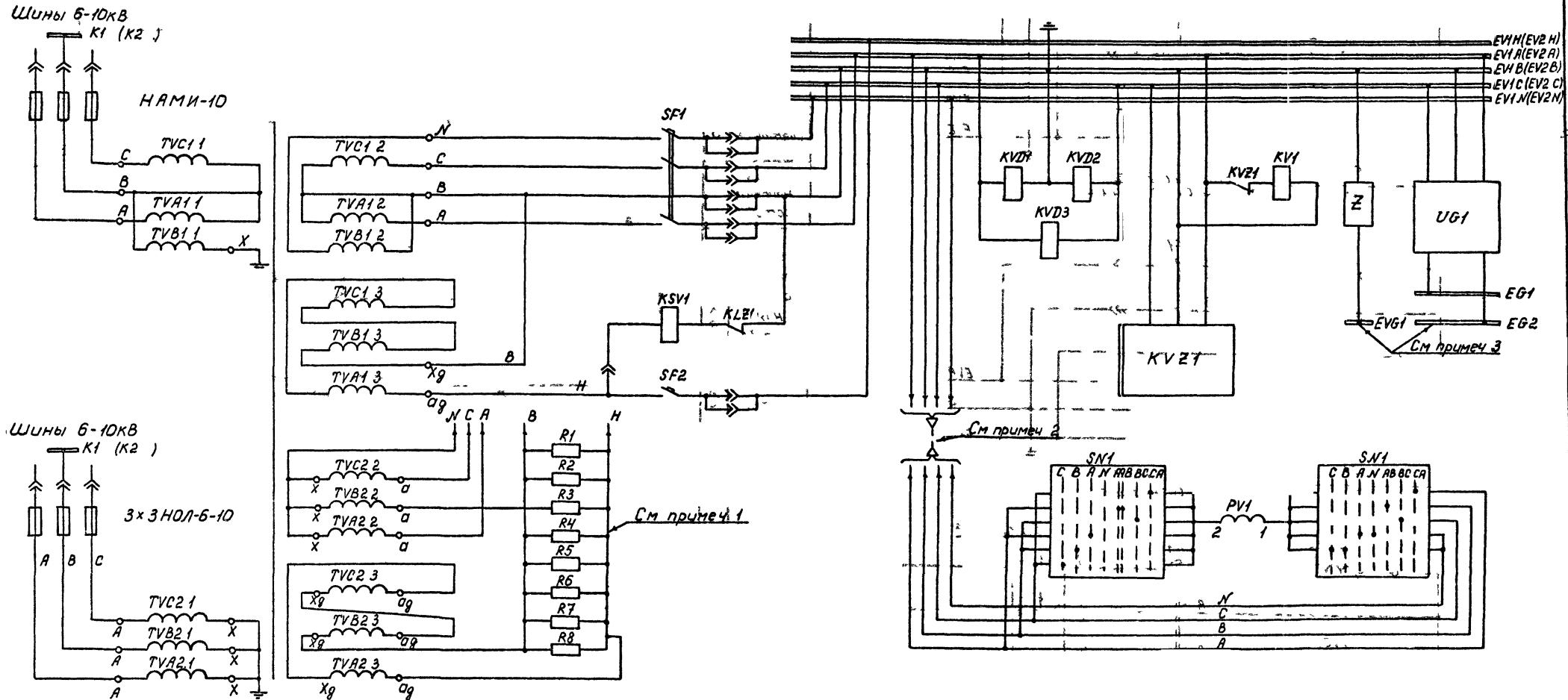
Перечень аппаратуры

Место установки новки по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примеч
При напряжении оперативного тока, В	PIV1	Вольтметр	Э-365 ... кВ	1	
	SIN1	Переключатель	ПМОФ45-112222/Г-Д1	1	
Шиноподключение					
При напряжении оперативного тока, В	KLZ1	Реле промежуточное	РП16-14 220 110	1	ЛС на постоянном токе
			РП16-74 ~ 220	1	ЛС на переменном токе
	KLD1	реле промежуточное	РП16-74 ~ 220	1	
	KSV1	реле напряжения	РН153/60Д	1	
	KV1	реле напряжения	РН154/160	1	
		Фильтр реле напряжения обратной последовательн.	РНФ-1М 100В	1	
	KWD1	реле напряжения	РН154/160	3	ЛС на переменном токе
	KWD3	реле напряжения	РН154/160	3	
	R1 R8	резистор	С5-35875 2000М ± 5%	8	См прим 2
	SIN1	Переключатель	ПМОФ45-334466/Г-Д21	1	
	SP1	Выключатель	АП506-3МТ Јир = 2,5А Йотс = 3,5 Јир ВК = 2П	1	
	SP2	Выключатель	АП506-3МТ Јир = 1,6А Йотс = 3,5 Јир ВК = 2П	1	НАМИ-10 см прим 3
			АП506-3МТ Јир = 2,5А Йотс = 3,5 Јир ВК = 2П	1	ЭХЗНОЛ-10 см прим 3
	UIG1	Блок питания	БЛН-1/2	1	
	IZ	Вспомогательное устройство	ВУ1	1	См прим 3

Шкаф КРУ(КРУН) 6-10кВ на шинках напряжения

ГИП	Шифрино Ильин			407-03-48487-ЭВ
Ночада Медведев	Медведев			
Наконта Хмелев	Хмелев			Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше
Научески Ушашов	Ушашов			Трансформатор напряжения НАМИ-10, ЭХЗНОЛ 6-10 на шинах
Рукаго Музяева	Музяев			стадия пуск пусков
Степанян Лисоненко	Лисоненко			рп 3
				Схема электрическая принципиальная
				ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г

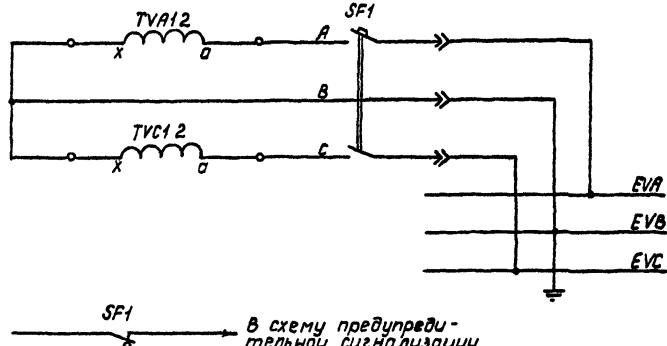
Альбом 1



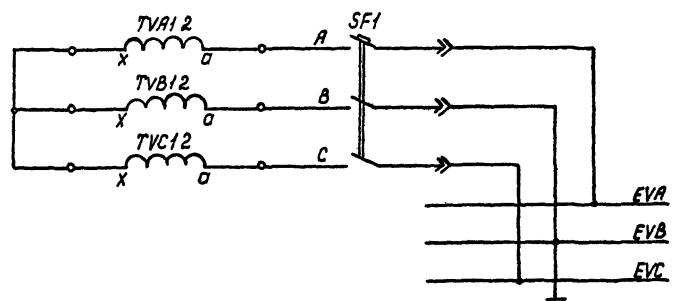
Чертеж 3-го листа из 3-х листов

407-03-48487-ЭВ			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
Гип	Шишкина	Стадия	Лист
Науч-го Уч-го Центра Менеджеров	М.И.	Трансформаторы напряжения	
Н.контр. Хмелев	Л.И.	типа НАМИ 10, 3хНОЛ 6-10	
Науч-секретарь Туманов	Л.И.	на шинах 6 10кВ	
Рук. гр. Мишагин	Л.И.	РП	4
От главн. конструктора	Л.И.	Схема электрическая	
		Энергосетьпроект	
		причальная	
		Горьковского отделение	

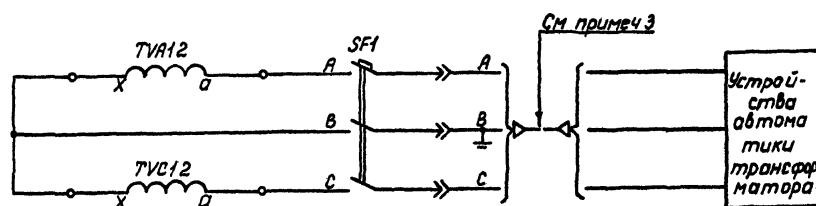
Альбом 1



В схему предупредительной сигнализации



SFI В схему предупредительной сигнализации



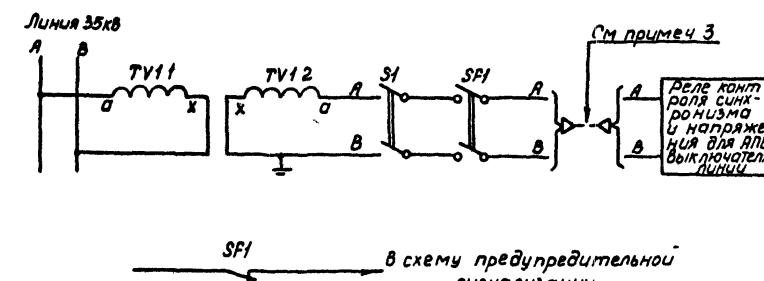
См. примеч.

SP1 В схему предупредительной сигнализации

Трансфор- матор наряже- ния 2×10П(НОМ) для питания счетчиков	Число напряжения
Сигнал „Ницспров- ностъ ТН”	
Трансфор- матор наряже- ния 3×10П(НОМ) для питания счетчи- ков	Число напряжения
Сигнал „Ницспров- ностъ ТН”	
Трансфор- матор наряже- ния 2×10П(НОМ) на 800е 6 10кВ трансфор- матора	Число напряжения
Сигнал „Ницспров- ностъ ТН”	

Перечень аппаратуры

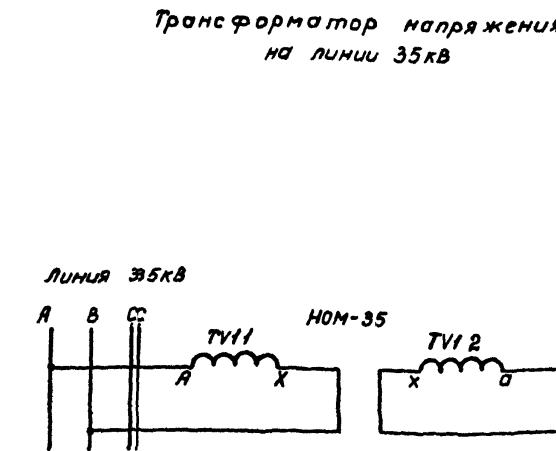
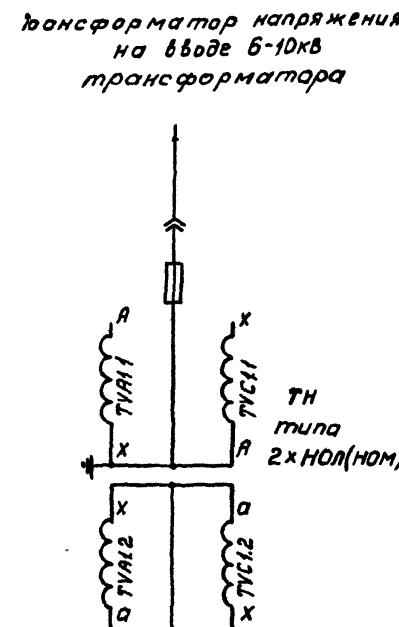
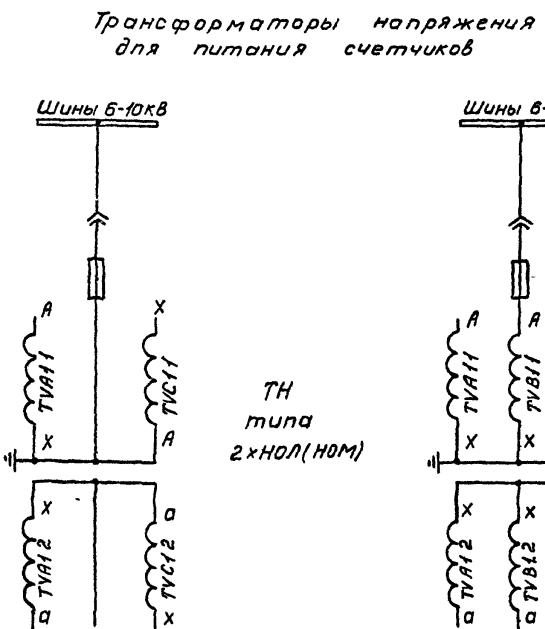
Место установки норм	Позиция обозначен- ной на схеме	Наименование	Тип	Техническая характерис- тика	Кол.	Примечан.
Шкаф крайний б/10кВ	SF1	Выключатель	АП50Б-2МТ	$У_{НР} = 2,59$ $Уомс = 3,5У_{НР}$ $УК = 2П$	3	Рис 1-3
Шкаф заключитель- ный ТН 35кВ	SF1	Выключатель	АП50Б-2МТ	$У_{НР} = 2,59$ $Уомс = 3,5У_{НР}$ $УК = 2П$	1	Рис 4
	S1	РУБЛЬНИК				См. примечание 4



В схему предупредительной сигнализации

<p>Цепи напряже- ния ТН ном 35 линии 35кВ</p>	
<p>Сигнал неисправ- ность ТН"</p>	

Албом 1

**Примечания**

1 Использование дополнительных ТН 6-10кВ 2xNOL-6-10 или 3xNOL-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 336700	Счетчики САЗУ, СРЧУ		
2xNOL(NOM)-6	~13	~20	~6	75
2xNOL(NOM)-10			12	8
3xNOL(NOM)-6			10	6
3xNOL(NOM)-10	7,4	12	20	12
				150

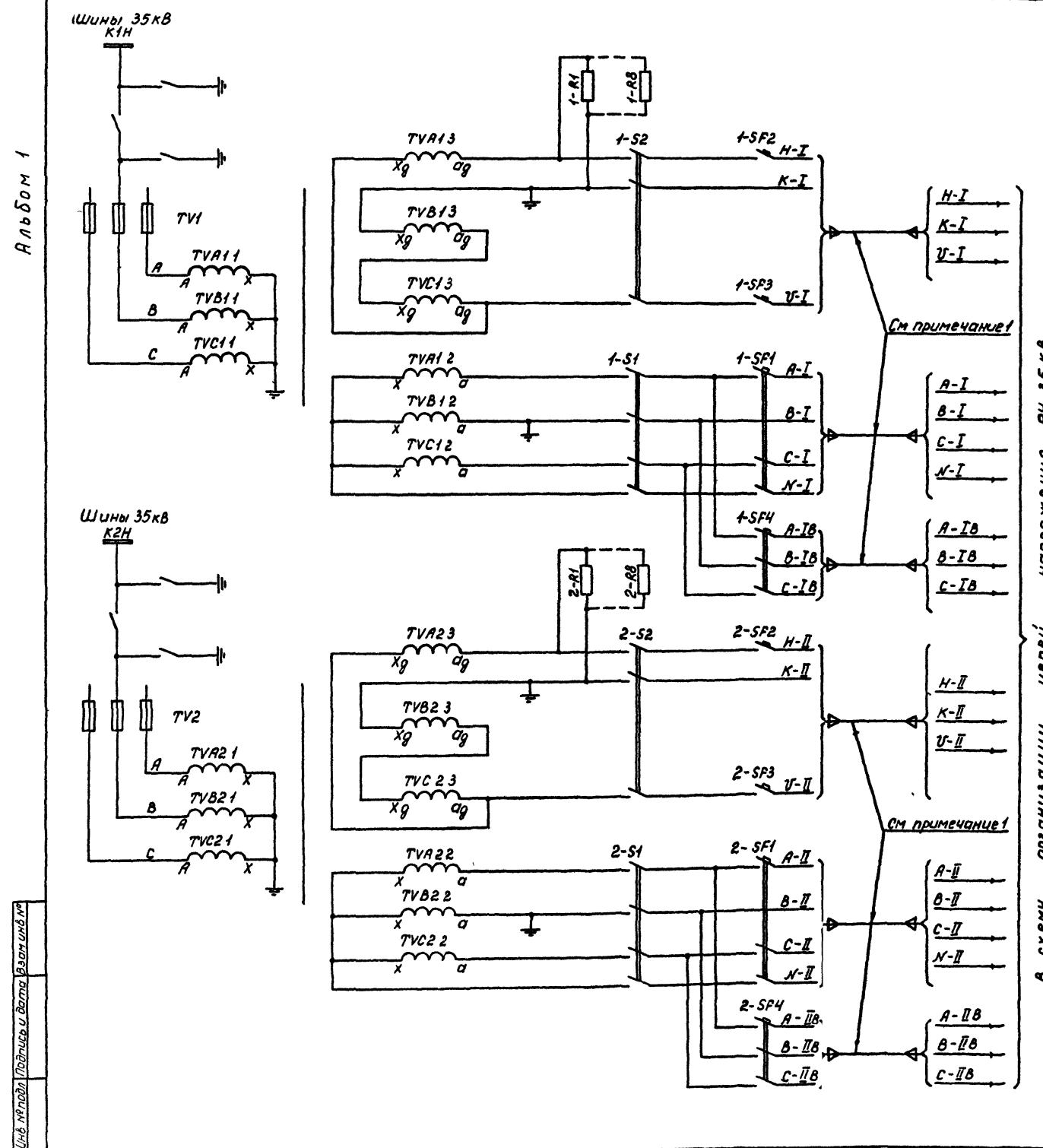
2 Шинки трансформаторов напряжения 6-10кВ для питания счетчиков линий должны прокладываться отдельно от шинок напряжения основных (шинных) ТН 6-10кВ

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

4 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

1. Тип 2-3. Порядок снятия изображений

407-03-484.87-ЭВ			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
ГИП	Шишкин И.И.		
Нач. отп. Медведевский	И.И.		
Н.контр. Хмелев	И.И.		
Нач.сект. Тимошов	И.И.		
Рук. гр. Мишевская	И.И.		
Ин.:	И.И.	И.И.	
Ст. техн. Хасанчино	И.И.		
Схема электрическая			
принципиальная			
Энергосетьпроект			
Горьковское отделение			
1981			

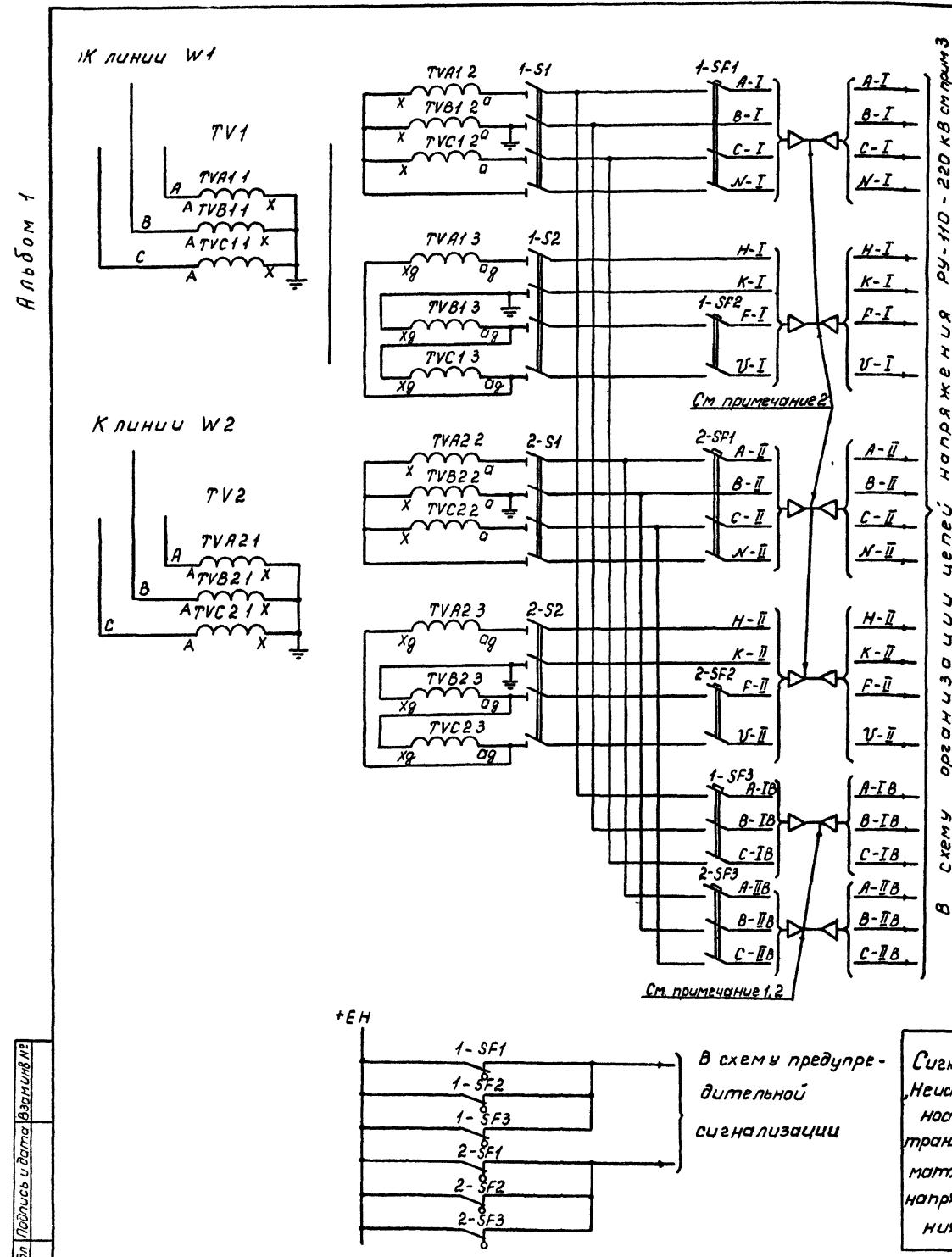


Место установки	Позици- онир. обозна- чение по схеме	Наименование	Тип	Техничес- кая характери- стика	Кол	Приме- чание
	1- S1	Рубильник			1	см приме
	1- S2	Рубильник			1	чение 2
Шкаф зажигателей на шинках 35кВ К14	1-SF1	Выключатель	АП50Б-ЗМТ	$J_{H.P} = 10\text{ A}$ $J_{omc} = 3,5J_{H.P}$ $BK = 2\Pi$	1	
	1-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	$J_{H.P} = 10\text{ A}$ $J_{omc} = 3,5J_{H.P}$ $BK = 2\Pi$	1	используется тепловой расцепитель
	1-SF3	Выключатель	АП50Б-2М	$J_{H.P} = 4\text{ A}$ $J_{omc} = 3,5J_{H.P}$ $BK = 2\Pi$	1	
	1-SF4	Выключатель	АП50Б-ЗМТ	$J_{H.P} = 2,5\text{ A}$ $J_{omc} = 3,5J_{H.P}$ $BK = 2\Pi$	1	
	IR1-IR8	Резистор	C5-35875	$200\Omega \pm 10\%$	8	
Шкаф зажигателей на шинках 35кВ К2Н	2- S1	Рубильник			1	см приме
	2- S2	Рубильник			1	чение 2
	2-SF1	Выключатель	АП50Б-ЗМТ	$J_{H.P} = 10\text{ A}$ $J_{omc} = 3,5J_{H.P}$ $BK = 2\Pi$	1	
	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	$J_{H.P} = 10\text{ A}$ $J_{omc} = 3,5J_{H.P}$ $BK = 2\Pi$	1	используется тепловой расцепи- тель
	2-SF3	Выключатель	АП50Б-2М	$J_{H.P} = 4\text{ A}$ $J_{omc} = 3,5J_{H.P}$ $BK = 2\Pi$	1	
	2-SF4	Выключатель	АП50Б-ЗМТ	$J_{H.P} = 2,5\text{ A}$ $J_{omc} = 3,5J_{H.P}$ $BK = 2\Pi$	1	
	2RH-2R8	Резистор	C5-35875	$200\Omega \pm 10\%$	8	

Примечания

- 1 Определение сечений кабелей см приложение 5, графики СМ5-2-б+10
 - 2 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

				407-03-48487-ЭВ
Гип	Шишкина	Ильин	Схемы вторичных цепей трансфор-	
Начальник Марселянков	Ильин		маторов напряжения 6-10кВ и выше	
Иконом Химеев	Ильин		Трансформатор напряже-	Страница Лист №
Инженер Румасов	Ильин		ния 35кВ на щитах	Листов
рук. го	Мильзево	Ильин	35кВ	РП 7
от техн.	Хессенцина	Ильин	Схема электрическая	ЕНГРГПГФТН ПРОЕКТ
			принципиальная	Юрьевецкое отделение
				1982



Примечания

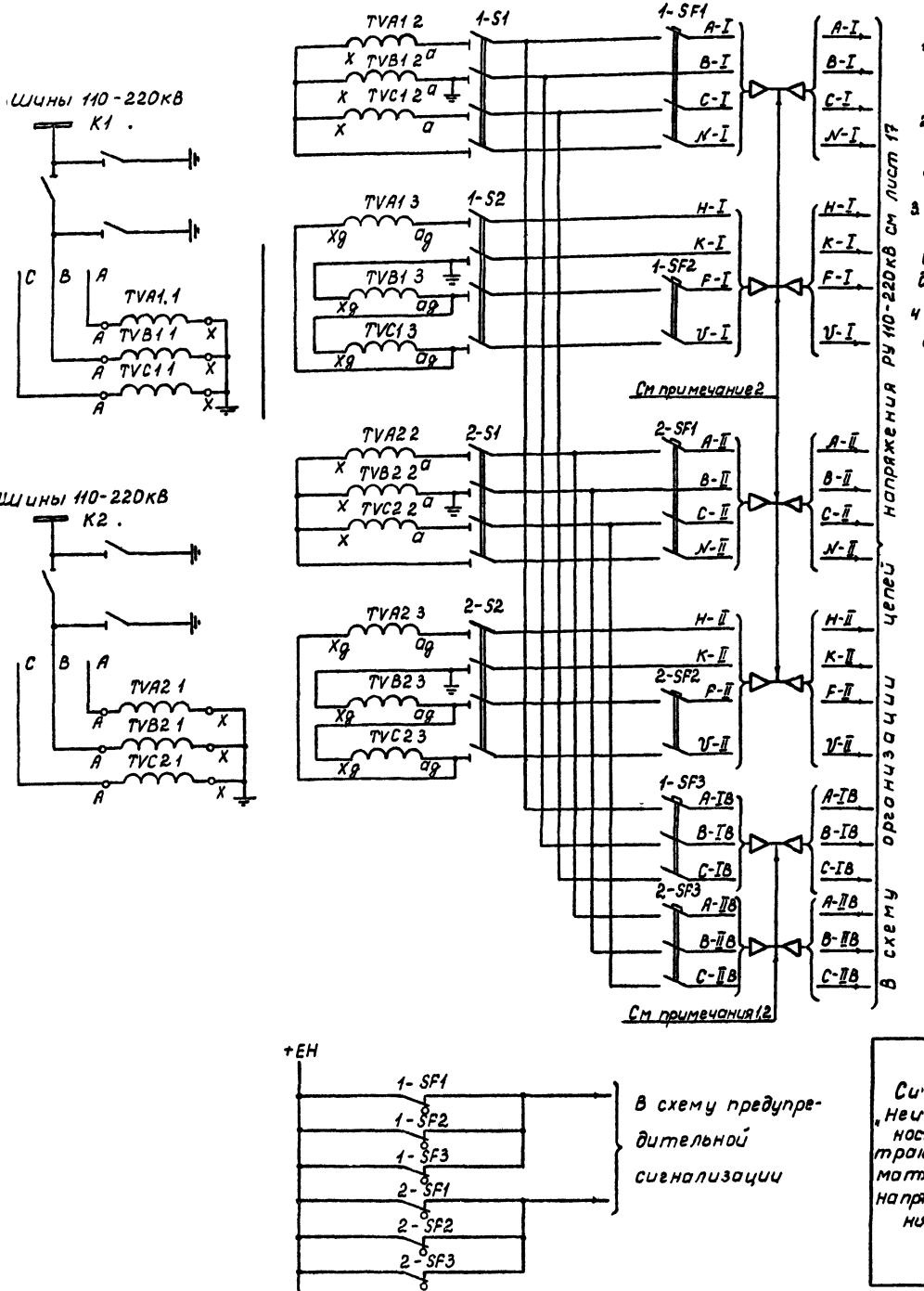
- 1 Прокладка отдельных кабелей для расчетных счетчиков линии предусматривается на -ПС с РУ 110-220кВ по схеме "Мостик" с выпрямленным опортивным током (с БЛНС-2), -ПС с РУ 220кВ по схеме "Четырехугольник"
 - 2 Определение сечений кабелей см приложение № 5 графики СМ 5-2-11-14, 18
для РУ 110-220кВ по схеме "Мостик" 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. письм 18
 - 4 В маркировку линий в место вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 220кВ -*с* для РУ 110кВ-*б*
 - 5 Тип руильников определяется при разработке полных схем

Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примеч.
Шкаф зажимов трансформатора напряжения ТУ1	1-S11, 1-S12	Рубильник			2	см примеч 5
	1-SP1	Выключатель	АП506-3МТ	$I_{НР} = 2,5\text{A}$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $ВК = 2П$	1	
	1-SF2	Выключатель	АП506-2МТ	$I_{НР} = 10\text{A}$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $ВК = 2П$	1	Для НКФ-110
	1-SF3	Выключатель	АП506-3МТ	$I_{НР} = 10\text{A}$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $ВК = 2П$	1	Для НКФ-110
				$I_{НР} = 6,3\text{A}$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $ВК = 2П$	1	Для НКФ-220
Шкаф зажимов трансформатора напряжения ТУ2	2-S11, 2-S12	Рубильник			2	см примеч 5
	2-SP1	Выключатель	АП506-3МТ	$I_{НР} = 25\text{A}$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $ВК = 2П$	1	
	2-SF2	Выключатель	АП506-2МТ	$I_{НР} = 10\text{A}$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $ВК = 2П$	1	Для НКФ-110
	2-SF3	Выключатель	АП506-3МТ	$I_{НР} = 10\text{A}$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $ВК = 2П$	1	Для НКФ-110
				$I_{НР} = 6,3\text{A}$ $I_{отс} = 3,5I_{НР}$ $ВК = 2П$	1	Для НКФ-220

Альбом 1

Лист 1 из 100 Пояснительная записка



- Примечания
- 1 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линий
 - 2 Определение сечения кабелей см приложение 5 (графики ОМГ-2-15-18)
 - 3 З маркировку шин вместо, вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 220кВ-Е, для РУ 110кВ-Г
 - 4 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

Направления РУ 110-220кВ см лист 17

Члены организаций

В схему органов защиты

См примечания 2

Место установки новости	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	типа	Техническая характеристика	кол	Примеч
Шкаф зажимов трансформатора напряжения РУ1	1-S1,1-S2	Рубильник			2	см примеч
	1-SF1	Выключатель	АП50Б-3М	Инр = 25А Юмс = 3,5Инр ВК = 2П	1	
	1-SF2	Выключатель	АП50Б-2М	Инр = 10А Юмс = 3,5Инр ВК = 2П	1	для НКФ-10
	1-SF3	Выключатель	АП50Б-3М	Инр = 10А Юмс = 3,5Инр ВК = 2П	1	для НКФ-110
	2-S1,2-S2	Рубильник			2	см примеч
	2-SF1	Выключатель	АП50Б-3М	Инр = 25А Юмс = 3,5Инр ВК = 2П	1	
	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2М	Инр = 10А Юмс = 3,5Инр ВК = 2П	1	для НКФ-10
	2-SF3	Выключатель	АП50Б-3М	Инр = 10А Юмс = 3,5Инр ВК = 2П	1	для НКФ-110
				Инр = 6,3А Юмс = 3,5Инр ВК = 2П	1	для НКФ-220

407-03-48487-3В

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше

ГИП Ширяево АИЦ

Науч. сотр. Мерзленкова М.А.

Науч. сотр. Хмелев

Науч. сотр. Тумашов

Рук. за Музлебба Юрий

Инженер Егорова

Ст. техн. Кассанишина

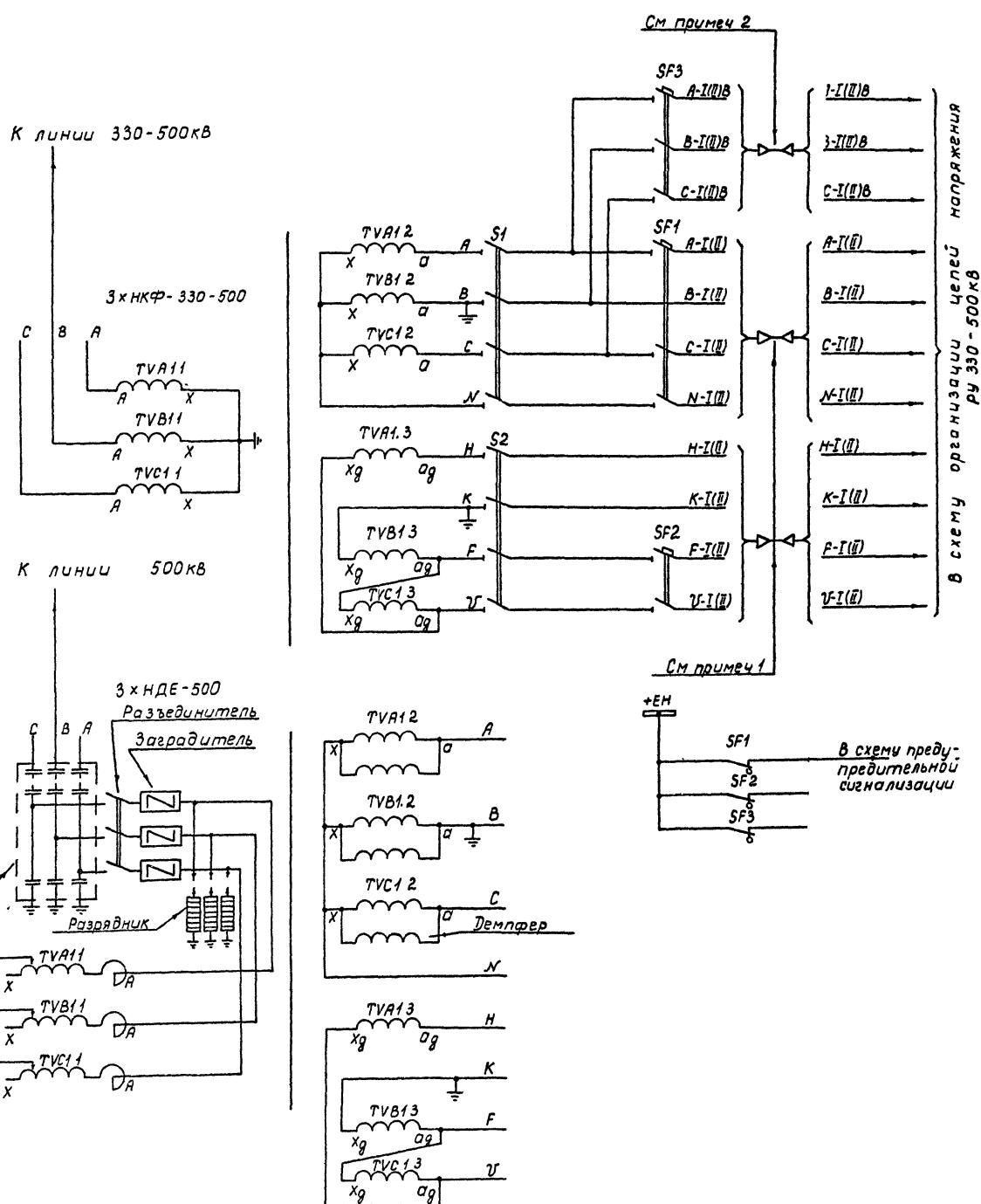
Схема электрическая принципиальная

Энергосетьпроект Горячевское гидроэнерг

Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционные обозначения по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примечан
S1, S2		Рубильник			2	см примеч
SF1		Выключатель	АП50Б-ЗМТ	Инр=25А Допс=3,5Инр ВК=2П	1	для НКФ
SF2		Выключатель	АП50Б-2МТ	Инр=10А Допс=3,5Инр ВК=2П	1	для НДЕ-500
SF3		Выключатель	АП50Б-3МТ	Инр=10А Допс=3,5Инр ВК=2П	1	для НКФ-330
				Инр=6,3А Допс=3,5Инр ВК=2П	1	для НКФ-500, НДЕ-500
				Инр=2,5А Допс=3,5Инр	1	для НДЕ-500

Альбом 1

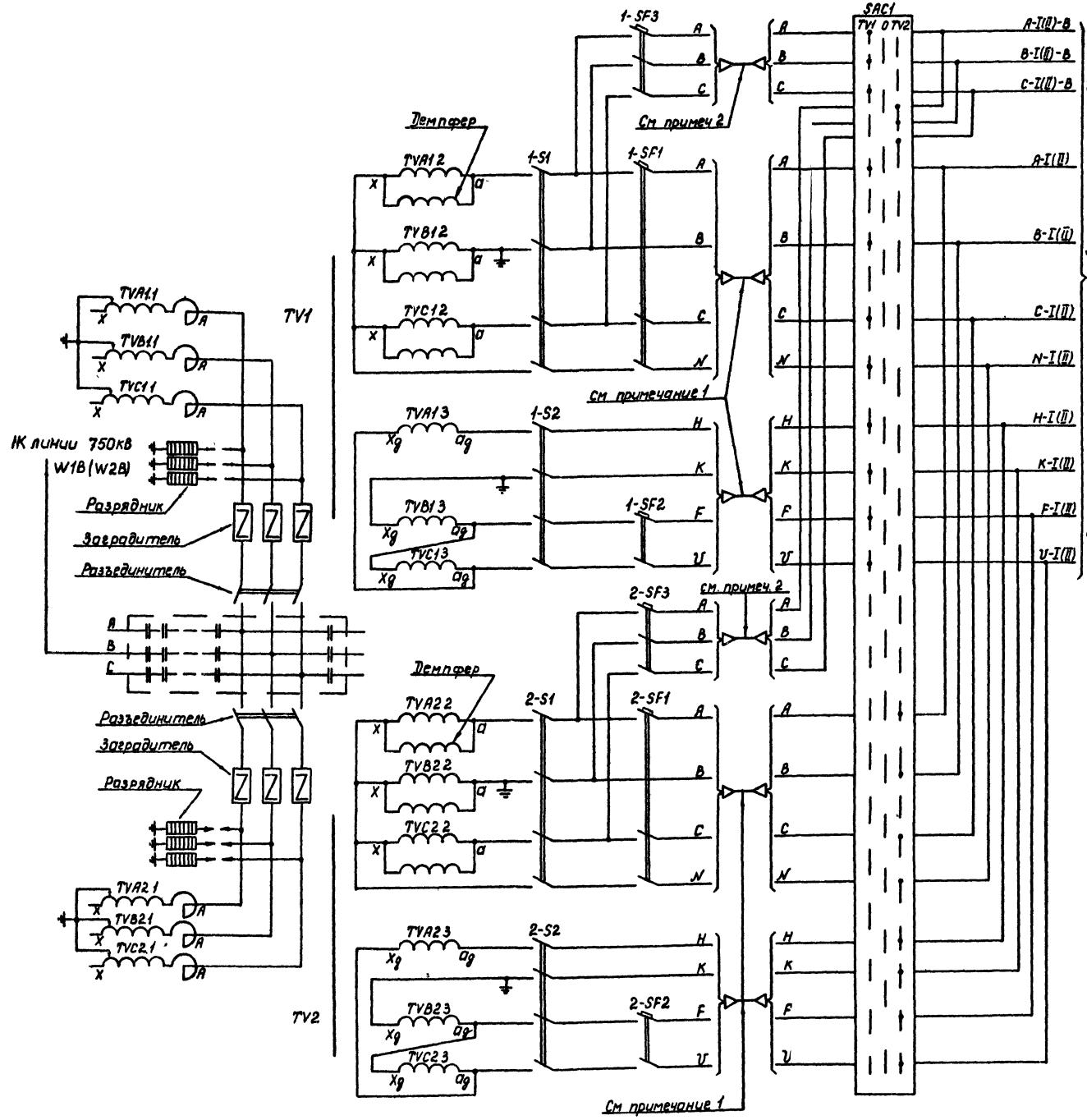


- Примечания
- Определение сечения кабелей см приложение 5, график СМ5-2-20
 - Проводка отдельного кабеля предусматривается для счетчиков расчетного учета линии в соответствии с данными по определению сечения кабелей, см приложение 5, график СМ5-2-19.
 - На ВЛ 500 кВ устанавливается, как правило, один 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 500 кВ двух ТН аналогичны приведенным для линии 750 кВ, см листы 11, 12.
 - Типы рубильников определяются при разработке полных схем.

407-03-48487-3В					
Схемы в торических цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше					
ГИП	Шифринга ЧМНД	Чернолеб М.А.	Трансформаторы напряжения 6-10 кВ, 3х НКФ 330-500, 3х НДЕ 500 на линиях 330-500 кВ	Стадия	Лист
Науч.отд	Чернолеб М.А.			РП	10
Науч.контр	Хмелев Юрий				
Науч.сект	Тумашов Юрий				
Рук.зап	Мизяевба Юрий				
Инженер	Егорова Елена		Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ	Горьковское ОБС, с. Л. 1988г.

Альбом 1

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения



Перечень опара ратуры

Место установки	Позиция обозначение	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примечан.
	1-SI, 1-S2	Рубильник			2	см. прим. 3
Шкаф зажигания трансформатора напряжения ТУ1	1-SF1	Выключатель	АП50Б-ЭМ1	Инр=6,3А Иотс=3,5Инр ВК=2П	1	
	1-SF2	Выключатель	АП50Б-2М1	Инр=6,3А Иотс=3,5Инр ВК=2П	1	
	1-SF3	Выключатель	АП50Б-ЭМ1	Инр=2,5А Иотс=3,5Инр ВК=2П	1	
Шкаф зажигания трансформатора напряжения ТУ2	2-SI, 2-S2	Рубильник				
	2-SF1	Выключатель	АП50Б-ЭМ1	Инр=6,3А Иотс=3,5Инр ВК=2П	1	
	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2М1	Инр=6,3А Иотс=3,5Инр ВК=2П	1	
	2-SF3	Выключатель	АП50Б-ЭМ1	Инр=2,5А Иотс=3,5Инр ВК=2П	1	
Щит управления	5' АС1	Переключатель	ПКУ3-12 Ж 1203		1	

В схему организаций цепей напряжения РУ 750

Примечания

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

407-03-48487-ЭВ						
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше						
ГИП	Шишарина НИИЭ					
Начальник Мерзленков	М.И.					
И. Кондратюк	И.И.					
И. Кондратюк	И.И.					
РУК за	Ильинская Ю.Н.					
Инженер	Борисова Н.Ф.					
Трансформатор напряжения						
3ХНДЕ-750						
наличие с одним комплектом конденсаторов связи						
РП	11					
Схема электрическая						
принципиальная						
Энергосистема						
Горьковское отделение						
1988 г.						

Перечень аппаратуры

Место установки	Позиция обознач. по схеме?	Наименование	Тип	Техническая характерис- тика	Кол.	Примечан-
Шкаф зажимов транс- форматора напряжения	1-S1, 1-S2	Рубильник			2	ст.примеч 3
Шкаф зажимов транс- форматора напряжения	1-SF11	Выключатель	АП50Б-ЗМТ	Унр = 6,3 А Уомс = 3,5 Унр ВК = 2П	1	
Шкаф зажимов транс- форматора напряжения	1-SF12	Выключатель	АП50Б-2МТ	Унр = 6,3 А Уомс = 3,5 Унр ВК = 2П	1	
Шкаф зажимов транс- форматора напряжения	1-SF33	Выключатель	АП50Б-ЗМТ	Унр = 2,5 А Уомс = 3,5 Унр ВК = 2П	1	
Шкаф зажимов транс- форматора напряжения	2-S1, 2-S2	Рубильник	.		2	ст.примеч 3
Шкаф зажимов транс- форматора напряжения	2-SF1	Выключатель	АП50Б-ЗМТ	Унр = 6,3 А Уомс = 3,5 Унр ВК = 2П	1	
Шкаф зажимов транс- форматора напряжения	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Унр = 6,3 А Уомс = 3,5 Унр ВК = 2П	1	
Шкаф зажимов транс- форматора напряжения	2-SF3	Выключатель	АП50Б-ЗМТ	Унр = 2,5 А Уомс = 3,5 Унр ВК = 2П	1	

Примечания

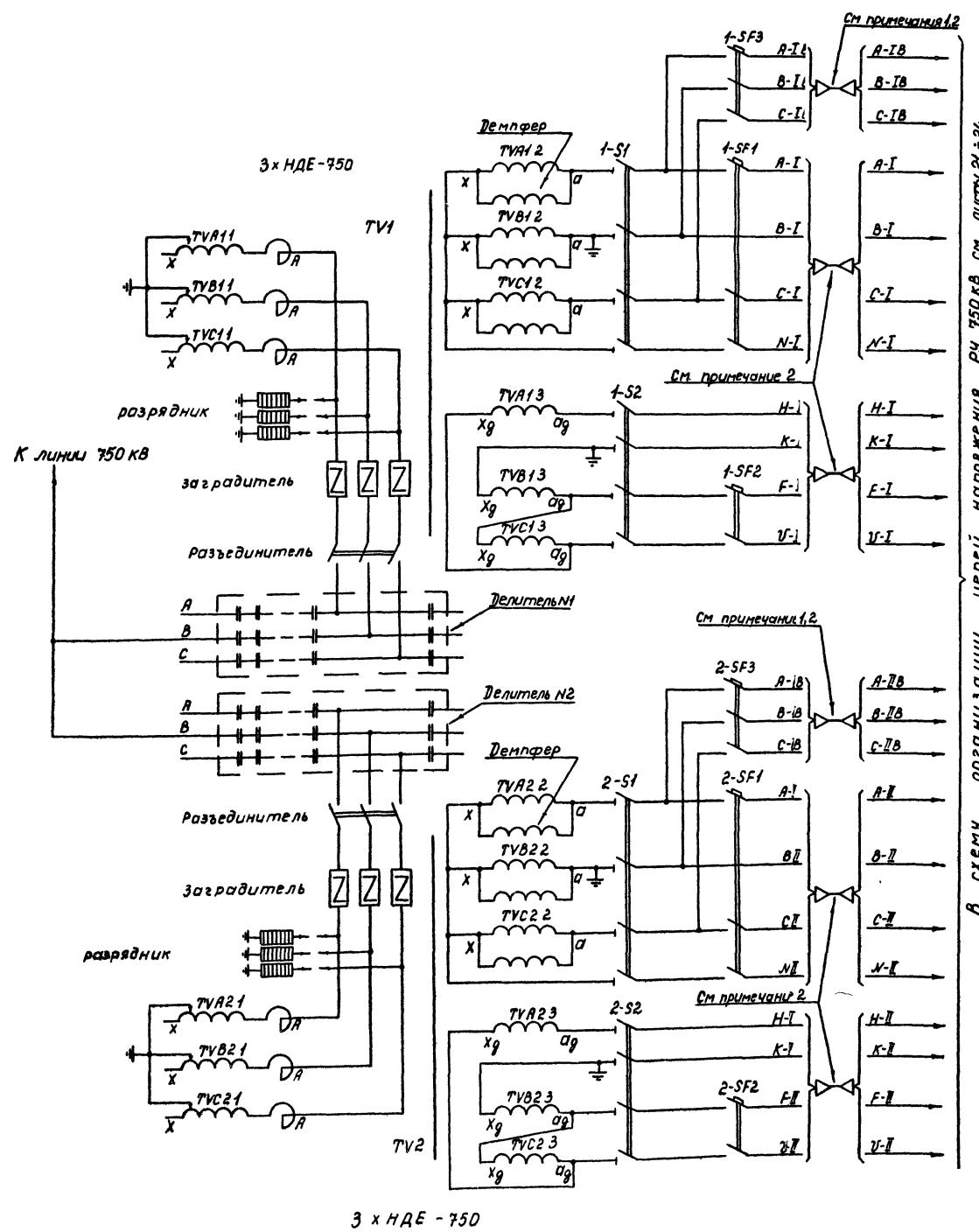
- 1 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета
 - 2 Определение сечения кабелей см приложение 5, графики СМ5 - 2 - 19 + 21.
 - 3 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

407-03-48487-3B

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше

Трансформатор напряжения
3х НДЕ-450 на линии с двумя

комплектами конденсаторов связи	РП	12
Схема электрическая принципиальная	ЦНРГФОГЕТЪПРГК Чирковское радиолине 1982	



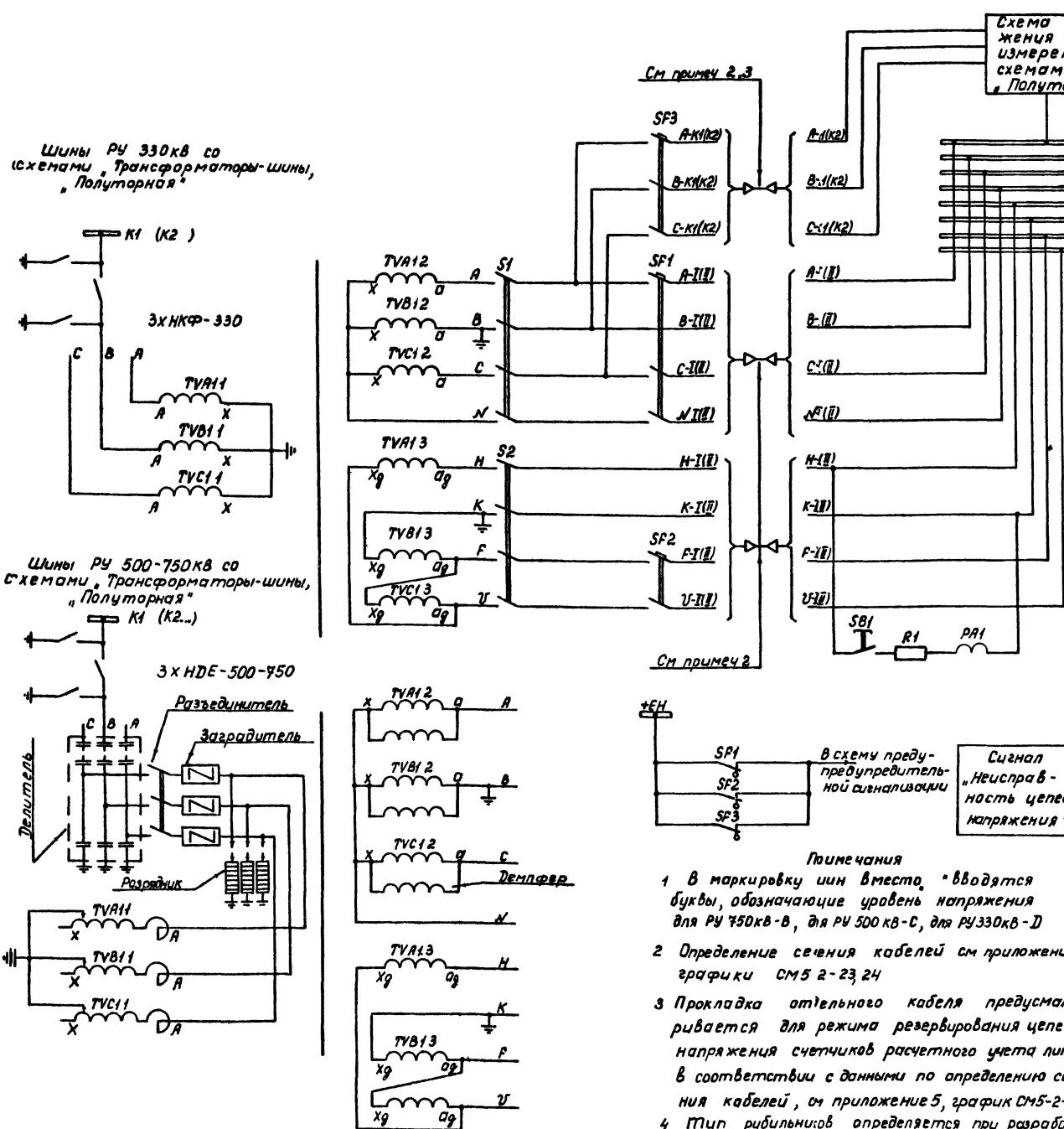


Схема организации цепей напряжения защиты, автоматики, измерений, учета РУ 330-750кВ со схемами "Трансформаторы-шины," "Полуволновая"

Вольтметры показывающий, регистрирующий частотомер

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

Перечень аппаратуры				
Место установки	Позиция обозначение схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика
S1, S2		Рубильник		2 см прим 4
SP1		Выключатель	AP50Б-3МТ	Для НКФ-330 Иср = 25А Иотс = 3,5Иср ВК = 2П
SP2		Выключатель	AP50Б-2МТ	Для НДЕ-500 Иср = 16А Иотс = 3,5Иср ВК = 2П
SP3		Выключатель	AP50Б-3МТ	Для НДЕ-750 Иср = 10А Иотс = 3,5Иср ВК = 2П
R1		Миллиамперметр	3-8021	0-100mA
R1		Резистор	C5-35B25	150 Ом ± 10%
S1		Кнопка	КЕ-011	исп 2

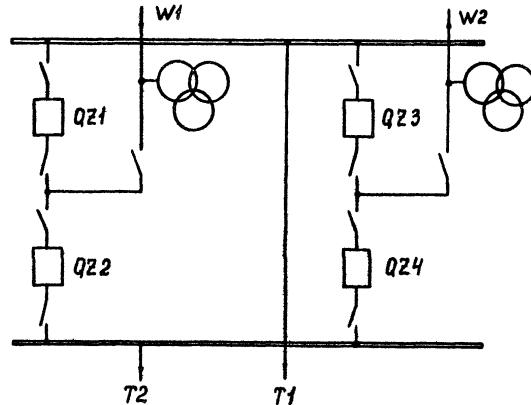
Помечания

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

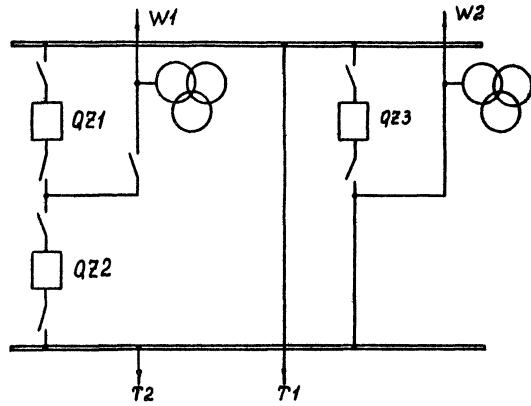
407-03-48487-ЭВ				
ГИП	Шишкин И.Н.	Член	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
Нач.чтд	Мерзлякова Г.А.	Член	Трансформаторы напряжения типа 3ХНКФ-330, 3ХНДЕ-500-750кВ на шинах 330-750кВ	Страница
Нконтр	Химлев А.С.	Член		Лист
Научсов	Чумашов Е.И.	Член		Листов
Рук.чл	Мильево Е.В.	Член		РП
Инженер	Егорова Т.В.	Член	Схема электрическая Энергогидроэнерго	№3
			Принципиальная	

Альбом 1

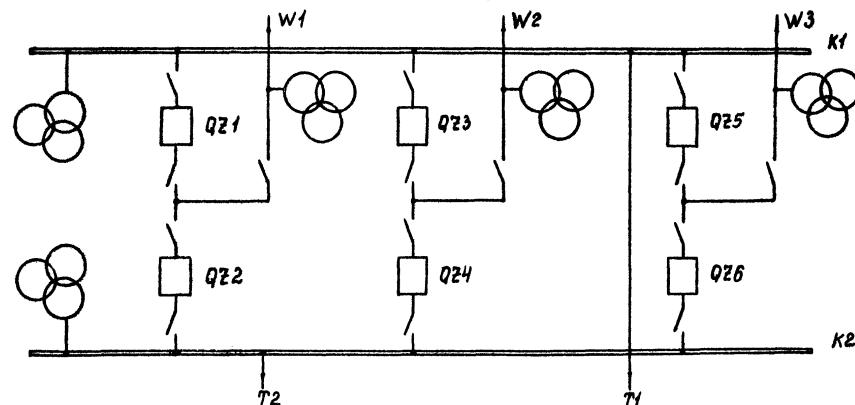
„Четырехугольник“ 220-750 кВ



„Треугольник“ 220-750 кВ

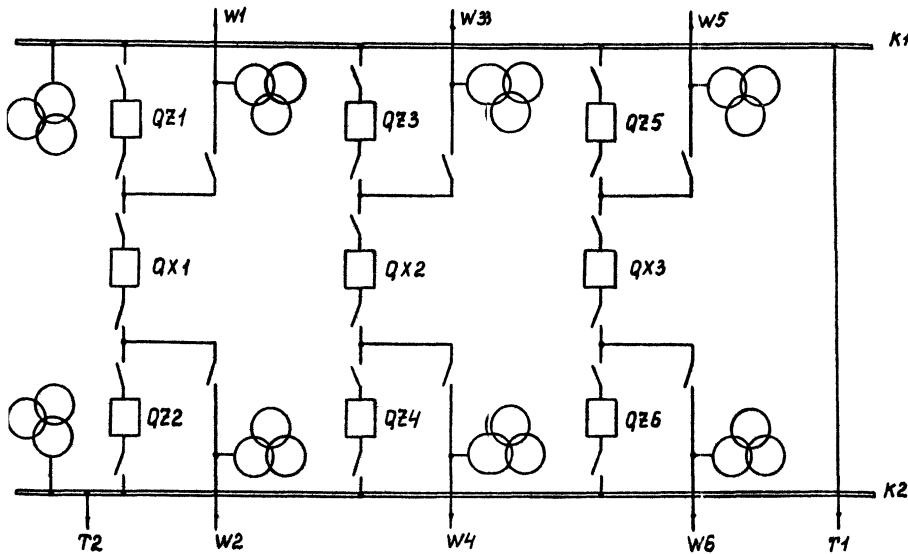


„Трансформаторы-шины“ с присоединением линий через два выключателя 330-750 кВ

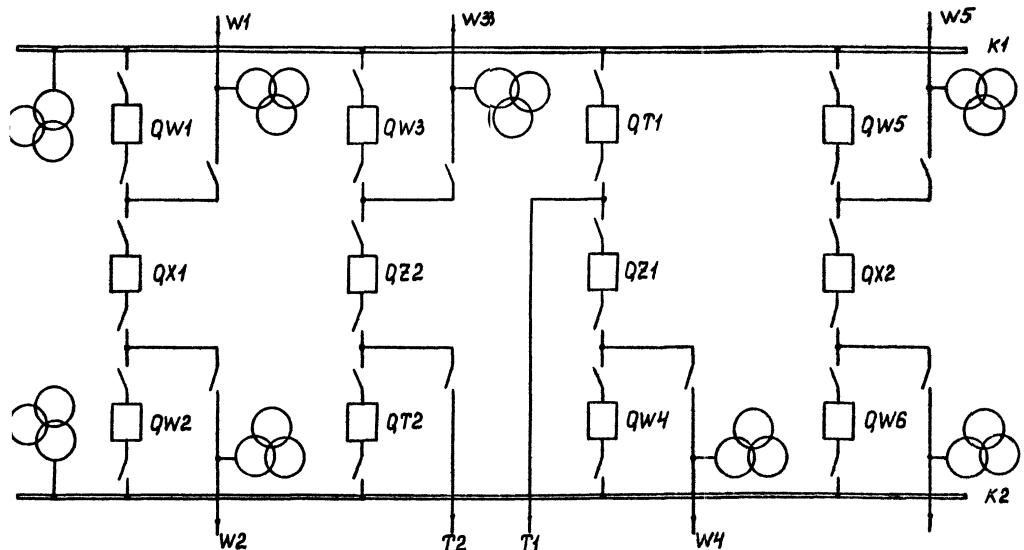


Чертежи ведутся в масштабе 1:1000

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



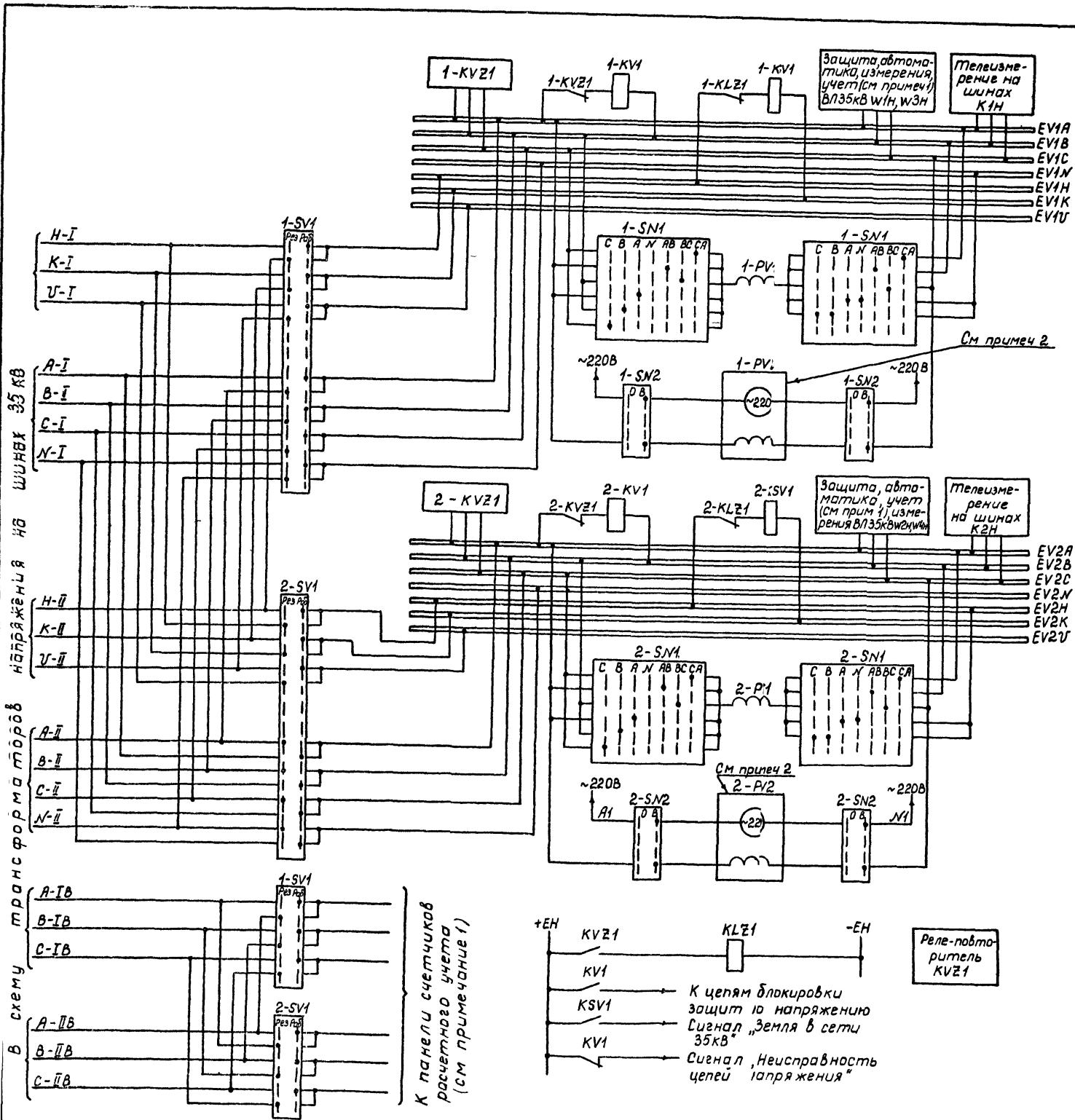
„Полуторная“ 330-750 кВ



407-03-48487-38			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше			
ГИП	Широкина	Шир.	
Наукотр	Морозленко	Мор.	
Инженер	Хмелев	Хмел.	
Научакт	Туманов	Туман.	
Рук. гр.	Мизяева	Мизяев.	
Ответств.	Хисаршина	Хисаршина	
Поясняющие схемы		Страница	Лист
РУ 330-750 кВ		РП	14
Схема электрическая			
принципиальная			
ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ			
Уороловского, отделение			
1988 г.			

Альбом 1

Чертеж № 1 План схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше



Перечень аппаратуры				
Место установки	Наименование	Тип	Технические характеристики	Кол.
1- KSV1 2- KSV1	реле напряжения	РН-153/60Д		2
1- KV1 2- KV1	реле напряжения	РН-154/160		2
1- KV2/2- KV2	силовой-реле напряжения обратной последовательности	РНФ-1М		2
1- KLZ1 2- KLZ1	реле промежуточное	РП-18		2
1- PV1 2- PV1	вольтметр	3- 365		2
1- PV2 2- PV2	вольтметр регистрирующий	Н-344		2
1- SN2 2- SN2	переключатель	ПМОФ90-11111/Г-Д42	См примеч 2	2
1- SN1 2- SN1	переключатель	ПМОФ45-334466/Г-Д27		2
1- SV1 2- SV1	переключатель	ПКУЗ-12Ж 1203		2

Примечания

- 1 Целесообразность прокладки отдельного кабеля к счетчикам расчетного учета определяется по графиком СМ5-2-6+8, приложение 5.
- 2 Регистрирующий вольтметр PV2 и переключатель SN2 предусматриваются в контрольных точках, по которым ведется режим энергосистем

ГИП	Шишкина	И.И.	407-03-484.87-ЭВ
Нач. отп.	И.Морозенко	И.М.	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше
Н.контр.	Х.Мелев	Х.М.	Организация цепей напряжения РУ 35 кВ
Нач. сект.	Колесников	К.Н.	Страница листов
Рук. до	М.Мизяева	М.М.	15
Чертежн.	Гусева	Г.Г.	Схема электрическая принципиальная
			ЭНЕРГОГЕТПРОЕКТ
			Горьковское отделение
			1982 г.

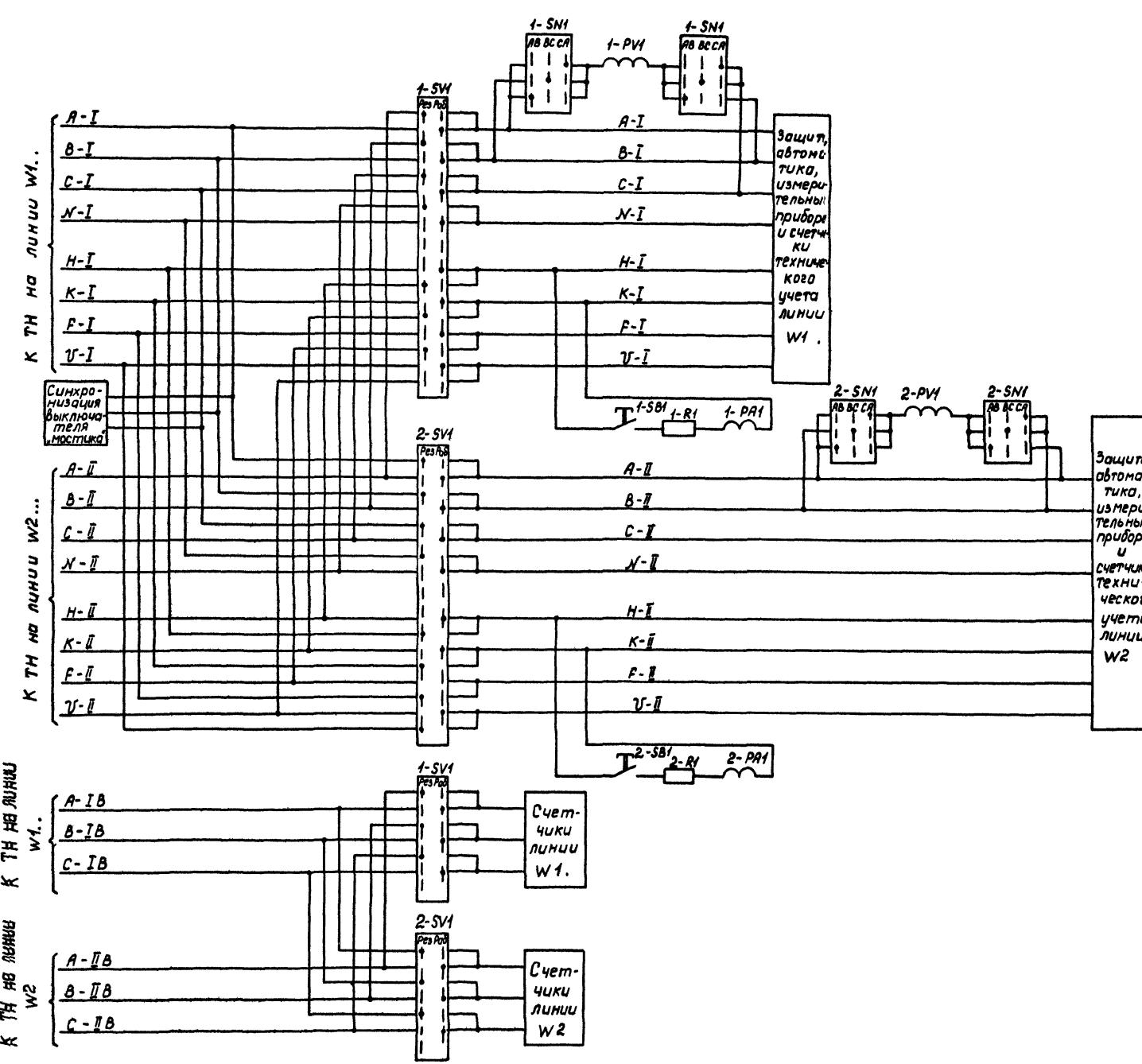
Перечень аппаратуры

Место установки	Позиция обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
ЦИУ УПРАВЛЕНИЯ	1-PA1, 2-PA1	Милиамперметр	Э-8021	0 + 100 мА	2	
	1-PV1, 2-PV1	Вольтметр	Э-3Б5	.. кВ	2	
	1-R1, 2-R1	Резистор	С5-35В25	1500 М ± 10%	2	
	1-SB1, 2-SB1	Кнопка	КЕ-011	исп 2	2	
	1-SN1, 2-SN1	Переключатель	ПМОФ45-112222/Л-Д1		2	
	1-SV1, 2-SV1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 1203		2	

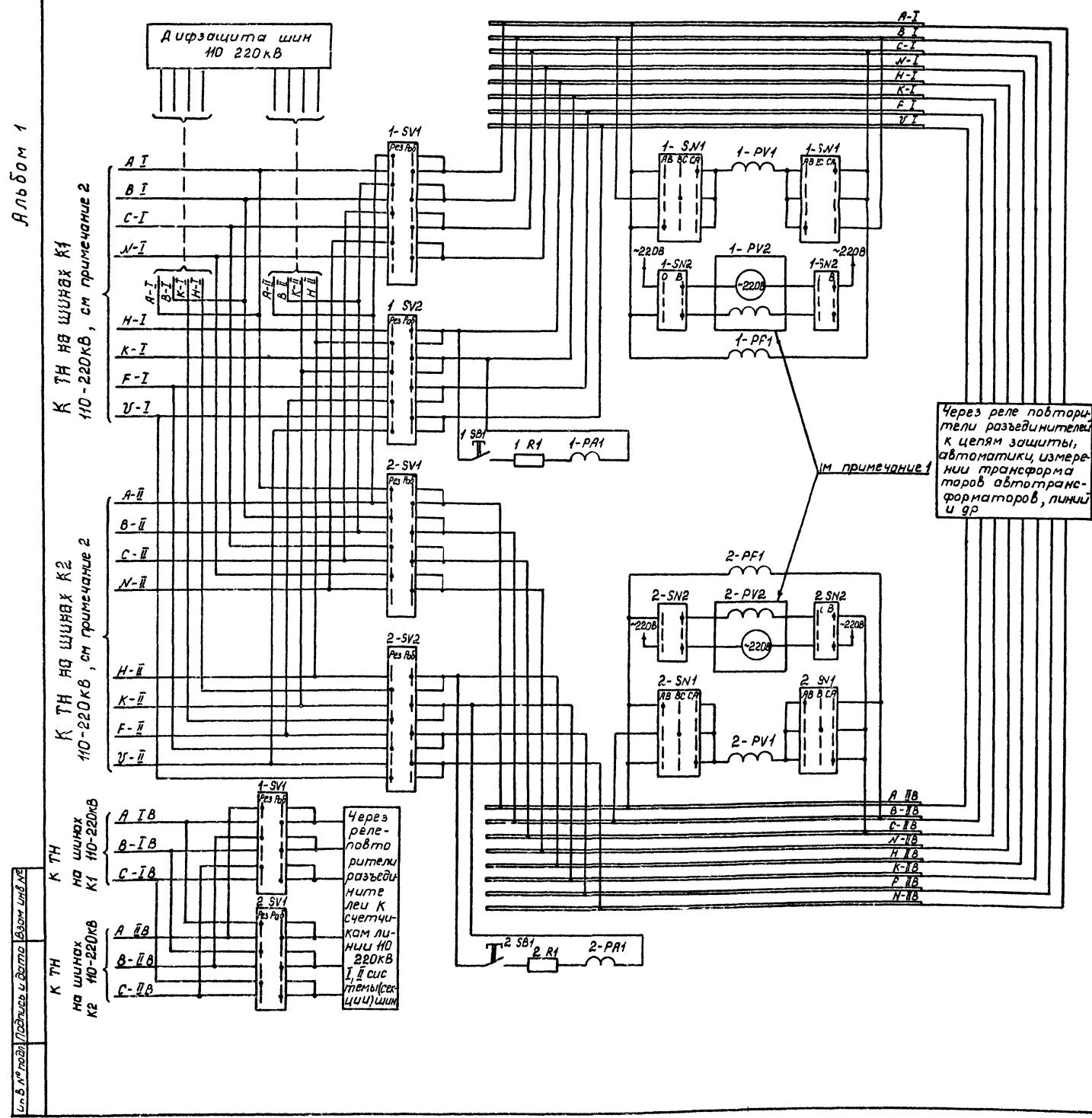
Примечание В маркировку линий вместо, вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 220 кВ-Е, РУ 110 кВ-Б

Альбом 1

ЦИФ № 1000/Приложение к схеме взрыв №



ГИП	Шишкин	Изм.	407-03-48487-ЭВ
Нач. отп.	Медзеленгово	М.И.	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше
Инженер	Хмельев	Инженер	Организация цепей напряжения РУ 110-220 кВ со схемой "мостик"
Науч.сост.	Гумашов	Инженер	РП 16
РУК.вр.	Миззяева	Инженер	Схема электрическая
Инженер	Егоррова	Инженер	принципиальная
Ст.техн.хассаншина	Алиев		ЭНЕРГПГ ЕТПРЕКТ Городокское отделение 1989г



Перечень аппаратуры

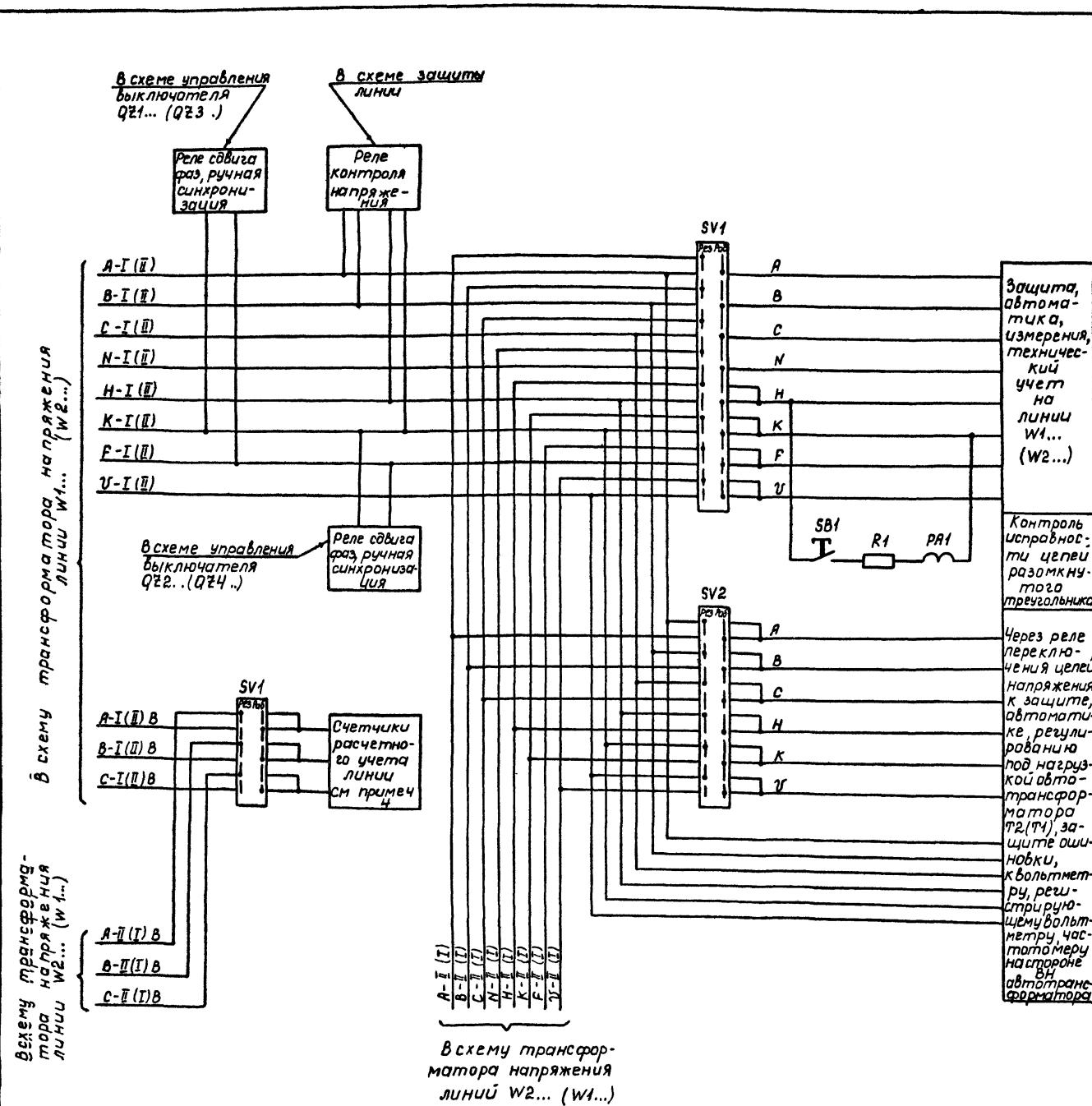
Место уста- новки	Позиции подзажим последне-	Наименование	Тип	Техническая характерис- тика	Кол	Примеч
ЧИСЛУПРАВЛЕНИЯ	1'-РР1; 2'-РР1	Миллиамперметр	З-8021	0+100 мА	2	
	1'-РР1; 2'-РР2	Частотометр	З-372		2	
	1'-РВ1; 2'-РВ1	Вольтметр	З-365	кВ	2	
	1'-РВ2; 2'-РВ2	Вольтметр	Н-393	кВ	2	
	1'-R1; 2'-R1	Резистор	C5-35B25	1500М ± 10%	2	
	1'-SB1; 2'-SB1	Кнопка	КЕ-011	исп 2	2	
	1'-SV1; 2'-SV1	Переключатель	ПКУЗ - 12Ж 8012		2	
	1'-SV2; 2'-SV2	Переключатель	ПКУЗ - 12Ж 4037		2	
	1'-SN1; 2'-SN1	Переключатель	ПМОФ45 - 112222/II-Д1		2	
	1'-SN2; 2'-SN2	Переключатель	ПМОФ 90 - 11111/II-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 міаркіровку шин вмісто „ «вводяться» букви, обозначаючі рівень напруження для РУ220кВ-Е, для руч НОкВ-Б

Альбом 1

**Перечень аппаратуры**

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примеч
	PA1'	Миллиамперметр	Э-8021	0 .. 100mA	1	
	R11	Резистор	05-35B25	1500Ω±10%	1	
	SB11	Кнопка	КЕ-011	исп 2	1	
	SV1	Переключатель	ПКУ3-12Ж 1203		1	
	SV2	Переключатель	ПКУ3-12Ж 6001		1	

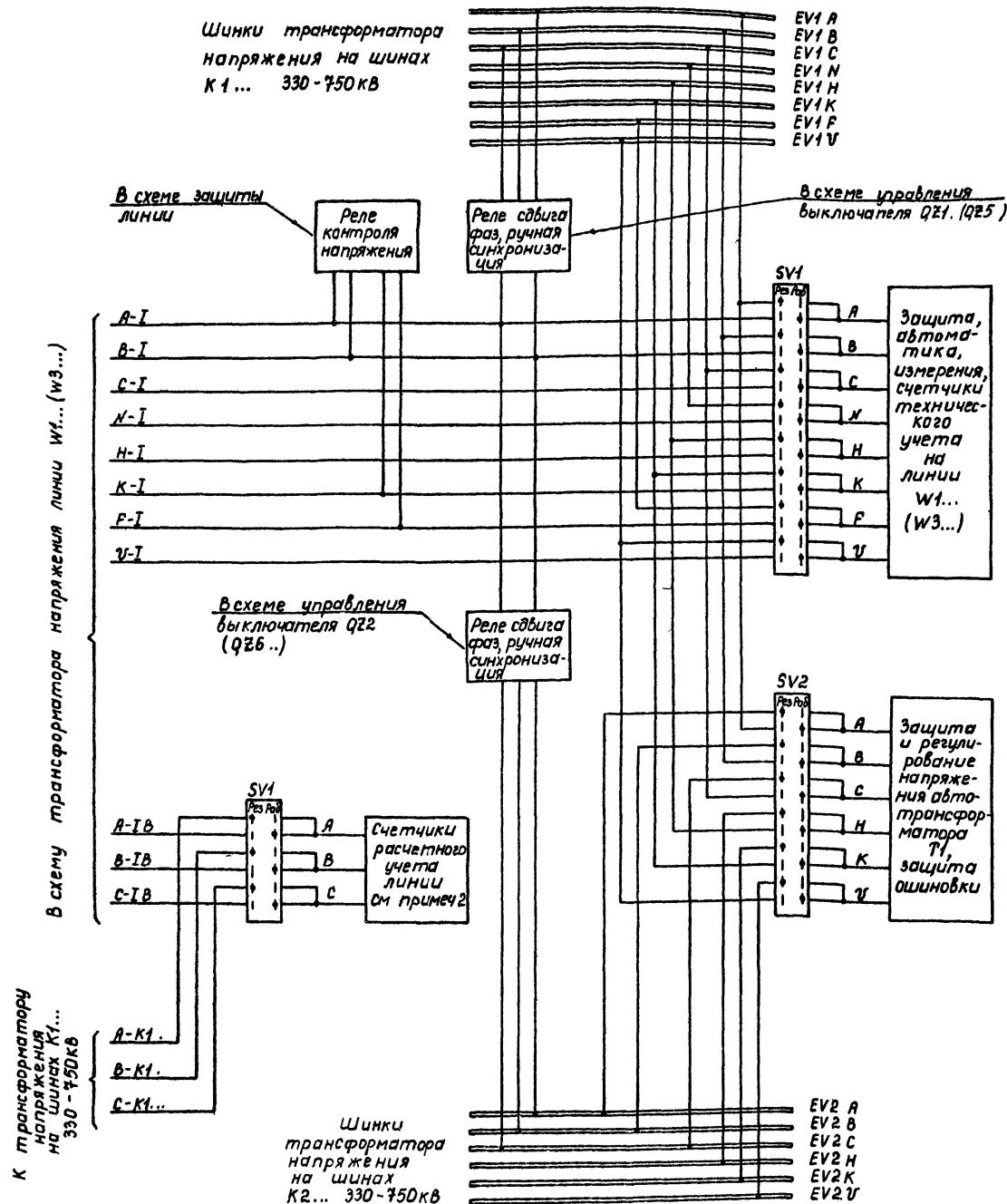
Примечания

- 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 T1, T2 выполняется от ТН линий через реле переключения цепей напряжения в зависимости от включенного положения выключателей Q21..., Q23, Q22.., Q24...
- 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-Д, 220кВ-Е

407-03-484.87-ЭВ

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше

ГИП	Шифрировано	Изм.	Организация цепей напряжения РУ 220-400кВ на схеме "Четырехугольник" и "Треугольник"	Стадия	Лист	Листов
Начерт Мерзленкова	77					
Иконто Хмелев	77					
Начерт Тимошов	77					
рук. зд. М.З.Заярова	77					
инженер Егорова	77					
			Схема электрическая принципиальная	Энергосетьпроект		
				Горьковское отделение		



Место установ- ки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	техническая характерис- тика	Кол.	Примеч.
штат управле- ния	SW1	Переключатель	ПКУЗ- 12Ж 1203		1	
штат управле- ния	SW2	Переключатель	ПКУ - 12Ж 6001		1	

Перечень аппаратуры

Примечания

1. Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы РУ 330-750 кВ „Трансформаторы-шины“ для линий с нечетными номерами W1.. (W3..) и трансформатора Т1 при присоединении линии через два выключателя. Для схемы „Трансформаторы-шины с полупогорным присоединением“ линий маркировка выключателей Q22.. (Q26..) заменяется на QX1.. (QX2..) соответственно с подачей цепей напряжения „A“, „B“, „C“ к реле сдвига фаз от ТН линии W2(иW4). При выполнении схемы организации вторичных цепей напряжения для линий с четными номерами W2.., W4.. необходимо изменить маркировку шинок ЕV1 на ЕV2 для подачи резервного питания цепей напряжения на устройства защиты, автоматики и др.

Для автотрансформатора Т2 подачу рабочего питания выполнить от шинок ЕВ2..., а для резервирования - от шинок ЕВ1.... 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. приложения б, геометрии СМ5-2-19.20

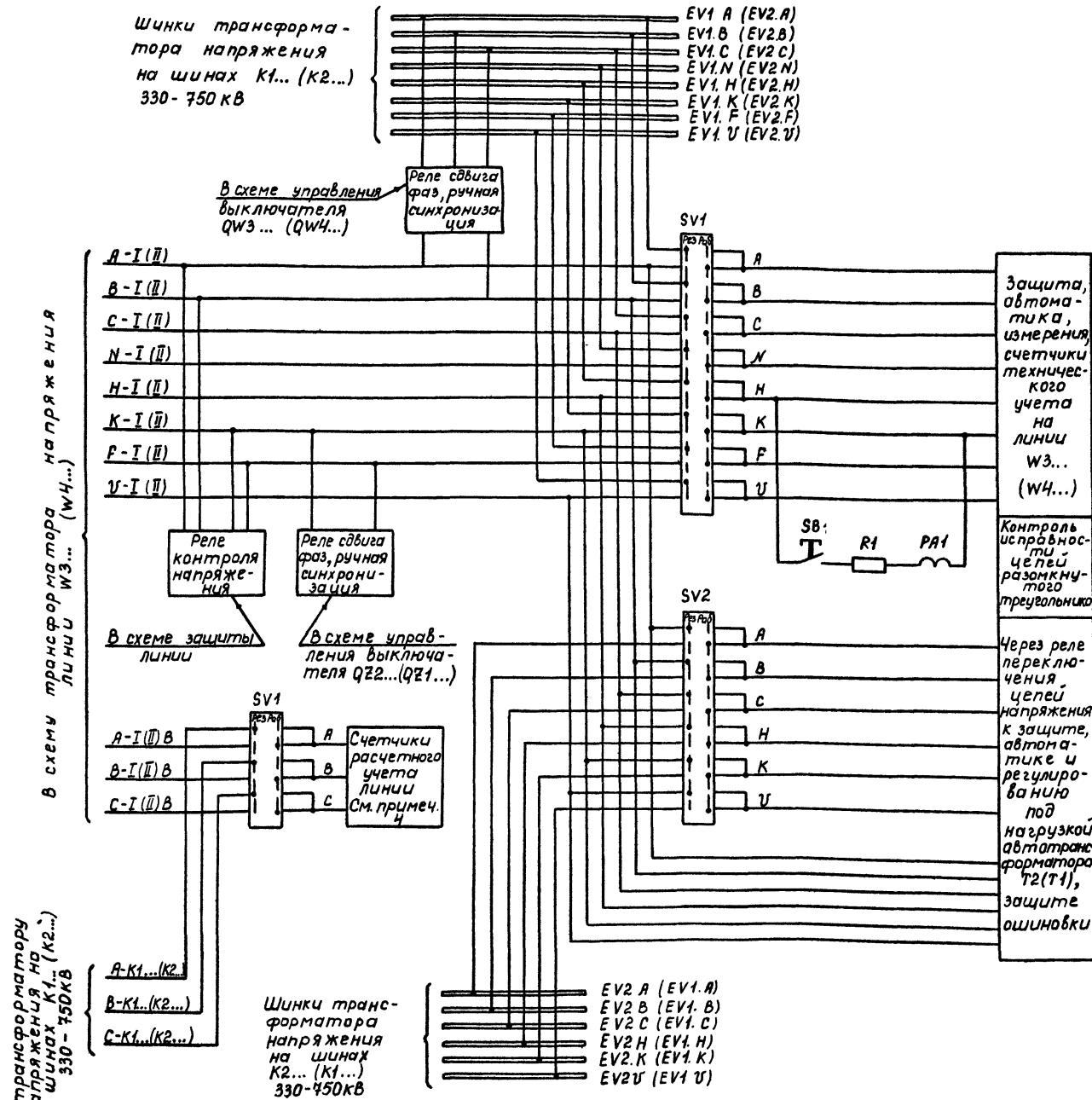
3 В маркировку шин, линий, выключателей вместо... вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 750кВ-В, 500кВ -С, 330кВ -Д

407-03-48487-3B

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше

Организация цепей напряжения РУ 330-750 кВ по схеме "Трансформаторы-шины"	Стадия	Лист	Листов
	РП	19	
Схема электрическая принципиальная	ЧНГРПГРГТУПРСКУ Горьковское отделение 1988г		

Лист 1



Перечень аппаратуры

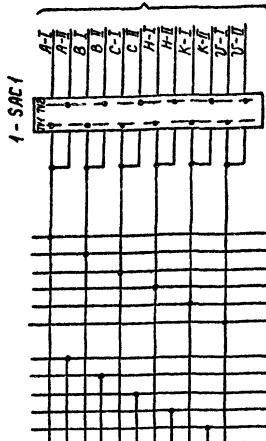
Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примеч.
	PA1	Миллиамперметр	3-8021	0...100mA	1	
	R1	Резистор	C5-35825	1500Ω ± 10%	1	
	SSB1	Кнопка	KE-011	исп. 2	1	
	SSV1	Переключатель	ПКУ3-12Ж 1203		1	
	SSV2	Переключатель	ПКУ3-12Ж 6001		1	

Примечания

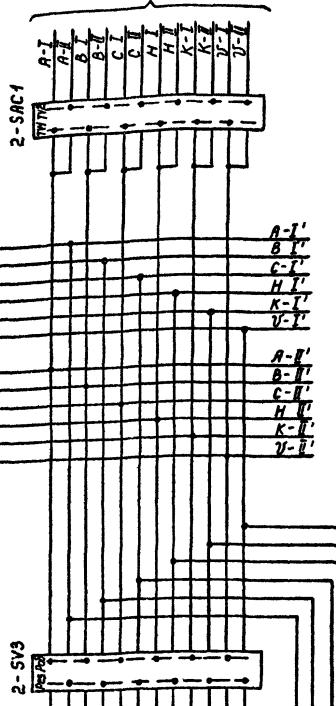
- Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы моста линия W₃... (W₄...) - автотрансформатор T₂(T₁). Поясняющую схему см. лист 14
- Резервирование питания нагрузки цепей напряжения линии W₃... (W₄...) производится от ТН той системы шин, к которой линия подключается через один выключатель, т.е. K₁... (K₂...).
- Питание цепей напряжения автотрансформатора T₂(T₁) в рабочем режиме осуществляется от ТН системы шин, к которой они подключены через один выключатель, резервирование производится от ТН смежной линии W₃... (W₄...).
- 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.
- В маркировку шин, линий, выключателей вместо ... вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ: 750кВ-В; 500кВ-С; 330кВ-Д.

ГИП	Шифровка	Члены	407-03-484.87-38
Начато	Мирзалиев &	Л.И.	
Начало	Химеев	Л.И.	
Начало	Чумашов	Л.И.	
Рук гр	Мицяев	Л.И.	
Инжен.	Егорова	Л.И.	
			Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше
			Организация цепей напряжения РУ 330-450 кВ по схеме "Полутормоз".
			Стадия Лист Рисунок
			РП 20
			Схема электрическая
			ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ
			принципиальная
			...расположение 1988г

К трансформаторам напряжения TV1, TV2
линии W1B



К трансформаторам напряжения TV1, TV2
линии W2B



Через реле переключения
цепей напряжения к защите,
автоматике, регулированию
под нагрузкой автотрансформатора T1
к защите обмотки

Через реле переключения
цепей напряжения к защите,
автоматике, регулированию
под нагрузкой автотрансформатора T2
к защите обмотки

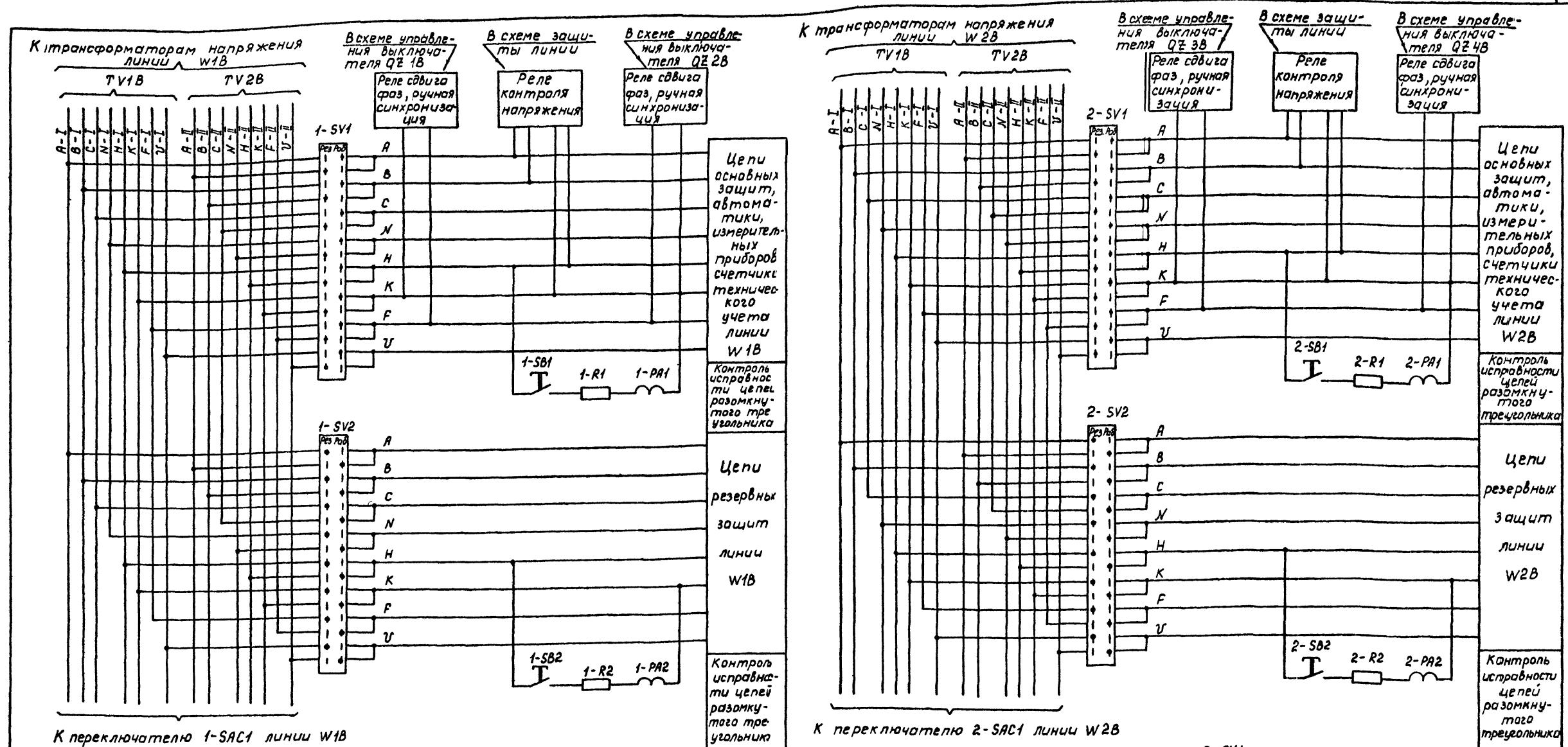
Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примеч.
Управления	1-РР1, 1 РР2 2 РР1, 2 РР2	Миллиамперметр	Э-8021	0 100mA	4	
	1 R1, 1 R2, 2 R1, 2 R2	Резистор	С5-35825	1500Ω ± 10%	4	
	1 SB1, 1 SB2, 2 SB1, 2 SB2	Кнопка	КЕ-011	исп 2	4	
	1-SV1, 2-SV1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж1203		2	
	1-SV2, 2-SV2	Переключатель	ПКУЗ-12Ж8012		2	
	1 SV3, 2 SV3 1-SAC1, 2-SAC1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж6001		4	

Примечания

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

Алобом 1

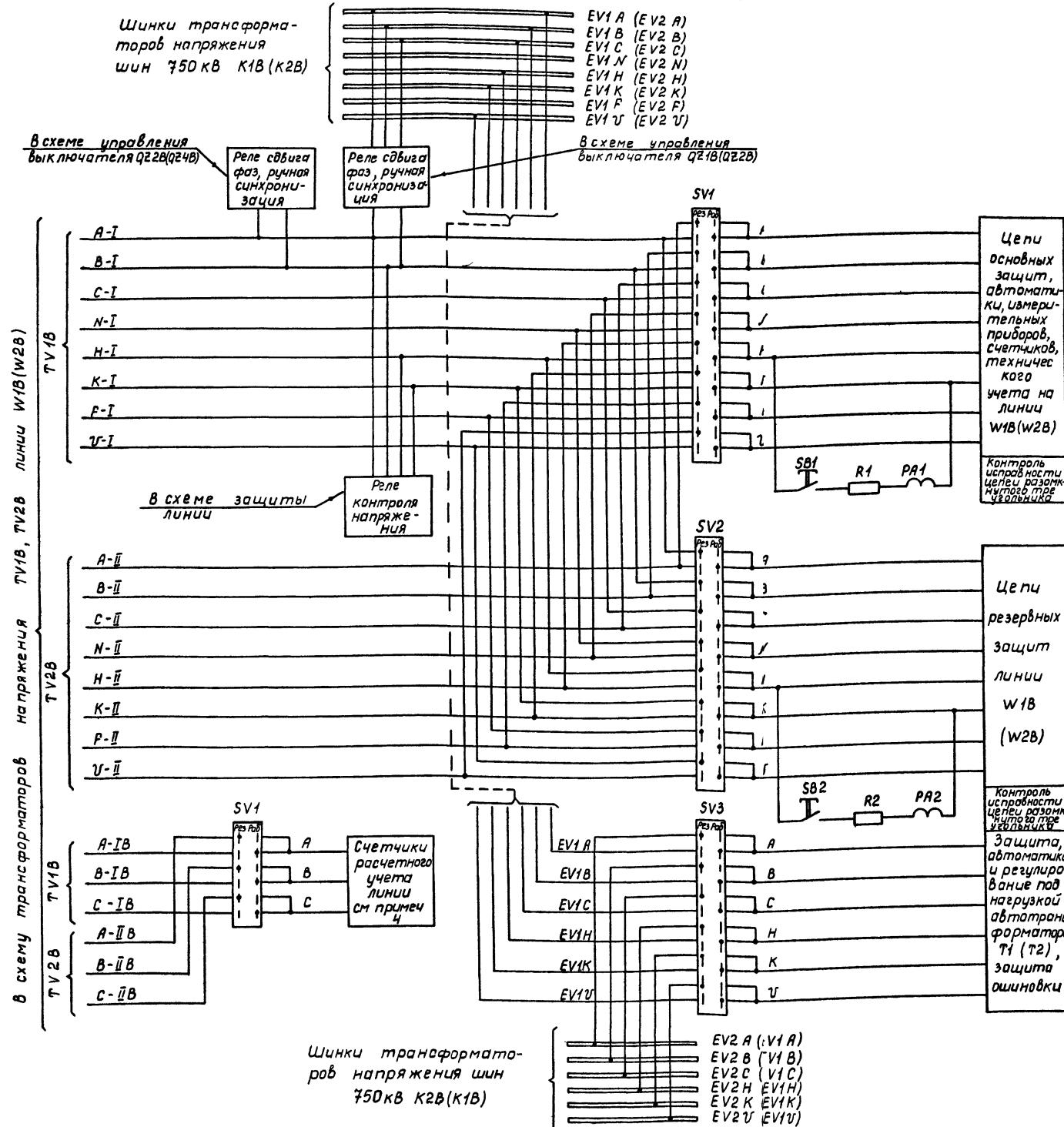


Инв. № листа / Документы и данные в документе №

		407-03-48487-38
ГИП	Шишарина Н.С.	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше
Нач. отп. Мерзленкова	М. /	Организация цепей напряжения 6-10кВ по схеме четырех угольников, треугольников при 2x комплектах ТН на линии
Н. контр. Хмитлев	Ю.И.	Стадия Лист Листов
Нач. проекта Чумашев	Ю.И.	РП 22
Рук. за Михаилова	Ю.И.	Схема электрическая
1-го этапа Евдорова	Ю.И.	Энергосетьпроект
		Горьковское отделение

Альбом 1

Лист № 1 из 10. Порядок выполнения работ



Перечень аппаратуры

место установки	позиционное обозначение схемы	наименование	тип	техническая характеристика	кол	примеч
	PA1, PA2	Миллиамперметр	Э-8021	0 100mA	2	
	R1, R2	Резистор	Л5-35825	1500Ω±10%	2	
	SB1, SB2	Кнопка	КЕ-014	исп 2	2	
Шит	SV1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 1203		1	
	SV2	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 8012		1	
	SV3	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 6001		1	

Примечания

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

Поясняющую схему РУ 750 кВ 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 Т1 (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

407-03-48487-Э8

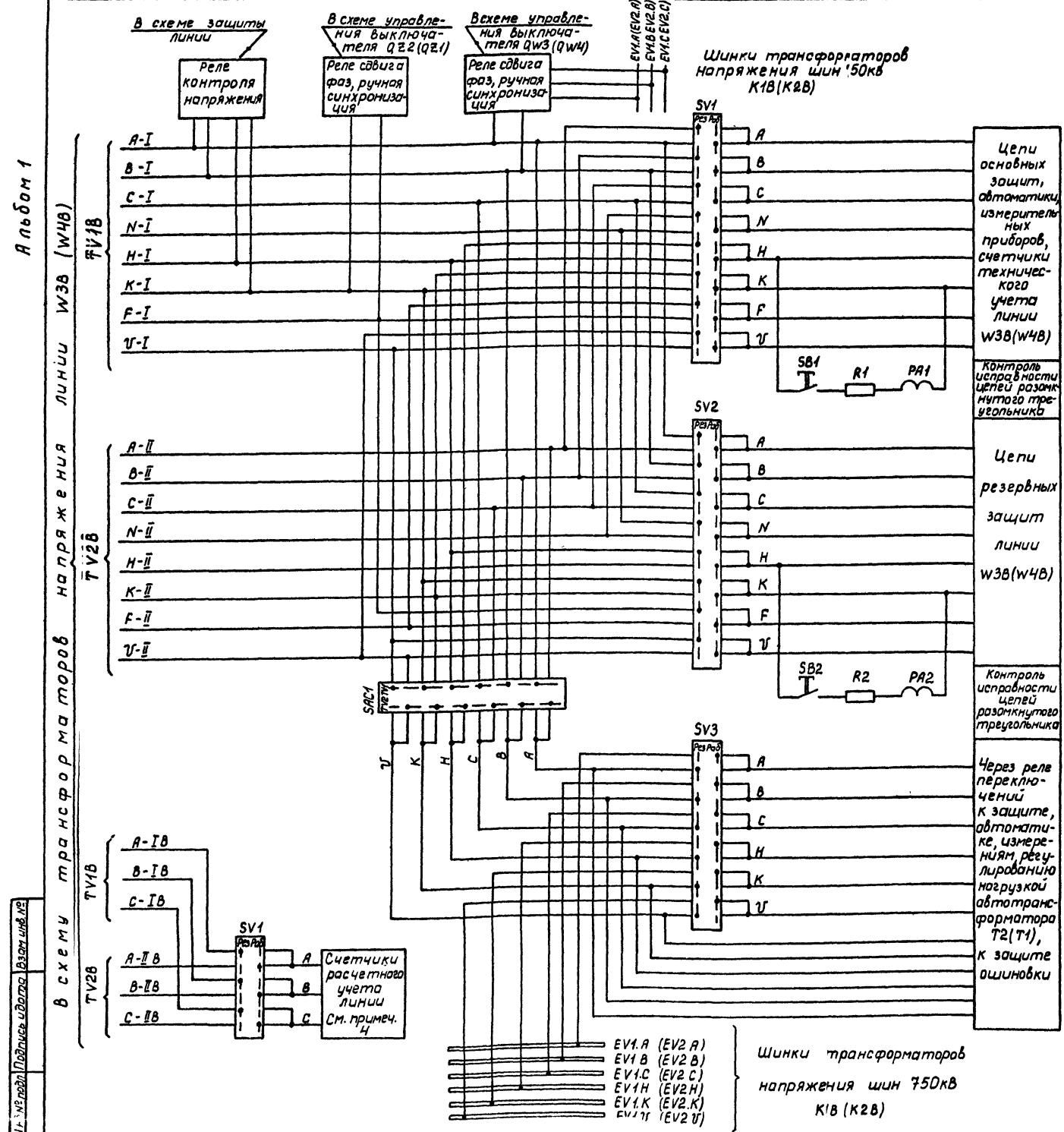
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше

ГИП	Шифрировано	ЧИщев
Нач. отп. магнитопровода	М. Ш.	
Нконтр. Х. Мелев	Лисец	
Нач. сект. Г. Гумашов	Бакиев	
Рук. до. И. Мизгирев	Абубакаров	
Инженер Е. городка	Гариф	

Организации цепей напряжения РУ 750 кВ по схеме Трансформаторной шины при двух комплектах ТН на линии РП 23

Схема электрическая принципиальная ЭНПРГОСЕТЬПРОЕКТ

1993 г.



Перечень аппаратуры						
Место уста- новки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Механическая характерис- тика	Кол.	Примеч.
PA1, PA2		Миллиамперметр	3-8021	0...100мА	2	
R1, R22		Резистор	C5-35B25	1500Ом ± 10%	2	
SB1, SB2		Кнопка	КЕ-014	исп 2	2	
SV1		Переключатель	ПКУЗ-12Ж 1203		1	
SV2		Переключатель	ПКУЗ-12Ж 8012		1	
SV3, SAC11		Переключатель	ПКУЗ-12Ж 6001		2	

Перечень аппаратуры

Примечания.

1. Организация вторичных цепей напряжения выполнена для РУ 750кВ по схеме „Полуторная“ при установке на линиях 750кВ двух комплектов трансформаторов напряжения.
 - Поясняющую схему РУ 750кВ см. лист 14.
 2. Резервирование питания нагрузки цепей напряжения линии осуществляется переключателями SV1, SV12 данной линии.
 3. Питание цепей напряжения автотрансформатора ТУ(Т2) выполняется от ТН на шинах К1В(К2В) и резервируется от ТН(ТV1, TV2 по выбору с помощью переключателя SAC1) стражной линии W4В(W3В) 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 СМБ-2-19, 20.

				401-03-484.87-ЭВ
ГИП	Щицерина А.Н.	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше		
нач отп	Медведевской А.Н.	Организация цепей напряже-	Столб	лист
И. контр	Хмелеев А.И.	ния ру 750кВ по схеме, полу-	листов	
нач сект	Румянцов Ю.И.	торная при двух комплек-		
рук гр.	Мизизеева Е.А.	тах на линии	RП	24
инженер	Егорова Г.Р.	Схема электрическая	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ	
		принципиальная	Горьковское отделение	

Приложение 1

Таблица СМ1-1

Тип трансформатора напряжения	Номинальное напряжение обмоток, В			Номинальная мощность ВА для классов точности				Пределенная мощность ВА		ИК %			Z к
	ВН	НН (основной)	НН (дополнительной)	0,2	0,5	1	3	основной обмотки	дополнительной обмотки	ВН - НН основной обмотки	ВН - НН дополнительной обмотки	НН основной и НН дополнительной	
НДЕ-750-72	750000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100		300	500	1000	1600		1,9 ¹⁾	0,65 ¹⁾	0,15 ¹⁾	
НДЕ-500-72	500000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100		300	500	1000	1600		1,97 ¹⁾	0,55 ¹⁾	0,15 ¹⁾	
НКФР-500-78	500000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100			500	1000	2000		4,48	6,4	0,3	
НКФР-330-73	330000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100		400	600	1200	2000	1200	4,35	4,2	0,27	
НКФР-220-58	220000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100		400	600	1200	2000	1200	4,13	5,15	0,54	
НКФР-110-57	110000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100		400	600	1200	2000	1200	4,05	3,87	0,62	
ЗНОМ-35-65	35000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3		150	250	600	1200		6,00	11,2	10,4	
НОМ-35-66	35000	100			150	250	600	1000		3,187			
НОМ-10-66	10000	100			75	150	300	630		6,4			
НОМ-5-77	6000	100			50	75	200	400		8,15			
ЗНОЛ-06-10	10000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3 или 100	50	75	150	300	640	300	4,8	7,9	6,85	
ЗНОЛ-09-10													
ЗНОЛ-06-6	6000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3 или 100	30	50	75	200	400	200	3,55	5,6	4,65	
ЗНОЛ-09-6	6000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	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				
НАМИ-10	6000	100	100										
НОЛ-08-10	10000	100		50	75	150	300	630		4,95			
НОЛ-08-6	6000	100		30	50	75	200	400		3,47			

4) Для НДЕ значения Ик% ВН-ННосн и ВН-ННдел соответствуют активному сопротивлению, Ик% ННосн-ННдел соответствуют индуктивному сопротивлению

Таблица технических данных для НАМЧ-10

Таблица СМ 11-2

Тип трансформатора напряжения	Номинальное напряжение обмоток, в			Мощность на выводах основных вторичных обмоток, Вт			Допускаемая основная погрешность ΔU , %	Пределы дополнительной погрешности ΔU_d , %	Максимальная суммарная погрешность ΣU , %	Номинальная мощность дополнительных вторичных обмоток
	ВН	НН (основной)	НН (дополнительный)	ав	вс	са				
НАМН-10	10000	100	1	50	50	0	$\pm 0,15$	+ 0,15	+ 0,35	
				50	50	15		$\pm 0,15$	$\pm 0,35$	
				75	75	0		0	$\pm 0,2$	
НАМН-10	6000	100	1	100	100	0	$\pm 0,2$	- 0,15	- 0,35	300 ВА
				75	75	30		- 0,5	- 0,7	
				150	150	0		- 0,5	- 0,7	
				150	150	150		- 3	- 3,2	

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

ГУП	Шицорина	И.И.		407-03-48487-CM1
Науч.аттд	Мерзяленкова	Л.Н.		
Иконопр	Х.Нелев	Павел		
Науч.секрет	Глушаков	Андрей		
Рук.ер.	Мильяева	Наталия		
Инженер	Егорова	Татьяна		

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 0.05-10 кВ в зоне геометрические характеристики трансформаторов напряжения

Стадия Рисунок Инспектор
РП 1 1
Энергосетьпроект
Борисовское отделение
1988г

Приложение 2

П о т р е б л е н и е а п п а р а т у р ы и у с т р о й с т в

Таблица СМ2-1

№ п/п	Наименование	Потребление обмотки напряжения ВА (при 1Ином)	Примечание
----------	--------------	--	------------

Реле и устройства

1	РН-53, РН-153	1	на обмотку
2	РН-54, РН-154	5	на обмотку
3	РН-53/50Д	6,5	на обмотку
4	РНФ-1М	15	на фазу
5	РМ-11, РМ-12	35	на обмотку
6	РМОП-2	15	на фазу
7	КРС-2	18	на фазу
8	КРБ-12	5	3Цо для напряжения 110-330 кВ
9		16	на фазу для напряжения 35 кВ
10	КРБ-125	20	на фазу
11	КРБ-126	8,5	на фазу
12	БРЭ-2801	2	на фазу

Панели и шкафы защиты, системной и
противоаварийной автоматики

1	ЯПВ-503	30	на фазу
2	ДФЗ-201	75	3Цо
3	ДФЗ-503	10	на фазу
4	ДФЗ-503	55	на фазу
5	ДФЗ-504	12	на фазу
6	ДФЗ-504	2	на фазу
7	ШДЭ-2601	5	для (A)
8	ШДЭ-2601	3	для (B) и (C)
9	ШДЭ-2801	3	для (B) и (C)
10	ШДЭ-2801	3	на фазу

Продолжение Таблица СМ2-1

№ п/п	Наименование	Потребление обмотки напряжения ВА (при 1Ином)	Примечание
----------	--------------	--	------------

Реле и устройства

8	ПДЭ-2001	6	на фазу
9	ПДЭ-2002	2	3Цо
10	ПДЭ-2003	5	на фазу
11	ПДЭ-2004	2	на фазу
12	ПДЭ-2005	3	на фазу
13	ПЭ-4	60	на фазу
		70	на фазу
		при срабатывании защиты	
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 ФЧЧЗ АР	15	на фазу
2	Счетчик активной энергии ФЧЧЗ АР	10	на фазу
3	Счетчик активной, реактивной энергии СИЗУ-ЦБ70М СРЧУ-ЦБ73М	6	на обмотку
4	Счетчик учета электропроизводства 336700-А 336701-Д 336702-Д	37	на обмотку

Продолжение Таблица СМ2-1

№ п/п	Наименование	Потребление обмотки напряжения ВА (при 1Ином)	Примечание
----------	--------------	--	------------

5	Счетчик учета электропроизводства 336700 336701 } (кл Т2) 336702 } (кл Т3)	3	на обмотку
6	Ваттметр показывающий с двусторонней шкалой А-365	10	на обмотку
7	Ваттметр регистрирующий Н-348	10	на обмотку
8	Варметр показывающий с двусторонней шкалой А-367	10	на обмотку
9	Вольтметр 38021 38023	4 и 7	на обмотку
10	Вольтметр показывающий с односторонней шкалой А-365	2,0	на обмотку
11	Вольтметр регистрирующий Н-344	10	на обмотку
12	Синхроскоп 3-327	10	на обмотку
13	ЛИФП-8 Измерительный преобразователь активной мощности	3	3Цо на обмотку
14	Частотометр показывающий 3-372	1	на обмотку
		предел 45-55 Гц	
		предел 49-51 Гц	
		48-52 Гц	

ГЧП	Шифррина	Номер	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше	Стадия	Лист
Нач отп	Пермалюминий	11		РП	1
Исполн	Смен				5
Начект	Гумашов	безн			
Рук зр	Мизяевъ	безн	Потребление аппаратуры и устройств	ЧГППСЕТЬЯРДК	
Изженер	Егорова	безн	Уорковское отделение		19882

Приложение 2

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

Работают 1

Таблица СМ2-2

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)
	Загрузки на фазу, ВА	Загрузки на обмотку, ВА	
Счетчик активной энергии Ф443Я	10 ¹⁾		
Счетчик активной энергии САЗУ-1Б70М		5 ¹⁾	
Счетчик 336700		3,7 ¹⁾	
Панель ПД3-2802	3		
Шкаф защитный ШДЭ-2801	3		3
ЛИФП-В измерительный прибор активной мощности		1(аб, бс), 3(са)	
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой 3-365		2	
Вольтметр 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 ~1908)	160		

Продолжение Таблица СМ2-2

Расчет нагрузок на обмотках ТН	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)
	Загрузки на фазу, ВА	Загрузки на обмотку, ВА	
ПС на постоянном оперативном токе	$S_{\text{НФ, max}} = \frac{S_{bc}}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{S_{ab}}{S_{bc}}\right)^2 + \frac{S_{ab}}{S_{bc}} + 1} + S_{\varphi}$ при $S_{ab} > S_{bc} > S_{\varphi}$ $S_{ab} = 2 + 10 + 10 = 23,0 \text{ ВА};$ $S_{bc} = 6,5 + 1 \cdot 3 + 10 = 20,5 \text{ ВА};$ $S_{\varphi} = 10^1 + 3 + 3 = 16 \text{ ВА};$		$S_{\text{НЭЦН}} = 6,0 \text{ ВА}$
ПС на выпрямленном оперативном токе с БПНС-2	$S_{\text{НФ, max}} = S_{\text{НФ, Б}} = \frac{20,5}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{23}{20,5}\right)^2 + \frac{23}{20,5} + 1} + 16 = 37,681 \text{ ВА} \approx 40^2 \text{ ВА}$		
<i>Сопоставление суммарной нагрузки в режиме резервирования с мощностью ТН в классе точности 3</i>			
$\sum S_H = S_{HN} + \frac{S'_{\text{НФ}} + S''_{\text{НФ}}}{3}$			
$S_{HN} = 2S_{\text{НЭЦН}} = 2 \times 6 = 12 \text{ ВА}, \quad 2S_{\varphi} = 1716 \times 2 = 352 \text{ ВА};$			
$2S_{ab} = 2 \times 23 = 46 \text{ ВА}, \quad 2S_{bc} = 2 \times 20,5 = 41 \text{ ВА};$			
$S'_{\text{НФ}} = 2S_{\varphi} + 2S_{ab} = 352 + 46 = 398; \quad S''_{\text{НФ}} = 2S_{\varphi} + 2S_{bc} = 352 + 41 = 393 \text{ ВА}$			
$\sum S_H = 12 + \frac{398 + 393}{3} = 275,667 \ll 1200 \text{ ВА}$			

- 1) При расчете максимальной нагрузки на фазу учитывалось потребление счетчика типа Ф443А (108А)
 2) В режиме резервирования нагрузка на ТН удваивается и равна соответственно 80 ВА и 400 ВА.
 При указанных нагрузках ТН работает в классе точности 0,5

Нагрузки вторичных цепей ТН 3xНКФ-110-220 на шинаж 110-220кВ

Албом 1

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (λ)					Примечание	
	Потребление на обмотках						
	Шина, т-р	Линия	Шина, т-р	Линия	ЗУо		
Шкаф защиты ШДЗ-2801		3				Линий 6	
Панели							
ДФР-201		10				Линий 3	
ПЭ-2105А	62		5(8с)				
ПЧ-0301	2+2						
ШП-2701		4				Линий-2	
ШП-2702		2				Линий-2	
ШП-2703						Линий-2	
АПАХ	12	45					
Реле напряжения							
РН-53/60Д							
РН-55							
ИУФПЛ В							
Измерительный преобразователь активной мощности							
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой 3-365							
Вольтметр регистрирующий Н-344							
Ваттметр показывающий с двусторонней шкалой А-365							
Варметр показывающий с двусторонней шкалой А-367							
Частотомер показывающий З-372							
Счетчик активной и реактивной энергии Слэу-УБ70М							
СРЧУ-УБ73М							
Датчики активной и реактивной мощности							

Таблица СМ2-3

Продолжение Таблица СМ2-3	
Расчет нагрузок на обмотки ТН	
$S_{ab} = 2 + 6 \times 10 + 6 \times 10 + 14 \times 11 + 36 + 12 = 184 \text{ ВА},$	
$S_{bc} = 5 \times 6,5 + 6 \times 10 + 6 \times 10 + 3 + 44 + 1 + 36 + 12 = 196,5 \text{ ВА},$	
$S_{ca} = 10 + 14 \times 10 + 12 = 162 \text{ ВА},$	
$S_{qo} = 6 \times 3 + 3 \times 10 + 62 + 2 \times 44 + 2 \times 2 + 12 + 2 \times 45 + 4 = 228 \text{ ВА},$	
$S_{Nqfmax} = S_{Nqfb} = S_{qo} + \frac{S_{ab}}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\left(\frac{S_{bc}}{S_{ab}}\right)^2 + \left(\frac{S_{bc}}{S_{ab}}\right) + 1} =$	
$228 + \frac{184}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\left(\frac{196,5}{184}\right)^2 + \left(\frac{196,5}{184}\right) + 1} = 418,388 \approx 420 \text{ ВА}$	
420 ВА L 600 ВА, ТН работает в классе точности 1	
Сопоставление суммарной нагрузки в режиме резервирования с мощностью ПН в классе точности 3	
$2S_{ab} = 368 \text{ ВА}, 2S_{bc} = 393 \text{ ВА}, 2S_{qo} = 456 \text{ ВА}, S_{NN} = 2S_{3U_0} = 6 \text{ ВА},$	
$S'_{Mqf} = 456 + 368 = 824 \text{ ВА}, S''_{Mqf} = 456 + 393 = 849 \text{ ВА},$	
$\sum S_N = S_{NN} + \frac{S'_{Mqf} + S''_{Mqf}}{3}$	
$\sum S_N = 6 + \frac{824 + 849}{3} = 563,7 \text{ ВА} \leq 1200 \text{ ВА}$	

Примечание

Для расчета сечений проводов кабелей принимается полная мощность ТН в классе точности 1 - 600 ВА, с распределением нагрузки БРЭД = 330 ВА, $S_{3U_0} = 216 \text{ ВА}$, $S_{qo} = 54 \text{ ВА}$, пропорционально рассчитанным при $S_{Nqfmax} = 420 \text{ ВА}$

Приложение 2

Нагрузки вторичных цепей ТН ЭХНКФ-330-500; ЭХНДЕ-500-750 на линиях 330-750 кВ

Таблица СМ 2-4

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (λ)		Вспомогательная обмотка ТН (λ)
	5 нагрузки на фазу, ВА	5 нагрузки на обмотку, ВА	
Счетчик активной энергии Ф 443Я	10 ¹		
Счетчик активной энергии САЗУ-1Б70М		5 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		
ИУФР 8 измерительный преобразо- ватель активной мощности		1(а8, бс); 3(ас)	3
Вольтметр показываю- щий с односторонней шкалой 9-365			2
Вольтметр регистри- рующий Н-344		10	
Ваттметр показываю- щий с обеихсторонней шкалой А-365		10 ¹	
Варметр показываю- щий с обеихсторонней шкалой А-367		10	
Частотометр показываю- щий З-372		3	
Реле напряжения РН-55		5,5	

Продолжение. Таблица СМ2-4

Основная обмотка ТН (λ)	Дополнительная обмотка ТН(д) S на нагрузку 3Uo, ВА
$S_{Hqfb} = S_{Hqb} = \frac{Sb\lambda}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\left(\frac{Sab}{Sb\lambda}\right)^2 + \frac{Sab}{Sb\lambda} + 1} + S_{qp};$	
$Sab > Sb\lambda > Sac; Sab = 2 + 10 + 10 + 1 + 6,5 = 29,5 \text{ ВА}$	
$Sb\lambda = 10 + 3 + 1 + 10 = 24 \text{ ВА}, \quad Sac = 10 \text{ ВА};$	
$S_{qp} = 10^2 + 6^2 + 5^2 + 2^2 + 6^2 + 4^2 + 4,5^2 = 78 \text{ ВА};$	
$S_{Hqfb} = \frac{24}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\left(\frac{29,5}{24}\right)^2 + \frac{29,5}{24} + 1} + 78 = 27,775 + 78 = 104,775 \text{ ВА}$ $\approx 105,5 \text{ ВА}$	$S_{H3U_0} = 58 \text{ ВА}$

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

$$\sum S_H = S_{HN} + \frac{S'_{Mop} + S''_{.Mop}}{3}$$

$$S_{H3U_0} = 5 \text{ BA}; S_{HN} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ BA}, 2S_{\infty} = 2 \cdot 78 = 156 \text{ BA}.$$

$$2S_{ab} = 59.8A; \quad 2S_{bc} = 4.8BA.$$

$$S'_{MOP} = 2S_{HOP} + 2S_{ab} = 156 + 59 = 215 \text{ BA;}$$

$$S''_{MOP} = 2S_{HOP} + 2S_{BC} = 1155 + 48 = 2048A$$

$$\sum S_H = 10 + \frac{215 + 204}{3} = 139,667 \ll 1000BA.$$

- 1) При расчете максимальной нагрузки на фазу учитывалось потребление счетчика типа Ф443А (10ВА).
 - 2) В режиме резервирования (для схем РУ ("Треугольник", Четырехугольник")) нагрузка на ТН удавливается 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.

Приложение 2

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

Листок 1

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (λ)
	Суммарные нагрузки на фазу, ВА	Суммарные нагрузки на обмотку, ВА	
Счетчик активной энергии Ф443А	10		
Автоматическое управление шунтирующим реактором	8		
Шкаф защиты ШДЭ-2601	5		
Устройство фиксации тяжести КЭ по снижению Ц прямои последовательности (нетиповое)	6		
Панели			
ШП-2703	12		
ШП-2704	6		
ПДЭ - 0301	2		
Измеритель преобразовательный активной мощности		1(αβ, βс), 3(αс)	
ЛЦФП В			3
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой Э-365		2	
Вольтметр регистрирующий Н-344		10	
Ваттметр показывающий с двухсторонней шкалой А-365		10	
Варметр показывающий с двухсторонней шкалой А-357		10	
Частотомер показывающий Э-372		3	
Реле напряжения РН-55		6,5	
Нагрузка от ВЛ 330-750 кВ в режиме резервирования	78	29,5(αβ), 24(βс)	

Расчет нагрузок на обмотках ТН	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (λ)
	Суммарные нагрузки на фазу	Суммарные нагрузки на обмотку	
	$S_{ab} = 1 + 2 + 10 + 10 + 6,5 + 2 \cdot 9,5 = 59 \text{ ВА},$ $S_{bc} = 10 + 3 + 1 + 10 + 24 = 48 \text{ ВА},$ $S_{ac} = 10 + 8 + 5 + 4 + 2 + 12 + 6 + 78 = 127 \text{ ВА},$ $S'_{\text{норм}} = \frac{48}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\frac{59}{48} + \frac{59}{48} + 1 + 127} = 180,66 \text{ ВА} \approx 185 \text{ ВА},$		$S_{340} = 38 \text{ ВА}$
	Для НКФ-330 181 < 400 ТН работает в классе 0,5		
	Для НДЕ-500-750 185 < 300 ТН работает в классе 0,5		
	Сопоставление суммарной нагрузки в режиме резервирования с мощностью ТН в классе точности 3		
	$\sum S_H = S_{HN} + \frac{S'_{\text{нор}} + S''_{\text{нор}}}{3},$		
	$2S_{\text{нор}} = 254 \text{ ВА}, \quad 2S_{ab} = 2 \times 59 = 118 \text{ ВА}, \quad 2S_{bc} = 2 \times 48 = 96 \text{ ВА},$ $S'_{\text{нор}} = 25 \text{ нор} + 25 \text{ ab} = 254 + 118 = 372 \text{ ВА}, \quad S_{HN} = 2 \times S_{340} = 2 \times 3 = 6 \text{ ВА},$ $S''_{\text{нор}} = 2S_{\text{нор}} + 2S_{bc} = 254 + 96 = 352 \text{ ВА};$		
	$\sum S_H = 6 + \frac{372 + 352}{3} = 247,333 \approx 250 \text{ ВА}$		
	Для НКФ-330, $\sum S_H = 250 \ll 2000 \text{ ВА}$		
	Для НДЕ-500-750, $\sum S_H = 250 \ll 1600 \text{ ВА}$		

Год	Номер сдатки	Выпуск №
-----	--------------	----------

Выбор автоматов вторичных цепей ТН

Продолжение. Таблица СМ3.

Типы трансформаторов напряжения	Место присоединения	Автоматы в цепях основной обмотки ТН				Автоматы в цепях дополнительной обмотки ТН			
		Расчетная величина тока для выбора уставки автомата, А	Принятый Ін.расч., А	Допустимый по коммутационной способности автомата, А	Автомат включен в провода	Расчетное выражение	Расчетная величина максимального тока КЗ, А	Принятый Ін.расч., А	Допустимый по коммутационной способности автомата, А
ЗНОМ-35	на шинах	$I_{расч.} = K_H \cdot \frac{S_{TH}}{U_{НTH}}$	$\frac{2 \cdot 250}{100/\sqrt{3}} = 8,66$	10	У	$I_{K3} = \frac{\sqrt{3} U_{НTH}}{Z_{TH}}$	$\frac{\sqrt{3} 100/3}{0,103} = 560$	4)	600
	на вводе АТ	$I_{расч.} = \frac{100}{U_{к\%}} \cdot \frac{S_{пред.}}{U_{НTH}}$	$\frac{100}{6} \cdot \frac{1200}{100/\sqrt{3}} = 346$	2,5	400	Цель 3Цо	$\frac{11,2 \cdot (100/3)^2}{100 \cdot 1200} = 0,03$	Тепловой тюбус	400
НОМ-35	на линии	$I_{расч.} = \frac{100}{U_{к\%}} \cdot \frac{S_{пред.}}{U_{НTH}}$	$\frac{100}{3,87} \cdot \frac{1200}{100} = 318$	2,5	400		$I_{K3} = \frac{U_{НTH}}{Z_{TH}}$	$\frac{100/3}{0,103} = 326$	Электромагнитный 25%)
ЗНОЛ-10	на шинах	$I_{расч.} = \sqrt{3} \cdot \frac{100}{U_{к\%}} \cdot \frac{S_{пред.}}{U_{НTH}}$	$\sqrt{3} \cdot \frac{100}{4,8} \cdot \frac{640}{100/\sqrt{3}} = 400$	2,5	400				
ЗНОЛ-10 (НОЛ-10)	на вводе АТ(7)	$I_{расч.} = \frac{100}{U_{к\%}} \cdot \frac{S_{пред.}}{U_{НTH}}$	$\frac{100}{4,8} \cdot \frac{640}{100/\sqrt{3}} = 230$	2,5	400	Цель 3Цо	$\frac{11,2 \cdot (100/3)^2}{100 \cdot 640} = 0,137$	$I_{K3} = \frac{U_{НTH}}{Z_{TH}}$	$\frac{100/3}{0,137} = 245$
ЗНОЛ-6	на шинах	$I_{расч.} = \sqrt{3} \cdot \frac{100}{U_{к\%}} \cdot \frac{S_{пред.}}{U_{НTH}}$	$\sqrt{3} \cdot \frac{100}{3,55} \cdot \frac{400}{100/\sqrt{3}} = 388$	2,5	400				
ЗНОЛ-6 (НОЛ-6)	на вводе АТ(7)	$I_{расч.} = \frac{100}{U_{к\%}} \cdot \frac{S_{пред.}}{U_{НTH}}$	$\frac{100}{3,55} \cdot \frac{400}{100/\sqrt{3}} = 195$	2,5	400	Цель 3Цо	$\frac{5,68 \cdot (100/3)^2}{100 \cdot 400} = 0,155$	$I_{K3} = \frac{U_{НTH}}{Z_{TH}}$	$\frac{100/3}{0,155} = 215$
НАМИ-10	на шинах	$75 - 150$ 5)	2,5	400	У	Цель 3Цо	10 5)	1,6	300
	на вводе АТ(7)								

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

- 1) Данные, полученные опытным путём.
- 2) 6А - 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 У для ТН типа ЗНОМ-35 может иметь только электромагнитный расцепитель, так как провод У, как правило, имеет небольшую длину.
- 4) Автомат в цепи 3Цо для ТН типа ЗНОМ-35, подключенного к шинам, должен быть только с тепловым расцепителем, а при подключении на ввод автоматрансформатора - только с электромагнитным.
- 5) Данные завода-изготовителя (ЦАЯК, 671.241.008.ТУ).

Условные обозначения.

S_{TH} - номинальная мощность ТН;S_{пред.} - предельная мощность основной вторичной обмотки ТН;U_{НTH} - номинальное напряжение вторичных обмоток ТН;K_H - коэффициент надежности работы автомата;U_{к\%} - напряжение короткого замыкания между обмотками ВН и НН основной вторичной обмотки ТН;I_{спик.} - максимальная величина емкостного тока во вторичных цепях;I_{н.расч.} - номинальный ток расцепителя;

КЗ - короткое замыкание.

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

Приложение 4
Допустимые сопротивления проводов кабелей вторичных цепей
ТН на шинах 110-220 кВ

Алгоритм 1

Таблица СМ4-1

Тип подстанции	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)	
	по падению напряжения	по надежности работы автомата при вводе в щит	по падению напряжения	по надежности работы автомата
ПС на постоянном токе	$Z_{pr} = \frac{\Delta U_{CH}}{3 S_{nagr}}, \text{Ом}$	$Z_{pr} = \frac{2^2 \text{ фазном } K_3}{(\sqrt{3} U_{HTH})^2 X_{TH}}, \text{Ом}$	$Z_{pr} = \frac{\Delta U_{CH}}{2 S_{nagr}}, \text{Ом}$	$Z_{pr} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{U_{HTH}}{6 J_{nrasch}} \right)^2 (X_{TH})}, \text{Ом}$
Расчетный	$S_{nagr} = 80 \text{ ВА}$	$S_{nagr} = 15 \text{ ВА}$		
Технический	$Z_{pr} = \frac{0,25 \cdot 100}{3 \cdot 80} = 0,104$			
	$Z_{pr} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 80} = 0,208$			
	$Z_{pr} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 80} = 0,625$	Принимается $0,324^1)$		
ПС на биполярном оперативном токе	$S_{C4} = 20 \text{ ВА}$			
Расчетный	$Z_{pr} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 20} = 0,833$			
ПС на биполярном токе	$S_{RZL, Uzm} = 380 \text{ ВА}$			
Расчетный	$Z_{pr} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 380} = 0,13$			
ПС на биполярном токе	$S_{nagr} = 400 \text{ ВА}$			
Расчетный	общий провод RZL с ЧУ $Z_{pr} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 400} = 0,125$			

Класс точности

3

$\Delta U = 2\%$

$$Z_{pr} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 15} = 6,667$$

$= 6,667$

$$Z_{pr \ 110} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{100}{6,667} \right)^2 - (2,021)^2} = 0,81^1)$$

$$Z_{pr \ 220} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{100}{6,667} \right)^2 - (2,932)^2} = 1,26^1)$$

Тип подстанции	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)	
	по падению напряжения	по надежности работы автомата при вводе в щит	по падению напряжения	по надежности работы автомата
Расчетный	$Z_{pr} = \frac{\Delta U_{CH}}{3 S_{nagr}}, \text{Ом}$	$Z_{pr} = \frac{2^2 \text{ фазном } K_3}{(\sqrt{3} U_{HTH})^2 X_{TH}}, \text{Ом}$	$Z_{pr} = \frac{\Delta U_{CH}}{2 S_{nagr}}, \text{Ом}$	$Z_{pr} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{U_{HTH}}{6 J_{nrasch}} \right)^2 (X_{TH})}, \text{Ом}$
Генерический	$S_{C4} = 54,8 \text{ А}$			$\sum S_{nagr} = 38 \text{ А}$
	$Z_{pr} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 54} = 0,309$			Класс точности 3 $\Delta U = 2\%$
	$S_{C4} = 54,8 \text{ А}$			$Z_{pr} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 3} = 33,333$
	$Z_{pr} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 54} = 0,926$			$Z_{pr \ 110} = 0,81^1)$
	$\sum S_{RZL, Uzm} = 54,6 \text{ ВА}$			$Z_{pr \ 220} = 1,26^1)$
	$Z_{pr} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 546} = 0,092$			

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

Условные обозначения

ΔU - падение напряжения в кабеле,
 U_{HTH} - номинальное напряжение ТН,

J_{nrasch} - номинальный ток расцепителя автомата,

X_{TH} - индуктивное сопротивление ТН,

$\sum S_{nagr}$ - суммарная нагрузка,

S_{C4} - потребление устройств учета,

$S_{RZL, Uzm}$ - потребление устройств защиты, автоматики и измерений

Таблица СМ4-2

ГИП	Широкина	Владимир	Системы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше	Страница	Лист	Чистов
Исполнитель	Хомяков	Андрей		0	1	2
Начальник	Некрасовка	Г.Н.				
Инженер	Егорова	Г.Н.	Допустимое сопротивление проводов кабелей			
Ст.техн	Маслова	Г.Н.				

407-03-484 87-СМ4

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

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

Таблица СМ4-3

Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)			
Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели ввода на щите, от по падению напряжения		Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели ввода на щите, от по надежности работы автомата при			
$Z_{\text{пр}} = \frac{\Delta U_{\text{ИТН}}}{3 S_{\text{нагр}}}$		$Z_{\text{пр}} = \frac{\Delta U_{\text{ИТН}}}{2 S_{\text{нагр}}}$			
$Z_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{(3U_{\text{ИТН}})^2 - X_{\text{TH}}^2}}{2J_{\text{нагр}}}$		$Z_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{(U_{\text{ИТН}})^2 - X_{\text{TH}}^2}}{2J_{\text{нагр}}}$			
$Z_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{3U_{\text{ИТН}}^2 - Z_{\text{TH}}^2}}{2J_{\text{нагр}}}$		$Z_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \sqrt{(U_{\text{ИТН}})^2 - (X_{\text{TH}})^2}$			
$HK\varphi - 330$		$HK\varphi - 330$			
$HDE - 500$		$HDE - 500$			
$HDE - 750$		$HDE - 750$			
Для провода от панели ввода до панели РЗА, изм					
$S_{\text{нагр}} = 588$					
Технический расчетный класс					
$S_{\text{рзя изм}} = 1908A$					
$Z_{\text{пр}} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 190} = 0,263$					
$S_{\text{нагр}} = 2108A$					
$Z_{\text{пр}} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 210} = 0,238$					
общий провод РЗА изм сч					
$S_{\text{сч}} = 208A$					
$Z_{\text{пр сч}} = \frac{0,26100}{3 \cdot 20} = 0,416$					
$Z_{\text{пр сч}} = \frac{0,5100}{3 \cdot 20} = 0,833$					

$$\begin{aligned} & \text{Класс} \\ & \text{точности 3} \\ & \Delta U = 2\% \\ & Z_{\text{пр}} = \frac{2100}{25} = 84 \\ & Z_{\text{пр}} = 0,81 \end{aligned}$$

1) Расчетные выражения и величины приняты по материалам-справочникам

Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)			
Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели ввода на щите, от по падению напряжения		Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели ввода на щите, от по надежности работы автомата при			
$Z_{\text{пр}} = \frac{\Delta U_{\text{ИТН}}}{3 S_{\text{нагр}}}$		$Z_{\text{пр}} = \frac{\Delta U_{\text{ИТН}}}{2 S_{\text{нагр}}}$			
$Z_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{(3U_{\text{ИТН}})^2 - X_{\text{TH}}^2}}{2J_{\text{нагр}}}$		$Z_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{(U_{\text{ИТН}})^2 - X_{\text{TH}}^2}}{2J_{\text{нагр}}}$			
$Z_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{3U_{\text{ИТН}}^2 - Z_{\text{TH}}^2}}{2J_{\text{нагр}}}$		$Z_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \sqrt{(U_{\text{ИТН}})^2 - (X_{\text{TH}})^2}$			
$HK\varphi - 330$		$HK\varphi - 330$			
$HDE - 500$		$HDE - 500$			
$HDE - 750$		$HDE - 750$			
Для провода от панели ввода до панели РЗА, изм					
$S_{\text{нагр}} = 388A$					
Технический расчетный класс					
$S_{\text{рзя изм}} = 2608A$					
$Z_{\text{пр}} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 260} = 0,192$					
$S_{\text{нагр}} = 3008A$					
$Z_{\text{пр}} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 300} = 0,167$					
общий провод РЗА, изм сч					
$S_{\text{сч}} = 408A$					
$Z_{\text{пр сч}} = \frac{0,25100}{3 \cdot 40} = 0,208$					
$Z_{\text{пр сч}} = \frac{0,5100}{3 \cdot 40} = 0,416$					

Примечание В расчете допустимых сопротивлений проводов кабелей ТН на шинах 330-750 кВ (таблица СМ4-4) суммарная величина нагрузки принята равной точности ТН НДЕ-500-750 в классе точности 0,5 (300 А)

Условные обозначения

ΔU - падение напряжения в кабеле,

$U_{\text{ИТН}}$ - номинальное напряжение ТН,

$J_{\text{нагр}}$ - номинальный ток расцепителя автомата,

X_{TH} - индуктивное сопротивление ТН,

Z_{TH} - полное сопротивление ТН,

$S_{\text{нагр}}$ - суммарная нагрузка,

$S_{\text{сч}}$ - потребление устройств учета,

$S_{\text{рзя изм}}$ - потребление устройств защиты, автоматики и измерений

Analog 1

Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН 9ХМКФ-110-220 на линиях 110-220 кВ

Таблица СМ5-1-1

- 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
 γ пр доп ΔU - допустимое сопротивление
 провода по падению напряжения,
 γ пр доп АВ - допустимое сопротивление
 провода по надежности действия автомата
 ΣS нагруз - суммарная нагрузка,
 S раз - потребление устройств защиты и
 автоматики;
 S изм - потребление устройств измерения;
 S уч - потребление устройств учета.

407-03-48487-CMS

				407-03-48487-CMS		
ГНП	Шиофрина	Илья	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 0-10 кВ и выше	Стадия	Лист	Листов
Инкантр	Хомяков	Петр	Определение сечений проводов кабелей	Р	1	11
Науч отп	Морозенков	Михаил		ЭНЕРГОПРЕДПРОЕКТ		
Инженер	Егорова	Анна		Горьковское отделение		
От техн	Маслова	Надежда		1988г		

Определение сечений проводов кабелей ТН 3×НКФ-110-220 на шинах 110-220 кВ

Таблица СМ5-1-2

Таблица CMS-1-3

Тип ТН и место установки	Дополнительная обмотка			
	Продольная коаксия	Направленная коаксия	Расчетное сечение провода	
НКФ-110 на шинах и линиях	Медь	481	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 0,81} = 4,33$	
НКФ-220 на шинах и линиях	Медь	1,26	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 1,26} = 2,78$	
НКФ-110 на шинах и линиях	Алюминий	200		
НКФ-220 на шинах и линиях	Алюминий	1,26	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 0,81} = 7,16$	

- 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

ΔЦ — падение напряжения в кабеле;
 Ч_{пр доп} ΔЦ — допустимое сопротивление провода по падению напряжения;
 Ч_{пр доп АВ} — допустимое сопротивление провода по надежности действия автомата;
 Σнагр — суммарная нагрузка;
 С_{рзя} — потребление устройств защиты и автоматики;
 С_{изм} — потребление устройств измерения;
 С_{уч.} — потребление устройств учета

Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН ЗХНКФ-330-500, ЗХНДЕ-500-750 на линиях 330-750 кВ

Приложение 5

Таблица СМ5-1-4

Лист 1

Основная обмотка											
Кабели от ТН до щита		Кабели по щиту									
Виды учета на линиях	Напряжение в кабеле	Расчетное сечение провода (алюминий)	Принятое сечение, мм ²	Сопротивление провода по принятому сечению	Сопротивление чугунного провода	Г _{пр1}	Г _{пр2}	Направление кабеля	Расчетное сопротивление провода $\frac{\Delta U_{\text{доп}} \cdot S_{\text{нагр}}}{100}$	Г _{пр3}	Расчетное сечение провода (меди)
$S_{\text{ч}} = 208 \text{ А}, \Gamma_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,416 \text{ Ом}, \text{ отдельный кабель для расчетного учета}$											
$\Delta U = 0,25\%$	110	$\frac{110}{34,5 \cdot 0,416} = 1,654$	2x4								
	115-	$\frac{140}{34,5 \cdot 0,416} = 9,755$	$3 \times 10 + 1 \times 6$								
	140-	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,416} = 15,677$	$3 \times 16 + 1 \times 10$								
	225-	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,416} = 24,387$	$3 \times 25 + 1 \times 16$								
	230-	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,416} = 24,387$	$3 \times 25 + 1 \times 16$								
	$S_{\text{ч}} = 208 \text{ А}, \Gamma_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,833 \text{ Ом}, \text{ отдельный кабель для расчетного учета}$										
	110	$\frac{110}{34,5 \cdot 0,833} = 3,928$	4								
	115-	$\frac{140}{34,5 \cdot 0,833} = 4,87$	$2 \times 2,5$								
	140-	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,833} = 7,829$	2×4								
	225-	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,833} = 9,917$	$3 \times 10 + 1 \times 6$								
$\Delta U = 0,5\%$	$\Sigma S_{\text{нагр}} = 1908 \text{ А}, \Gamma_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,263 \text{ Ом}$										
	145	$\frac{145}{34,5 \cdot 0,263} = 15,981$	$3 \times 16 + 1 \times 10$	$\frac{145}{34,5 \cdot 16} = 0,263$	$\frac{145}{34,5 \cdot 10} = 0,42$	$0,263 + 0,42 \cdot 0,765^2$					
	150-	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,263} = 24,797$	$3 \times 25 + 1 \times 16$	$\frac{225}{34,5 \cdot 16} = 0,261$	$\frac{225}{34,5 \cdot 10} = 0,408$	$0,261 + 0,408 \cdot 0,765^2$					
	225-	$\frac{290}{34,5 \cdot 0,263} = 31,961$	$3 \times 35 + 1 \times 16$	$\frac{290}{34,5 \cdot 25} = 0,24$	$\frac{290}{34,5 \cdot 16} = 0,525$	$0,24 + 0,525 \cdot 0,765^2$					
	$\Sigma S_{\text{нагр}} = 2108 \text{ А}, \Gamma_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,238 \text{ Ом}$										
	130	$\frac{130}{34,5 \cdot 0,238} = 15,832$	$3 \times 16 + 1 \times 10$	$\frac{130}{34,5 \cdot 16} = 0,236$	$\frac{130}{34,5 \cdot 10} = 0,377$	$0,236 + 0,377 \cdot 0,765^2$					
	135-	$\frac{205}{34,5 \cdot 0,238} = 24,967$	$3 \times 25 + 1 \times 16$	$\frac{205}{34,5 \cdot 25} = 0,238$	$\frac{205}{34,5 \cdot 16} = 0,371$	$0,238 + 0,371 \cdot 0,765^2$					
	210-	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,238} = 34,709$	$3 \times 35 + 1 \times 16$	$\frac{285}{34,5 \cdot 35} = 0,236$	$\frac{285}{34,5 \cdot 16} = 0,516$	$0,236 + 0,516 \cdot 0,765^2$					
	285										
	$\Sigma S_{\text{ч}} = 1408 \text{ А}, S_{\text{ч3М}} = 508 \text{ А}$										
$\Delta U = 1,5\%$	$\Sigma S_{\text{нагр}} = 2108 \text{ А}, \Gamma_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,238 \text{ Ом}$										
	130	$\frac{130}{34,5 \cdot 0,238} = 15,832$	$3 \times 16 + 1 \times 10$	$\frac{130}{34,5 \cdot 16} = 0,236$	$\frac{130}{34,5 \cdot 10} = 0,377$	$0,236 + 0,377 \cdot 0,765^2$					
	135-	$\frac{205}{34,5 \cdot 0,238} = 24,967$	$3 \times 25 + 1 \times 16$	$\frac{205}{34,5 \cdot 25} = 0,238$	$\frac{205}{34,5 \cdot 16} = 0,371$	$0,238 + 0,371 \cdot 0,765^2$					
	210-	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,238} = 34,709$	$3 \times 35 + 1 \times 16$	$\frac{285}{34,5 \cdot 35} = 0,236$	$\frac{285}{34,5 \cdot 16} = 0,516$	$0,236 + 0,516 \cdot 0,765^2$					
	285										
	$\Sigma S_{\text{ч}} = 1408 \text{ А}, S_{\text{ч3М}} = 508 \text{ А}$										
	3 140										
	100	$= 0,319$									
	45	$\frac{45}{57 \cdot 0,319} = 2,415$									
	$\Sigma S_{\text{ч}} = 1408 \text{ А}, S_{\text{ч3М}} = 508 \text{ А}$										
$\Delta U = 1,5\%$	$\Sigma S_{\text{нагр}} = 2108 \text{ А}, \Gamma_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,238 \text{ Ом}$										
	130	$\frac{130}{34,5 \cdot 0,238} = 15,832$	$3 \times 16 + 1 \times 10$	$\frac{130}{34,5 \cdot 16} = 0,236$	$\frac{130}{34,5 \cdot 10} = 0,377$	$0,236 + 0,377 \cdot 0,765^2$					
	135-	$\frac{205}{34,5 \cdot 0,238} = 24,967$	$3 \times 25 + 1 \times 16$	$\frac{205}{34,5 \cdot 25} = 0,238$	$\frac{205}{34,5 \cdot 16} = 0,371$	$0,238 + 0,371 \cdot 0,765^2$					
	210-	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,238} = 34,709$	$3 \times 35 + 1 \times 16$	$\frac{285}{34,5 \cdot 35} = 0,236$	$\frac{285}{34,5 \cdot 16} = 0,516$	$0,236 + 0,516 \cdot 0,765^2$					
	285										
	$\Sigma S_{\text{ч}} = 1408 \text{ А}, S_{\text{ч3М}} = 508 \text{ А}$										
	3 140										
	100	$= 0,319$									
	50	$\frac{50}{57 \cdot 0,319} = 2,457$									
	$\Sigma S_{\text{ч}} = 1408 \text{ А}, S_{\text{ч3М}} = 508 \text{ А}$										
$\Delta U = 2\%$	$\Sigma S_{\text{нагр}} = 2108 \text{ А}, \Gamma_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,238 \text{ Ом}$										
	130	$\frac{130}{34,5 \cdot 0,238} = 15,832$	$3 \times 16 + 1 \times 10$	$\frac{130}{34,5 \cdot 16} = 0,236$	$\frac{130}{34,5 \cdot 10} = 0,377$	$0,236 + 0,377 \cdot 0,765^2$					
	135-	$\frac{205}{34,5 \cdot 0,238} = 24,967$	$3 \times 25 + 1 \times 16$	$\frac{205}{34,5 \cdot 25} = 0,238$	$\frac{205}{34,5 \cdot 16} = 0,371$	$0,238 + 0,371 \cdot 0,765^2$					
	210-	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,238} = 34,709$	$3 \times 35 + 1 \times 16$	$\frac{285}{34,5 \cdot 35} = 0,236$	$\frac{285}{34,5 \cdot 16} = 0,516$	$0,236 + 0,516 \cdot 0,765^2$					
	285										
	$\Sigma S_{\text{ч}} = 1408 \text{ А}, S_{\text{ч3М}} = 508 \text{ А}$										
	3 140										
	100	$= 0,319$									
	50	$\frac{50}{57 \cdot 0,319} = 2,457$									
	$\Sigma S_{\text{ч}} = 1408 \text{ А}, S_{\text{ч3М}} = 508 \text{ А}$										
$\Delta U = 2\%$	$\Sigma S_{\text{нагр}} = 2108 \text{ А}, \Gamma_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,238 \text{ Ом}$										
	130	$\frac{130}{34,5 \cdot 0,238} = 15,832$	$3 \times 16 + 1 \times 10$	$\frac{130}{34,5 \cdot 16} = 0,236$	$\frac{130}{34,5 \cdot 10} = 0,377$	$0,236 + 0,377 \cdot 0,765^2$					
	135-	$\frac{205}{34,5 \cdot 0,238} = 24,967$	$3 \times 25 + 1 \times 16$	$\frac{205}{34,5 \cdot 25} = 0,238$	$\frac{205}{34,5 \cdot 16} = 0,371$	$0,238 + 0,371 \cdot 0,765^2$					
	210-	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,238} = 34,709$	$3 \times 35 + 1 \times 16$	$\frac{285}{34,5 \cdot 35} = 0,236$	$\frac{285}{34,5 \cdot 16} = 0,516$	$0,236 + 0,516 \cdot 0,765^2$					
	285										
	$\Sigma S_{\text{ч}} = 1408 \text{ А}, S_{\text{ч3М}} = 508 \text{ А}$										
	3 140										
	100	$= 0,319$									
	50	$\frac{50}{57 \cdot 0,319} = 2,457$									
	$\Sigma S_{\text{ч}} = 1408 \text{ А}, S_{\text{ч3М}} = 508 \text{ А}$										
$\Delta U = 2\%$	$\Sigma S_{\text{нагр}} = 2108 \text{ А}, \Gamma_{\text{пр доп}} \Delta U = 0,238 \text{ Ом}$										
	130	$\frac{130}{34,5 \cdot 0,238} = 15,832$	$3 \times 16 + 1 \times 10$	$\frac{130}{34,5 \cdot 16} = 0,236$	$\frac{130}{34,5$						

Определение сечений проводов кабелей ТН 3xНКФ-330, 3xНДЕ-100-750 на шинах 330-750кв

Приложение 5

Таблица СМ5-1-5

Основная обмотка									
Кабели от ТН		до щита		Кабели по щиту					
Виды учета на линиях	Номинальное напряжение кабеля	Расчетное сечение (алюминий)	Принятое сечение	Сопротивление провода по принятому сечению	Сопротивление провода по расчетному сечению	Ч пр 1 + Ч пр 2	Ч пр	Расчетное сопротивление провода	Сечение провода (меди)
		$q_1 = \frac{E_1}{I_N} \cdot 10^3$, м ²	$q_1 = \frac{E_1}{I_N} \cdot 10^3$, м ²	$I_N = \frac{E_1}{q_1}$	$I_N = \frac{E_1}{q_1}$	$\sum_{\text{пакет}} \frac{S_{\text{пакет}}}{q_1}$	$\sum_{\text{пакет}} \frac{S_{\text{пакет}}}{q_1}$	$I_{\text{пр}} = \frac{\Delta U - U_{\text{затрат}}}{3 S_{\text{нагр}}} \cdot 10^3$	$I_{\text{пр}} = \frac{\Delta U - U_{\text{затрат}}}{3 S_{\text{нагр}}} \cdot 10^3$
Расчетный	$\Delta U = 0,25\%$	пакеты с учетом изоляции		$S_{\text{пакет}} = 408A$; $I_{\text{пр доп}} = 0,208 \Omega$; отдельный кабель для расчетного учета					
		110	$\frac{110}{34,5 \cdot 0,208} = 15,329$	$3 \times 16 + 1 \times 10$					
		115	$\frac{115}{34,5 \cdot 0,208} = 24,386$	$3 \times 25 + 1 \times 16$					
		175	$\frac{175}{34,5 \cdot 0,208} = 34,14$	$3 \times 35 + 1 \times 16$					
		245	$\frac{245}{34,5 \cdot 0,208} = 34,14$	$3 \times 35 + 1 \times 16$					
		250	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,208} = 48,774$	$3 \times 50 + 1 \times 25$					
		350	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,208} = 48,774$	$3 \times 50 + 1 \times 25$					
		$S_{\text{пакет}} = 408A$; $I_{\text{пр доп}} = 0,416 \Omega$; отдельный кабель для расчетного учета							
		140	$\frac{140}{34,5 \cdot 0,416} = 9,754$	$3 \times 10 + 1 \times 6$					
		145	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,416} = 5,677$	$3 \times 16 + 1 \times 10$					
Технический	$\Delta U = 1,5\%$	пакеты		$\sum S_{\text{нагр}} = 2608A$, $I_{\text{пр доп}} = 0,192 \Omega$					
		105	$\frac{105}{34,5 \cdot 0,192} = 15815$	$3 \times 16 + 1 \times 10$	$\frac{105}{34,5 \cdot 16} = 0,190$	$\frac{105}{34,5 \cdot 10} = 0,304$	$0,19 + 0,304$	$S_{\text{пакет}} = 508A$, $S_{\text{изм}} = 2008A$	
		110	$\frac{165}{34,5 \cdot 0,192} = 24911$	$3 \times 25 + 1 \times 16$	$\frac{165}{34,5 \cdot 25} = 0,191$	$\frac{165}{34,5 \cdot 16} = 0,299$	$0,19 + 0,299$	$\sum S_{\text{нагр}} = 508A$, $S_{\text{изм}} = 2008A$	
		170	$\frac{230}{34,5 \cdot 0,192} = 34,722$	$3 \times 35 + 1 \times 16$	$\frac{230}{34,5 \cdot 35} = 0,19$	$\frac{230}{34,5 \cdot 16} = 0,417$	$0,19 + 0,417$	$\sum S_{\text{нагр}} = 508A$, $S_{\text{изм}} = 2008A$	
		235	$\frac{330}{34,5 \cdot 0,192} = 49,819$	$3 \times 50 + 1 \times 25$	$\frac{330}{34,5 \cdot 50} = 0,191$	$\frac{330}{34,5 \cdot 25} = 0,383$	$0,19 + 0,383$	$\sum S_{\text{нагр}} = 508A$, $S_{\text{изм}} = 2008A$	
		$\sum S_{\text{нагр}} = 3008A$; $I_{\text{пр доп}} = 0,167 \Omega$							
		95-	$\frac{140}{34,5 \cdot 0,167} = 24,299$	$3 \times 25 + 1 \times 16$	$\frac{140}{34,5 \cdot 25} = 0,162$	$\frac{140}{34,5 \cdot 16} = 0,254$	$0,162 + 0,254$	$\sum S_{\text{нагр}} = 508A$, $S_{\text{изм}} = 2008A$	
		140						$\sum S_{\text{нагр}} = 508A$, $S_{\text{изм}} = 2008A$	
		145-	$\frac{200}{34,5 \cdot 0,167} = 34,713$	$3 \times 35 + 1 \times 16$	$\frac{200}{34,5 \cdot 35} = 0,165$	$\frac{200}{34,5 \cdot 16} = 0,362$	$0,165 + 0,362$	$\sum S_{\text{нагр}} = 508A$, $S_{\text{изм}} = 2008A$	
		200						$\sum S_{\text{нагр}} = 508A$, $S_{\text{изм}} = 2008A$	
от ТН до пакета	$\Delta U = 1,5\%$	205	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,167} = 49,456$	$3 \times 50 + 1 \times 25$	$\frac{285}{34,5 \cdot 50} = 0,165$	$\frac{285}{34,5 \cdot 25} = 0,330$	$0,165 + 0,330$	$\sum S_{\text{нагр}} = 508A$, $S_{\text{изм}} = 2008A$	
		290	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,167} = 60,748$	$3 \times 70 + 1 \times 35$	$\frac{350}{34,5 \cdot 70} = 0,145$	$\frac{350}{34,5 \cdot 35} = 0,289$	$0,145 + 0,289$	$\sum S_{\text{нагр}} = 508A$, $S_{\text{изм}} = 2008A$	

Таблица СМ5-1-6

Место установки ТН	Дополнительная обмотка		
	Типы ТН	Напряжение кабеля	Длина кабеля
На шинах и линиях	НКФ-330	300	$\frac{300}{57 \cdot 0,81} = 5,498$
На линиях	НКФ-500	300	$\frac{300}{57 \cdot 1,25} = 4,177$
На шинах и линиях	НДЕ-1500-750	300	$\frac{300}{57 \cdot 0,61} = 8,628$

- Определение нагрузки см. приложение 2 (сп2-5)
- Значения допустимых сопротивлений см. приложение 4 (сп4-4)
- Графики $q_1 = f(E_1)$ и $q_2 = f(E_2)$ см. приложение 5 (сп5-2-22-26)

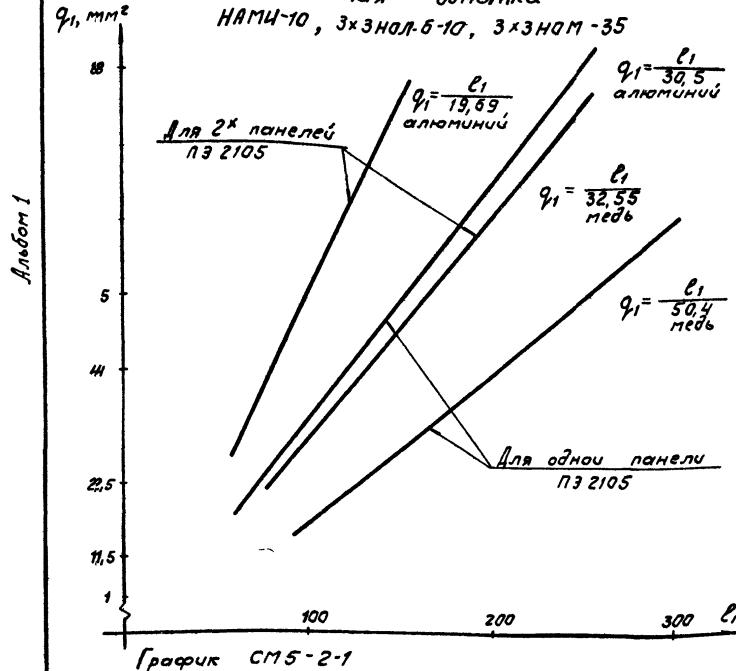
Условные обозначения.

- ΔU - падение напряжения в кабеле;
 $I_{\text{пр. доп.}} \Delta U$ - допустимое сопротивление провода по заданному напряжению;
 $I_{\text{пр. доп.}} AB$ - допустимое сопротивление провода по надежности действия автомата;
 $\sum S_{\text{нагр}}$ - суммарная нагрузка;
 $S_{\text{рз}}$ - потребление устройств защиты автоматики;
 $S_{\text{изм}}$ - потребление устройств измерения;
 $S_{\text{учт}}$ - потребление устройств учета.

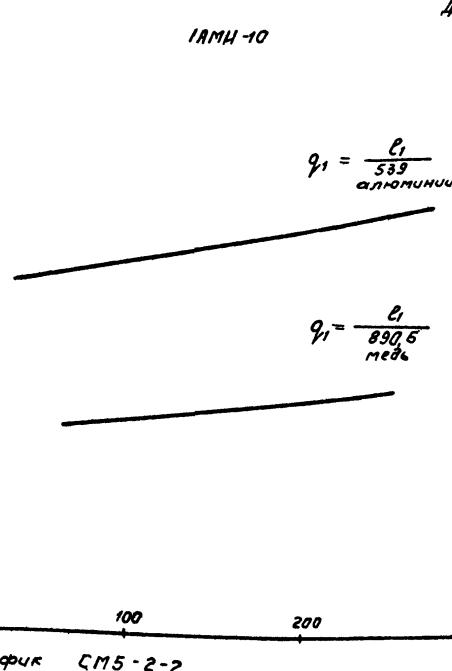
Приложение 5

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

Основная обмотка
НАМИ-10, 3×3НОЛ-6-10, 3×3НОМ-35



ТАМИ-10



Дополнительная обмотка
(см примечание)

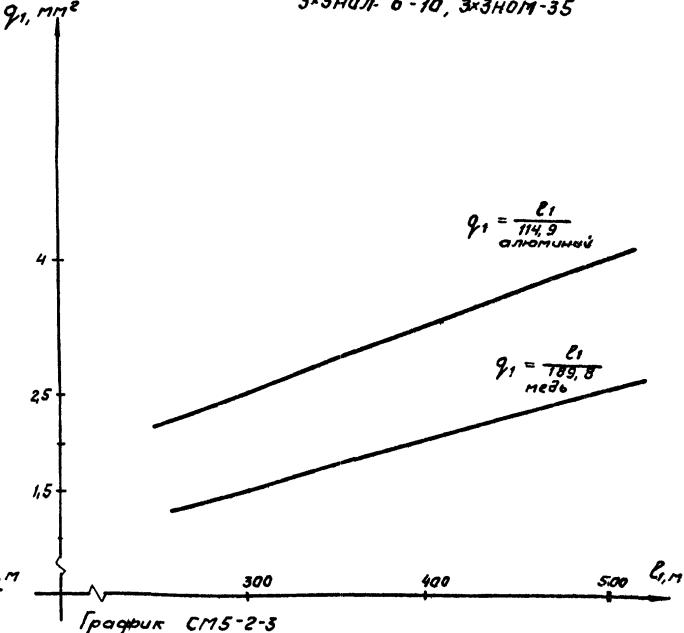


График $q_1 = f(l_1)$ для ТН2xНОЛ (НОМ)-6-10 на вводе 6-10 кВ трансформатора

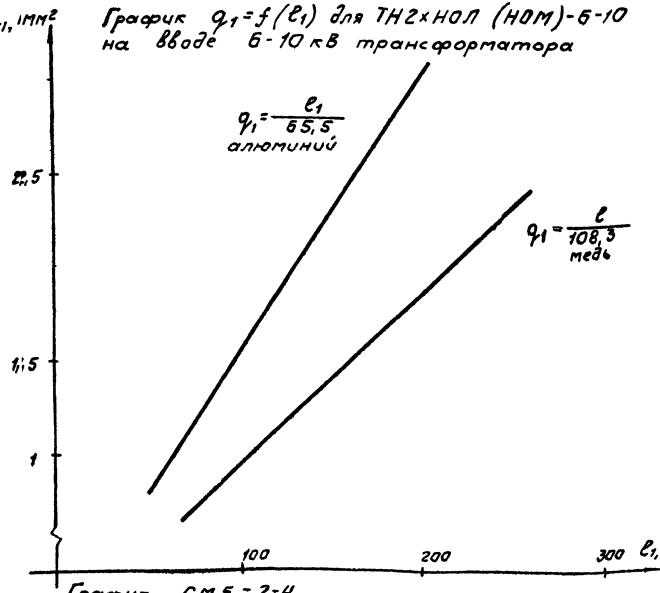
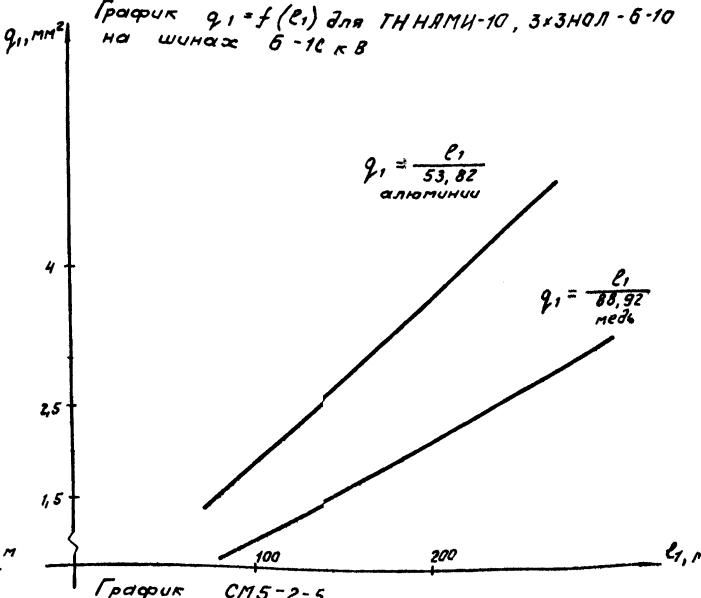


График $q_1 = f(l_1)$ для ТН НАМИ-10, 3×3НОЛ-6-10 на шинах 6-10 кВ



Условные обозначения

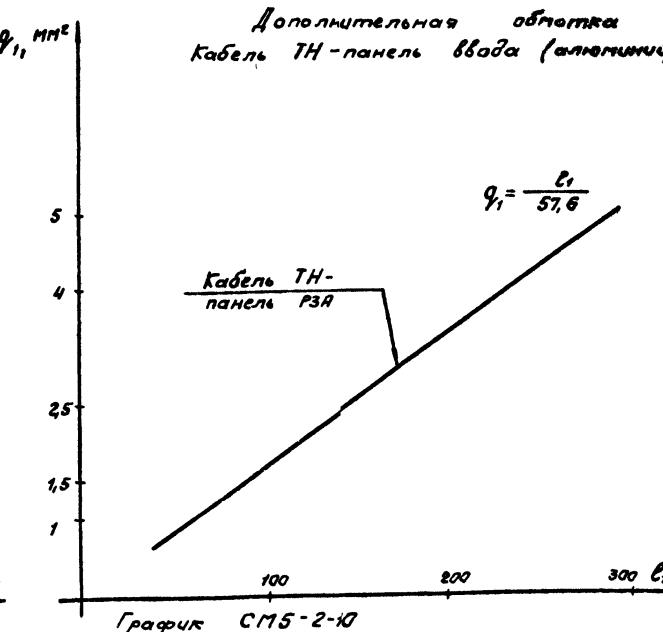
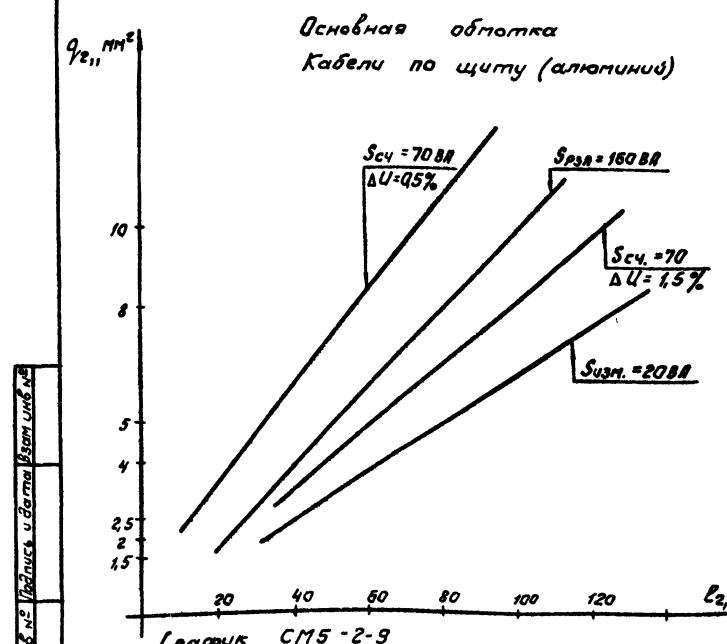
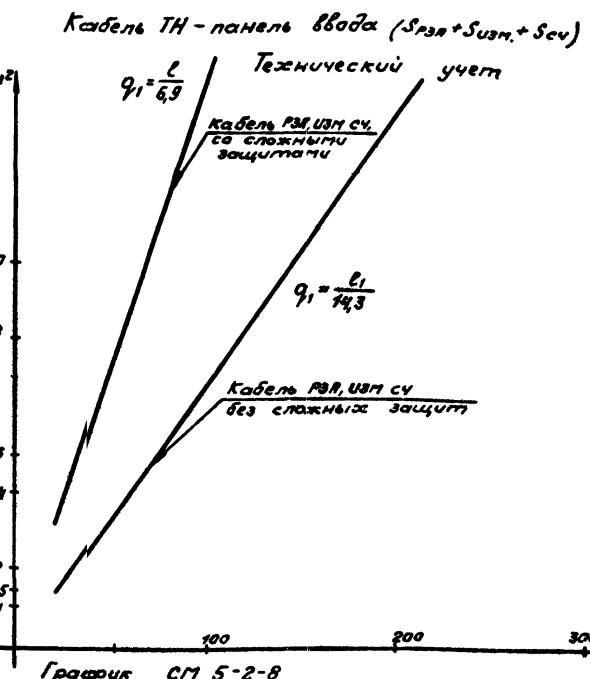
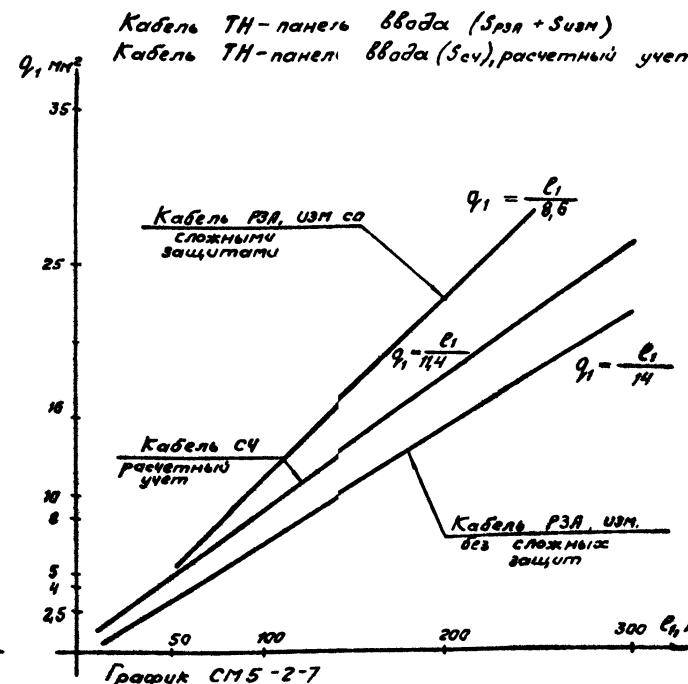
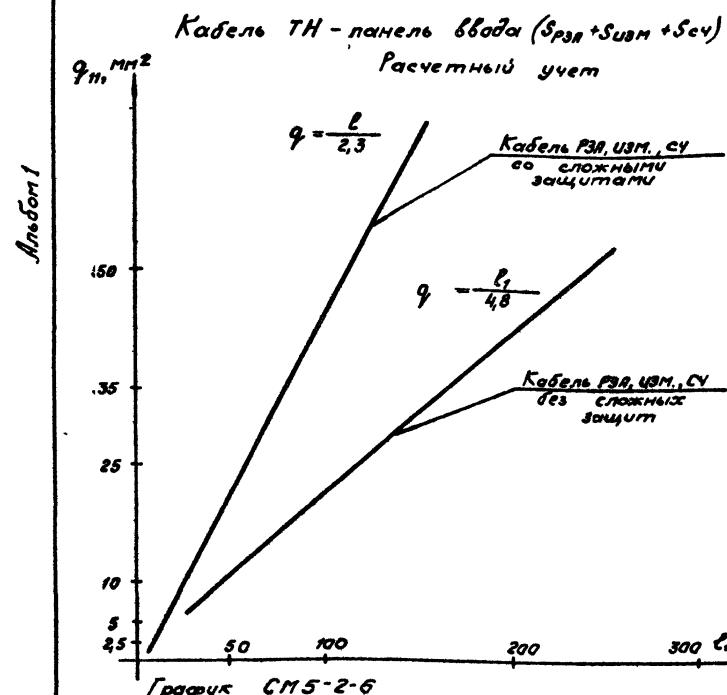
q_1 - сечение кабеля ТН-щит;
 l_1 - длина кабеля ТН-щит

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

Приложение 5

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

Кабели ТН - панель ввода (алюминий)



Словарные обозначения

- $S_{РЗА}$ - потребление устройствами РЗА;
- $S_{ИЗМ}$ - потребление устройствами ИЗМ;
- $S_{СУ}$ - потребление устройствами СУ;
- l_1 - длина кабеля ТН - щит;
- q_1 - сечение кабеля ТН - щит;
- l_2 - длина кабельных перемычек по щиту;
- q_2 - сечение кабельных перемычек по щиту

Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТНЗХНКФ - 110-220 на линиях 110 - 220 кВ
по на постоянном оперативном токе

Основная обмотка

Глобот 1

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

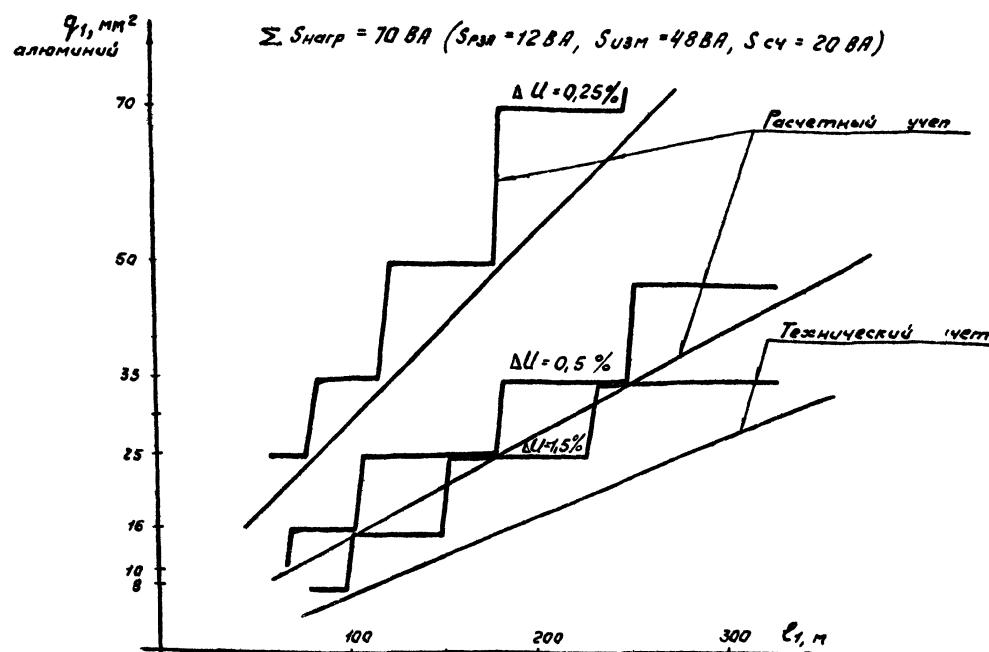


График CM5-2-11

Условные обозначения

- $S_{РЗН}$ — потребление устройствами РЗН;
- $S_{изм}$ — 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,
- принятное сечение кабеля
- расчетное сечение кабеля

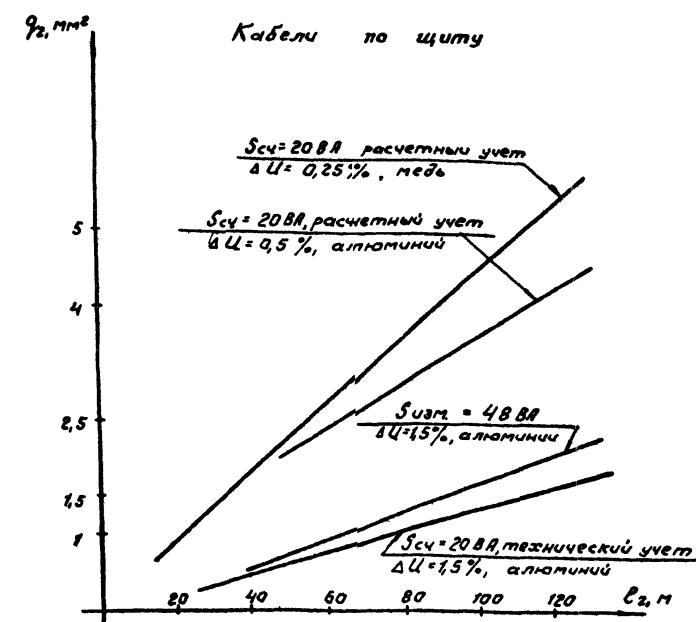
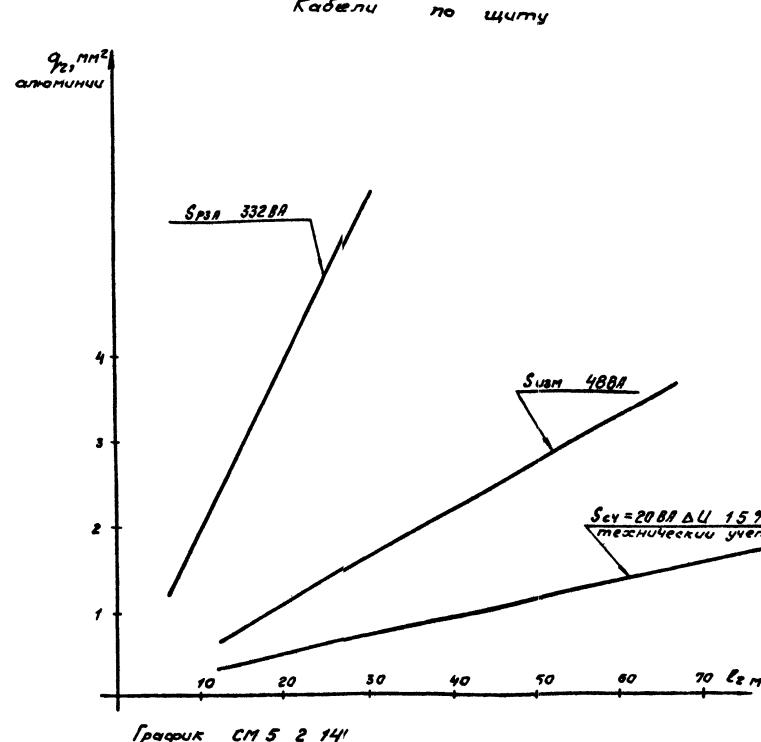
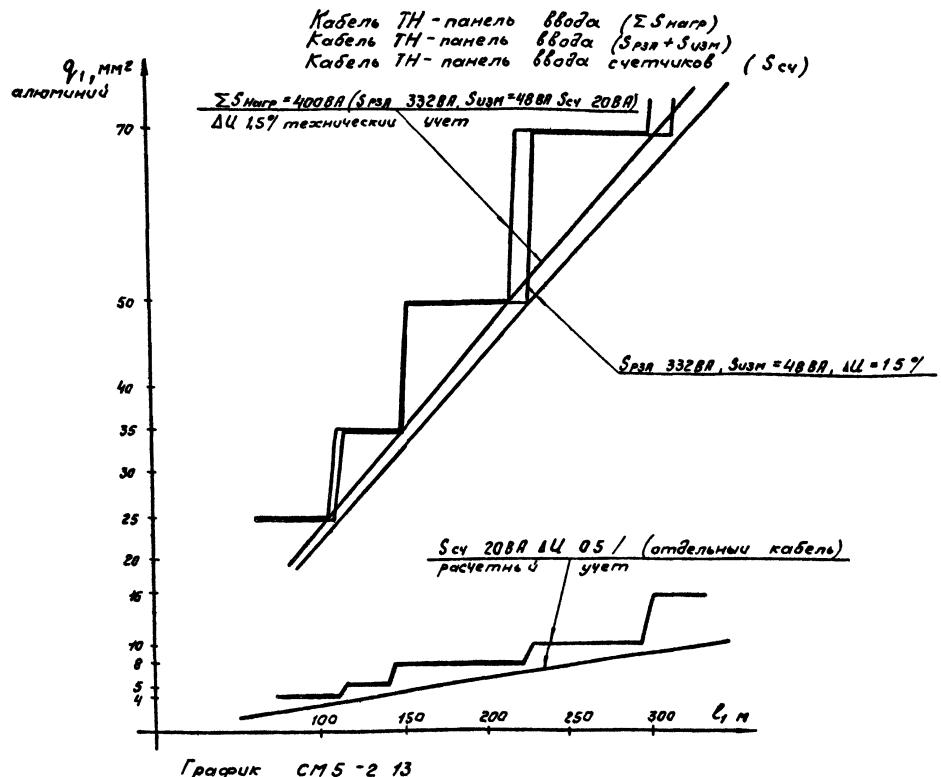


График CM5-2-12

- Примечания
- 1 Кабельные перемычки по щиту устройств РЗН принимаются 15мм^2 по меди и $2,5 \text{мм}^2$ по алюминию
 - 2 График для дополнительной обмотки ТН см CM5-2-17 (лист 9)

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

Основная обмотка



Условные

обозначения

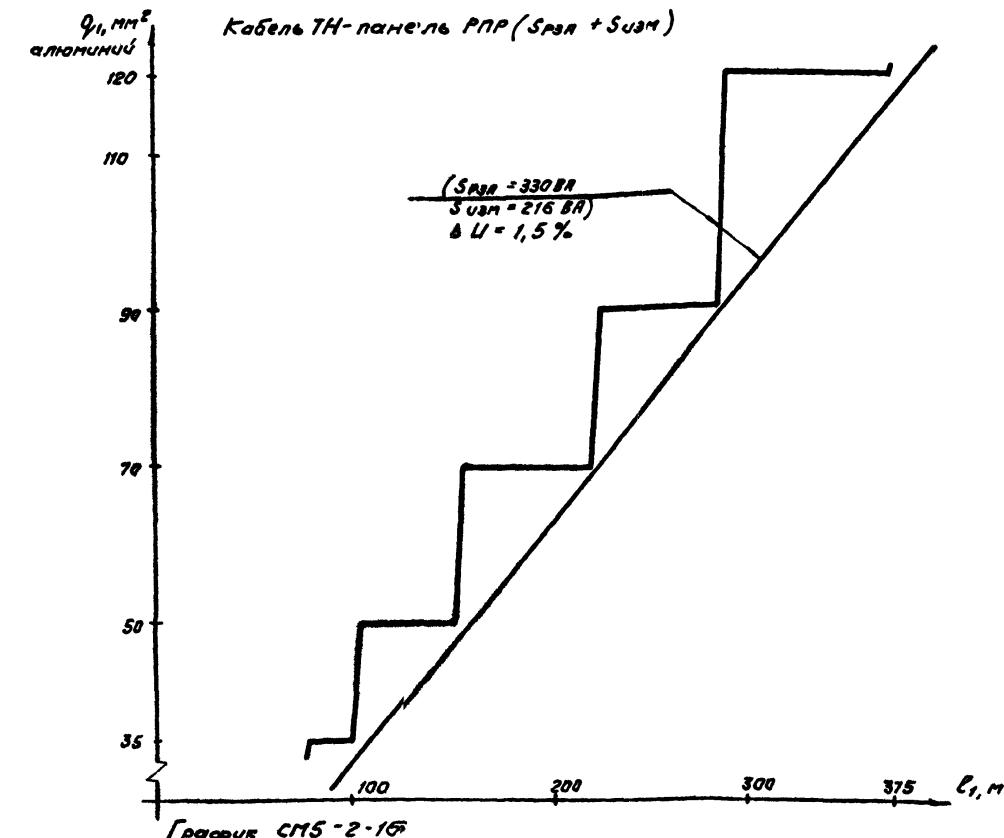
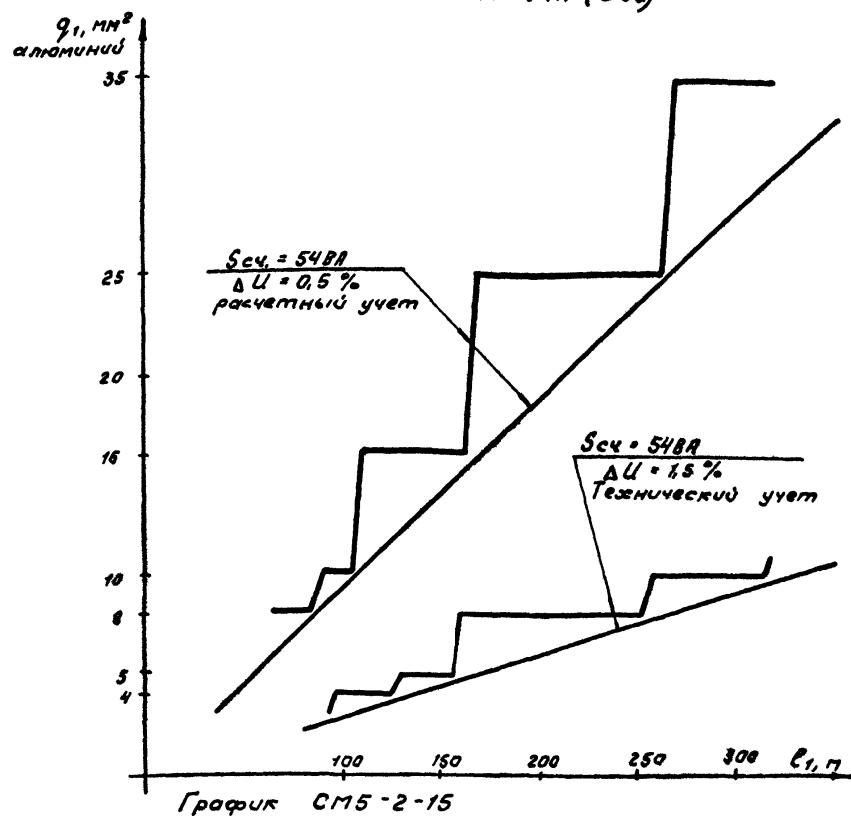
- $S_{\text{РЗА}}$ - потребление устройствами РЗА,
 $S_{\text{ИЗМ}}$ - потребление устройствами ИЗМ,
 $S_{\text{сч}}$ - потребление устройствами сч,
— — принятое сечение кабеля,
— — расчетное сечение кабеля

- 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

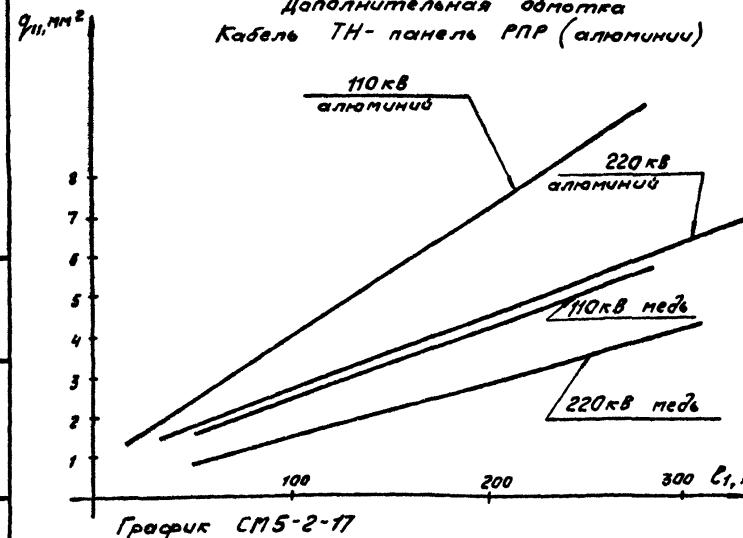
Приложение 5

Графики $\varphi_1 = f(l_1)$ и $\varphi_2 = f(l_2)$ для ТН 3xНКФР - 110-220 на шинах основной обмотки

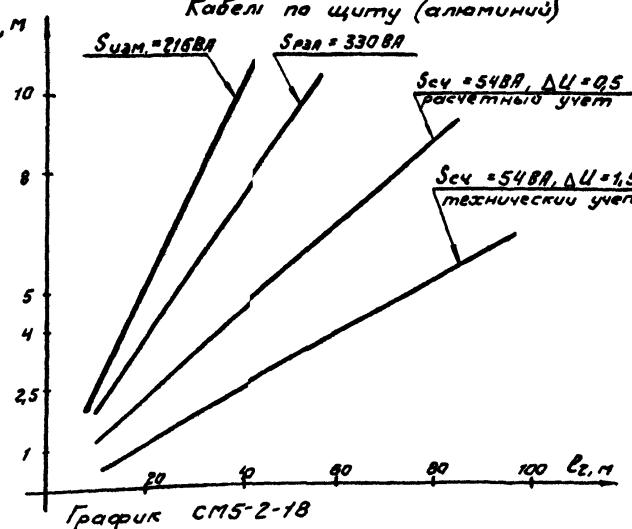
Кабель ТН - панель РПР ($S_{\text{сч}}$)



Дополнительная обмотка
Кабель ТН - панель РПР (алюминий)



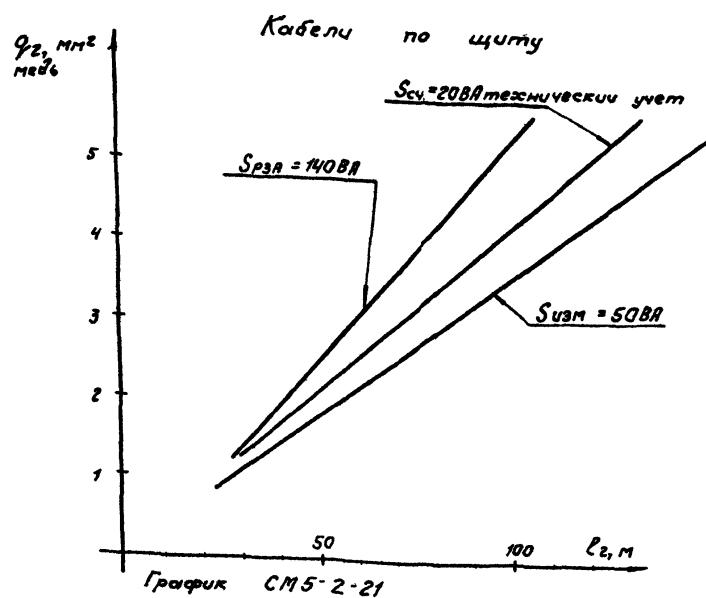
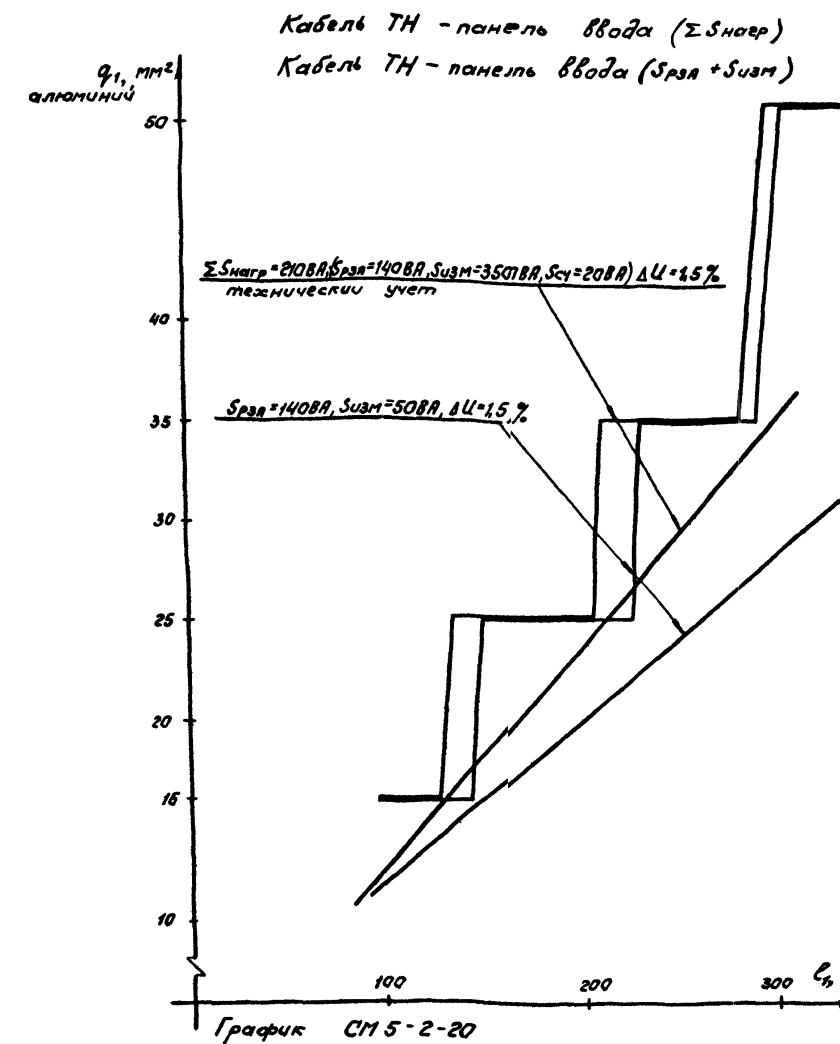
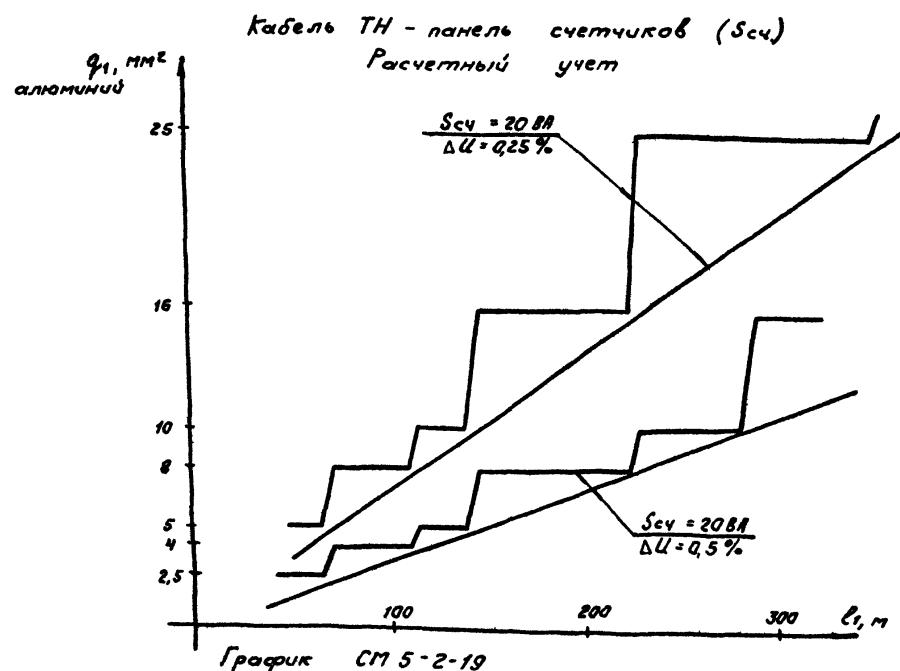
Кабели по щиту (алюминий)



Условные обозначения

- РПР - реле-повторители разединителей шин;
- $S_{\text{раз}}$ - потребление устройствами РЗА;
- $S_{\text{изм}}$ - потребление устройствами изм.;
- $S_{\text{сч}}$ - потребление устройствами СЧ;
- l_1 - длина кабеля ТН - щит,
- φ_1 - сечение кабеля ТН- щит,
- l_2 - длина кабельных перемычек по щиту,
- φ_2 - сечение кабельных перемычек по щиту;
- — принятное сечение,
- — расчетное сечение

Графики $q_1 = f(l_1)$ и $q_2 = f(l_2)$ для ТН 3xНКФ-330-750, 3xНДЕ-500-750 на линиях 3307-750 кВ
Основная обмотка



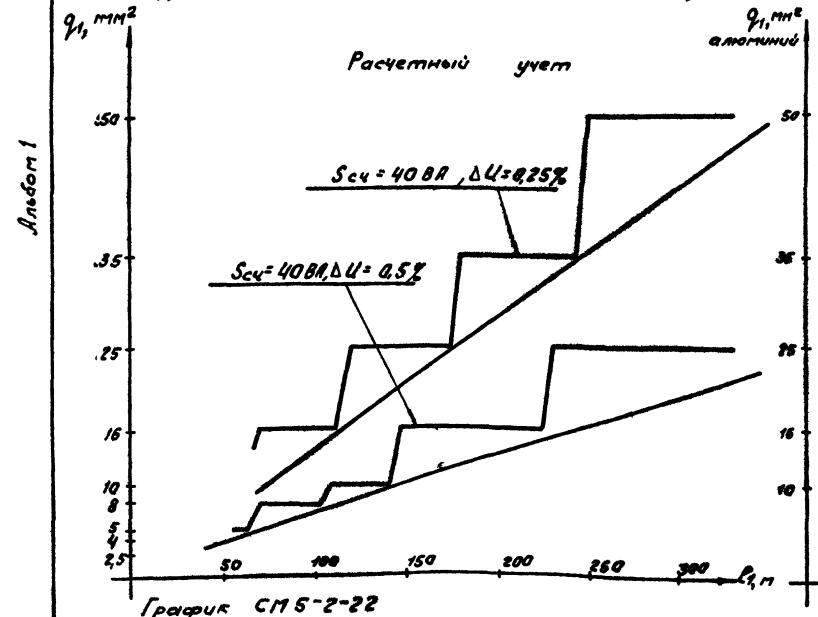
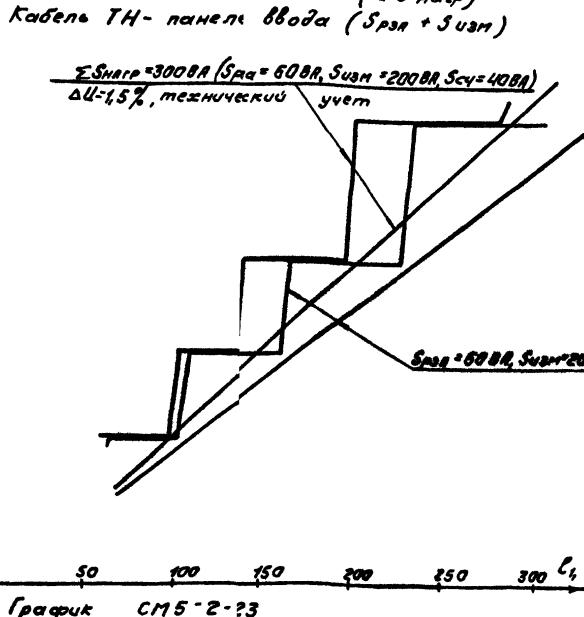
$S_{РЗА}$ - потребление устройствами РЗА,
 $S_{ИЗМ}$ - потребление устройствами ИЗМ,
 $S_{СЧ}$ - потребление устройствами СЧ,
— — — — — принятное сечение;
— — — — — расчетное сечение,

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

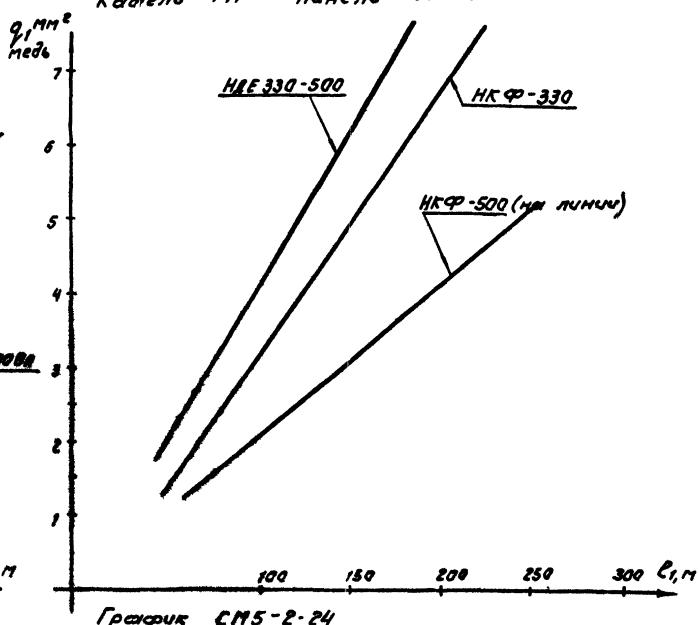
Графики $q_1=f(l_1)$ и $q_2=f(l_2)$ для ТН 3xНКФ-330, 3xНДЕ-500-750 на шинах 330-750 кВ
Основная обмотка

Дополнительная обмотка

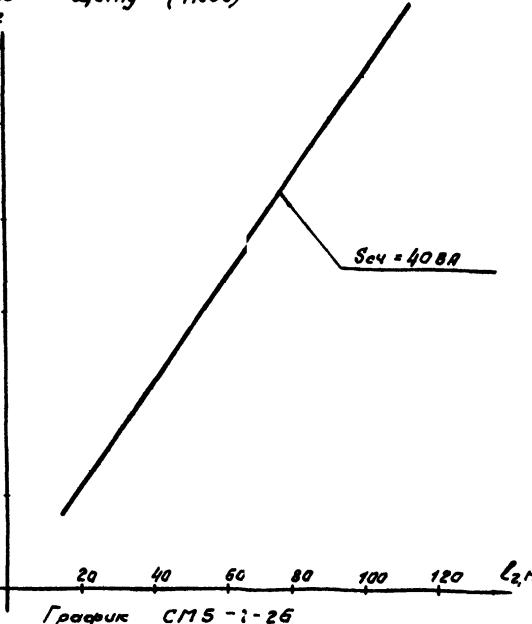
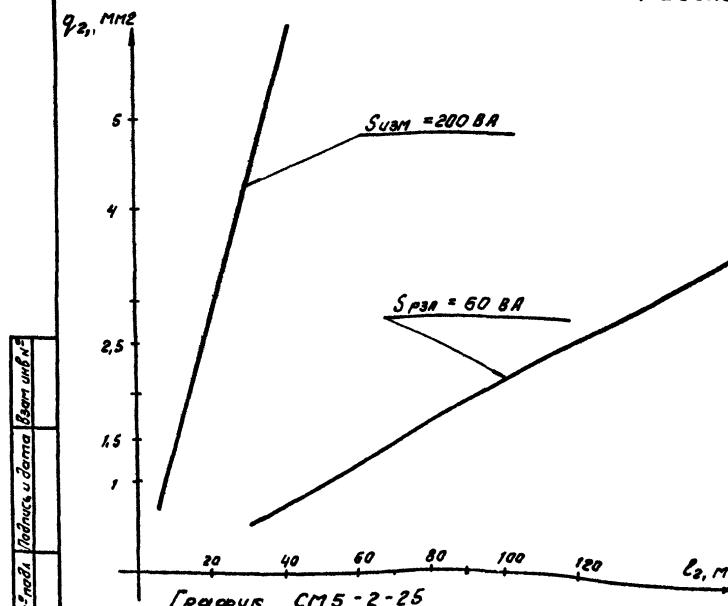
Кабель ТН - панель счетчиков (алюминий)

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

Кабель ТН - панель ввода



Кабели по щиту (меди)



Условные обозначения

- РЗА — потребление устройствами РЗА;
- ИЗМ — потребление устройствами ИЗМ;
- Ч4 — потребление устройствами Ч4;
- 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