

ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

407-03-484 87

СХЕМЫ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ  
НАПРЯЖЕНИЯ 6-10кВ И ВЫШЕ

## Альбом I

ПЗ Пояснительная записка стр 5-26

ЭВ Схемы электрические принципиальные стр 27-50

СМ Справочные материалы стр 51-71

УИВ № 23388-01

СЭ ЦИП. 620062, г.Свердловск, ул.Челюшова,4  
Зак. № 23388-01 тираж 650  
Сдано в печать 9.06.1989 Цена 10-84

ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

407 - 03 - 484.87

СХЕМЫ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ  
НАПРЯЖЕНИЯ 6-10кВ И ВЫШЕ

## Альбом I

ПЗ Пояснительная записка стр 5-26

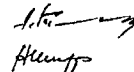
ЭВ Схемы электрические принципиальные стр 27-50

СМ Справочные материалы стр 51-71

РАЗРАБОТАНЫ ГОРЬКОВСКИМ ОТДЕЛЕНИЕМ  
ИНСТИТУТА „ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ“  
МИНЭНЕРГО СССР

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

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ОТДЕЛЕНИЯ  
ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА



А А ГАЛИЦЫН  
Н.Н ШИФРИНА

## С о д е р ж а н и е

## а л ь б о м а № 1

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

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



№ 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 3х НКФ - 110 - 220 на линиях 110 - 220 кВ Таблица СМ5-1-1	61
2	Определение сечений проводов кабелей ТН 3х НКФ - 110 - 220 на шинах 110 - 220 кВ Основная обмотка Таблица СМ5-1-2 Дополнительная обмотка Таблица СМ5-1-3	62
3	Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН 3х НКФ - 330 - 500, 3х НФЕ - 500 - 750 на линиях 330 - 750 кВ Таблица СМ5-1-4	63
4	Определение сечений проводов кабелей ТН 3х НКФ - 330, 3х НФЕ - 500 - 750 на шинах 330 - 750 кВ Основная обмотка Таблица СМ5-1-5 Дополнительная обмотка Таблица СМ5-1-6  Графики $q_1 = f(l_1)$ для ТН НАМУ-10, 3х ЗНОЛ-6-10, 3х ЗНОМ-35 на вводах 6-10-35 кВ автотрансформатора СМ5-2-1-3	64
5	График $q_1 = f(l_1)$ для ТН 2х НОЛ (НОМ) - 6-10 на вводе 6-10 кВ трансформатора СМ5-2-4	65

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

1 Введение

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

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

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

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

1 3. С выпуском настоящей работы аннулируются типовые решения института "Энергосетьпроект" 107844, г Москва, ГСПб, 2<sup>ад</sup> Бауманская, 7 "Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения для различных схем электрических соединений подстанций 40-500 кВ № 5554 тм - I, II (II редакция, 1973 г)

2 Основные технические решения

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

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

- "звезды" — нулевую группу,
- "разомкнутого треугольника" — одиннадцатую группу

Для трехфазных ТН 6-10 кВ сохраняется заводское соединение обмоток

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

2 2 2 От дополнительных вторичных обмоток, соединяемых в разомкнутый треугольник, максимально выводятся четыре провода, обозначенные условно "Н", "К", "У(И)", "F". Провода "Н" и "К" предназначаются для выведения напряжения нулевой последовательности (3U<sub>0</sub>).

Провод У(И) используется для снятия векторных диаграмм при проверках рабочим током защит от замыканий на землю, получающих питание от цепи 3U<sub>0</sub>.

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

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

Альбом 1

Шаб. № 10/11 Ляди и Якова 4/80т. № 1/1

407-03-484 87-ПЗ			
ГРУП	Шифр	Инициалы	
Нач. отд.	Мерзлякова	М.И.	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6 кВ и выше
Н. контр.	Хителев	В.В.	
Нач. сект.	Томашов	А.В.	
Рис. техн.	Михайлова	В.В.	
			Страниц 1
			Листов 22
			ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ
			Государственный отдел электротехники
			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, устанавливаемых на линиях, должны быть отстранены от срабатываний при бросках тока во вторичных обмотках ТН во время разряда емкости ненагруженной линии при ее отключении.

2. 4. 1. Для защиты основных вторичных обмоток ТН (соединенных в звезду) предусматривается один трехполюсный автомат.

При больших расстояниях между щитом управления подстанции и релейными щитами, на которые выводятся цепи ТН из соответствующих распределительных устройств, автоматы в шкафу ТН могут оказаться нечувствительными к КЗ в цепях нагрузок, удаленных от релейного щита (цепи измерительных приборов и др.). Для защиты этих цепей могут предусматриваться дополнительные автоматы, с установкой последних в помещении релейного щита. При выборе уставок автоматов допускается нечувствительное 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 ЗУо (от обмоток, соединенных в разомкнутый треугольник), где в нормальных режимах работы сети напряжение отсутствует, предусмотрена установка защитного автомата.

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

2. 4. 3. В сетях с большими токами замыкания на землю длительное протекание токов в цепи обмоток, соединяемых в открытый треугольник, не может иметь места, т. к. такие повреждения отключаются соответствующими защитами. В связи с указанным, автомат в цепи ЗУо для ТН 110 кВ и выше не устанавливается.

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

2. 4. 4. Для защиты цепей выводов от разомкнутых вершин треугольника („Ш“, „F“) предусматривается отдельный автомат.

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

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

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

- при нарушении работы реле-повторителей шинных разъединителей, контактами которых производится переключение цепей напряжения присоединения;
- при перегорании предохранителей для ТН, в цепях первичных обмоток которых установлены предохранители. Цели 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 ЗШ.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В качестве мероприятий, обеспечивающих выполнение этой задачи, предусматривается:

- 2.12.1. Разделение цепей нагрузки, питаемой от обмоток трансформатора напряжения, соединенных в „звезду“ и в разомкнутый треугольник.
- 2.12.2. Прокладка в одном кабеле трех фазных и нулевого проводов от основных обмоток ТН на щит.
- 2.12.3. Прокладка в одном кабеле проводов от дополнительных обмоток на щит.
- 2.12.4. Использование разных кабелей для прокладки цепей по п. 2.12.2 и 2.12.3 обусловлено необходимостью применения кабелей со значительным сечением жил.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3 4. Подключение ТН 6-750 кВ предусматривается в соответствии с типовыми материалами для проектирования № 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 ЛС 110-220 кВ с трехобмоточными трансформаторами установка ТН типа НОМ-35 производится при соответствующем обосновании (возможности питания со стороны линии). Цепи напряжения ТН 35 кВ используются для контроля АПВ по синхронизму и наличию (отсутствию) напряжения.

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

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

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

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

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

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

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

3. 6. 3 На шинах 500 кВ могут устанавливаться ТН типа НКФ либо НФЕ (3хНКФ-500 или 3хНФЕ-500) в зависимости от применяющихся в схеме РУ 500 кВ выключателей.

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

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

3 6. 4. На шинах 750 кВ устанавливаются ТН типа НФЕ-750 (3хНФЕ-750).

4. Резервирование питания нагрузок вторичных цепей трансформаторов напряжения.

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

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

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

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

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

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

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

4. 5. Для линий 330, 500 кВ со схемами РУ „Полупотр-ная“ и „Трансформаторы - шины с полупотр-ным подключением линий“ питание нагрузки ТН линии резервируется от ТН той системы шин, с которой линия связана посредством одного выключателя.

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

4. 6. 1 При одном комплекте конденсаторов связи на каждой фазе выполняется два тракта с соответствующими электромагнитными устройствами трансформаторов типа НФЕ, шкафа с автоматическими выключателями и кабелями, прокладываемыми к панелям защиты

Электромагнитные устройства присоединяются к конденсаторам связи через разъемники.

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

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

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

4 6 2 При двух комплектах конденсаторов связи на каждой фазе, устанавливаемых в соответствии с техническими требованиями к устройствам связи, выполняется подключение через разъемники электромагнитных устройств ТН к каждому из комплектов конденсаторов, то-есть производится полное дублирование цепей напряжения по двум трактам от конденсаторов связи до панелей защиты.

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

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

Альбом 1

Лист 1 из 1



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

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

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

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.

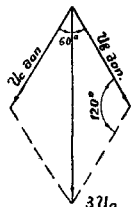
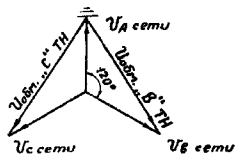
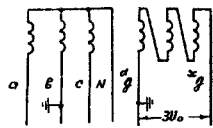
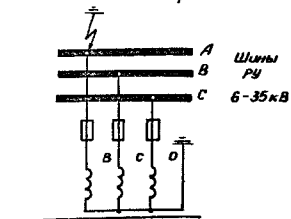


Рис 1

Векторные диаграммы напряжений при замыкании на землю фазы А	Схема ТН с замыканием на землю фазы А в сети 6-35кВ
	На первичных обмотках ТН
Векторные диаграммы напряжений при замыкании на землю фазы А	На вторичных дополнительных обмотках

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

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

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

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

### 7. Определение нагрузок вторичных обмоток трансформаторов напряжения.

#### 7.1. Характер нагрузки ТН.

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

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

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

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

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

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

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

7 2. Порядок определения нагрузок вторичных цепей ТН.

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

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

Пересчет с другого напряжения на расчетное производится по выражению

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

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

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

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

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

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

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

7 2 3. Ниже приводятся расчетные выражения для определения нагрузок на фазы основной вторичной обмотки ТН (соединенной в звезду) согласно данным типового расчета 52770 - Э (см п 4.2 настоящей ПЗ).

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

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

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

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

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

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

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

Наибольшее значение  $S_{нф}$  будет для той фазы, к которой присоединены две междуфазные нагрузки, каждая из которых больше третьей

При неравенстве нагрузок, принятом выше ( $S_{набс} > S_{наб} > S_{нас}$ )

максимальная нагрузка будет у фазы В, то-есть  $S_{нфВ}$

При наличии нагрузок, включенных на фазные напряжения (в четырехпроводных вторичных цепях), потребляемая или

мощность  $S_{нф}$ , приведенная к фазному напряжению должна суммироваться с мощностью междуфазной нагрузки соответствующих фаз

При этом полная мощность нагрузки любой из фаз ТН

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

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

При соединении вторичных обмоток однофазных ТН в звезду нагрузка, подчитанная 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 упрощенная мощность нагрузки наиболее загруженной фазы, подчитанная по выражению ((7-3).

Альбом 1

ШЕЛ, ПИИ, ПИДП, и ДИИИ, ШИИИ, ШИИИ, ШИИИ

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

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

7 2 5 Нагрузка  $S_{нн}$  цепи ЗЦв 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

$$\sum S_{нТН} = S_{нн} + \frac{S_{нмф} + S_{нлмф}}{3} \quad (7-5)$$

где  $S_{нн}$  — нагрузка в цепи ЗЦв,

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

$S_{нлмф}$ ,  $S_{нмф}$  — максимальные значения линейных нагрузок.

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

## 8. Выбор автоматических выключателей

### 8 1 Общие положения

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

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

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

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

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

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

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

8 2 Анализ ситуаций, возникающих при неисправностях в цепях ТН с разработкой и определением расчетных выражений для вычисления уставок автоматов, с рекомендациями по их выбору приведен в типовом материале N 527703 (см п 12 настоящей ПЗ)

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

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

#### 9 1 Основные условия расчета.

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

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

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

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

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

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

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

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

9.2. Порядок выполнения расчета

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

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

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

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

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

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

$$g_1 = \frac{L_1}{\gamma Z_{пр доп}} (g - 1), \text{ где}$$

$L_1$  — длина, в которую входит удвоенная длина кабеля от шкафа ТН до наиболее удаленной фазы + длина кабеля от шкафа ТН до панели ввода цепей напряжения на щите; удвоенная длина кабеля в ячейке ТН принимается в связи с объединением нуля вторичных цепей ТН в ящике зажимов;

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

По расчетному значению сечения провода  $g_1$  подбирается ближайшее большее сечение кабеля и определяется его сопротивление  $Z_{пр 1}$  и  $Z_{пр н}$  с учетом выбранного сечения на участке длиной  $L_1$ .

Альбом 1

Лист № 1 из 1. Лист № 1 из 1. Лист № 1 из 1.

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

9 2 4 Сечение жил кабелей по щиту зависит от величины допустимых сопротивлений в отдельных кабелях, отходящих от панели ввода общих цепей напряжения к панелям-потребителям — (РЗА, измерений, счетчиков и т.д.) и от длины кабелей по щиту — 22

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

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

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

$Z_{пр1}$  — сопротивление кабеля на участке  $l_1$ ,

$S_{нагр РЗА}$  — потребление панели защиты

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

$$Z_{пр изм} = \frac{(15 - 1,5 S_{нагр изм} Z_{пр1} / 100) 100}{3 S_{нагр изм}} \quad (9-3), \text{ где}$$

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

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

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

для двухэлементных счетчиков типа САЗУ, ЭЭБ700

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

для трехэлементных счетчиков Ф443А

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

$\Delta U$  — допустимое падение напряжения,

$S_{сз}$  — потребление данного счетчика,

$\Pi$  — количество счетчиков на панелях

9 2 5 Сечения соответствующих кабелей подсчитываются по формуле

$$l_2 = \frac{l_2^2}{8 Z_{пр РЗА} (изм)}, \text{ где}$$

$l_2$  — расстояние между панелями

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

#### 10. Особенности расчетов вторичных цепей ТН

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

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

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

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

- контроля изоляции (РН-153/60Д),
- контроля наличия напряжения, синхронизма (РНФ-1М-15ВА на фазу, реле РН153,154-4шт - по 1ВА на обмотку, обмотка РН-55-6,5ВА, РВ238-20ВА - на обмотку),
- дистанционной защиты автотрансформатора (ЛЭ2105-62ВА на фазу)

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

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

для РН-154/150  $S = \left( \frac{100}{40} \right)^2 I = 6,25 \text{ ВА}$

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



Определение максимальной нагрузки на фазу производится по выражению

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

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

$S_{\phi}$  — нагрузка включенная на фазу

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

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

Согласно таблице СМ1-1 (приложение 1) мощность ТН типа ЗНОЛ-6, НОЛ-6 (НОМ-6) в классе 3 составляет 200 ВА, а типа ЗНОЛ-10, НОЛ-10 (НОМ-10) — 300 ВА

Для ТН типа НАМУ-10 в заводских материалах отсутствуют данные по мощности ТН в существующих понятиях по классам точности, имеются данные по основной погрешности  $\pm 0,2\%$  и по дополнительной в зависимости от распределения нагрузок по обмоткам ТН (см таблицу СМ1-2, приложение 1) Для каждого из вариантов сочетания нагрузок предлагается определять дополнительную погрешность ТН типа НАМУ по выражениям.

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

$$\Delta U_{вс} = - \left[ \frac{S_{вс} - 75}{100} + \frac{S_{ас}}{2 \cdot 100} \right] \bar{Z}_k$$

$$\Delta U_{са} = - \left[ \frac{S_{ав} - 75}{2 \cdot 100} + \frac{S_{вс} - 75}{2 \cdot 100} + \frac{2S_{са}}{100} \right] \bar{Z}_k$$

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

$\bar{Z}_k$  — сопротивление короткого замыкания, равное 0,6 Ом

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

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

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

$$S_{вс} = 0, \quad S_{ас} = 0,$$

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

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

$$S_{н\phi 1\ max} = \frac{S_{ав}}{\sqrt{3}} + S_{\phi} = \frac{36}{\sqrt{3}} + 77 = 98 \text{ ВА}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Максимальная суммарная погрешность НАМУ-10 составит

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

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

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

— при включении одной панели ПЗ 2105

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

— при включении двух панелей ПЗ 2105

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

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

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

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

— при включении одной панели ПЗ 2105

Алебом 1

УИВ и паваЛ Паевт и фавта Взагт швкн

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

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

— при включении двух панелей ПЭ 2105

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

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

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 ЗШо

Расчет производится по выражению

$$z_{пр} = \frac{1}{2} \frac{3 U_{нТН}}{6 I_{нрасч}}$$

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

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

Зависимость сечения кабеля от его длины (дл) дополнительной обмотки определяется для ТН типа НАМУ-10

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

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

для ЗНОЛ-6-10

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

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

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

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

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

$$S_{\phi} = 15 \text{ ВА}$$

$$S_{св} = 6,25 + 7,0 = 13,25 \text{ ВА}$$

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

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

Максимальная нагрузка на обмотку

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

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

Допустимое сопротивление провода кабеля на потере напряжения для устройства РЗА

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

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

Зависимость сечения кабеля от длины определяется выражениями

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

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

По принятому допустимому сопротивлению

$$z_{пр} = 1,9 \text{ Ом зависимость } q \text{ от } \ell \text{ рассчитывается по}$$

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

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

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 (3х ЗНОЛ-6-10, НАМУ-10)

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

— общеподстанционные,

Альбом 1

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

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

$$S_{ав} = S_{рн} 154/160 - 2шт + S_{ав} + v_{VA} + S_{w} + v_{AZ} =$$

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

$$S_{вс} = S_{рн} 154/160 + S_{w} + v_{VA} + S_{w} + v_{AZ} =$$

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

$$S_{са} = S_{рн} 154/160 + S_{vVA} + S_{ачр} + S_{рпн} + S_v =$$

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

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

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

$$S_{нф \max} = \frac{39,95}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{39,9}{33,65} + \frac{39,9}{33,65} + 1} + 24 = 60,86 \text{ ВА}$$

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

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

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

$$S_{нф \max} = \frac{39,25}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{44,5}{38,25}\right)^2 + \frac{44,5}{38,25} + 1} + 24 = 68,06 \text{ ВА}$$

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

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

$$75 - 60,86 = 14,14 \text{ ВА}$$

а при использовании счетчиков САЗУ и 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 ЗНОЛБ допустимая нагрузка в указанном классе составляет 200 ВА, запас по мощности выражается в 139,1 и 131,94 ВА в зависимости от типов примененных счетчиков.

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

ИМБ. МАНВ. ПОВ. и. В. ИМБ. В. ИМБ. В. ИМБ. В.







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

счетчики + панель ПЗ-4

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

счетчики + направленная защита

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

со счетчиками

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

Если на линиях установлены счетчики расчетного учета, то потребление нагрузки, подключенной к вторичным цепям ТН, не должно превышать величину его мощности в классе 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 Б 3 Допустимое сопротивление кабеля по падению напряжения при расчетном учете на линиях будет определяться как —

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

при техническом учете —

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

Допустимое сопротивление по надежной работе автомата

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

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

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

$$q = \frac{\ell}{\gamma \cdot Z_{\text{пр доп}}}$$

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

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

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

— для кабеля счетчиков

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

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

— для кабеля релейной защиты и измерения

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

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

Выбор сечения кабелей при конкретном проектировании производится по графиком СМ 5-2-8-9 приложения 5

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

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

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

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

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

Расчет производится по выражению

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

$$q = \frac{\ell}{\gamma \cdot Z_{\text{пр доп}}} = \frac{\ell}{57,6}$$

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





В режиме резервирования на ТН одной системы шин подключается двоякая 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 потребуются установка дополнительного ТН, работающего в классе точности не ниже 0,5 Общая нагрузка на указанный ТН не должна быть больше 400 ВА

Определение допустимых сопротивлений для кабелей от дополнительного ТН к счетчикам класса 0,5 (для  $\Delta U = 0,25$  при межсистемном участке) см в п 10 7 2 и таблице см 4-1 соответственно

10 8 3 Расчет сечений кабелей цепей напряжения основной обмотки ТН выполнен по принципам, изложенным в п 10 7 3 по данным таблицы см 4-2 приложения 4

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

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

Обозначения расчетных и принятых сечений кабелей выполнены аналогично п 8 7 3

10 8 4 Допустимые сопротивления кабеля в цепях дополнительных обмоток ТН 110 - 220 кВ на шинах и линиях однозначны и даны в таблицах см 4-2 и см 4-1 соответственно. Таблица расчета сечения провода кабеля и график в соответствии с п 10 7 4 приведены в приложении 5 (см 5-1-3 и см 5-2-11)

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 схематическими распределителями „Треугольник“, „Четырехугольник“ приведена суммарная нагрузка от двух линий

10 9 2 Допустимые сопротивления проводов кабелей основной обмотки ТН определялись для тех же видов учета с допустимыми потерями по напряжению, как указано в п 10 7 2

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

10 9 3 Расчет сечений кабелей вторичных цепей напряжения основной обмотки выявил необходимость прокладки отдельного кабеля от ТН до панели счетчиков при расчетном учете на линиях ( $\Delta U = 0,25 \%$ ,  $\Delta U = 0,5 \%$ )

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

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

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

10 9 4 Допустимое сопротивление кабеля дополнительной обмотки принимается по надежности действия автомата из-за незначительной нагрузки в цепи 3U<sub>0</sub>

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 эмергии.

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

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

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

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

10.10.4 Допустимые сопротивления кабеля в цепях дополнительных обмоток ТН 330-750 кВ на линиях и шинах однозначны и приведены в таблицах см 4-3 и см 4-4 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  $\Delta U$ , составлена таблица.

Таблица 10-2

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

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

## 11 Пояснения к схемам

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

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

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

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

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

Для автоматического перевода питания цепей напряжения автотрансформаторов, трансформаторов со схематипу „Треугольник“, „Четырехугольник“, „Полукорная“, помимо переключателя, используются реле переключения цепей напряжения

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

## 12 Технико-экономические обоснования

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

Типовые материалы для проектирования предусматривают:

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

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

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 СТ2 (Приложение 2), СТ4 (Приложение 4), СТ5 (Приложение 5)

12.3 Описание методики проведения расчетов вторичных цепей ТН

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

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

- качества проектирования,
  - надежности работы вторичных цепей трансформаторов напряжения,
- а также сокращение
- расходов цветных металлов в результате уточненных данных по требуемым величинам сечений проводов кабелей, трудозатрат при проектировании, требовавшихся ранее на проведение расчетов по определению сечений кабелей во вторичных цепях ТН по каждому конкретному объекту.
- Типовые принципиальные схемы ТН и организации вторичных цепей напряжения служат основой для разработки типовых 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“



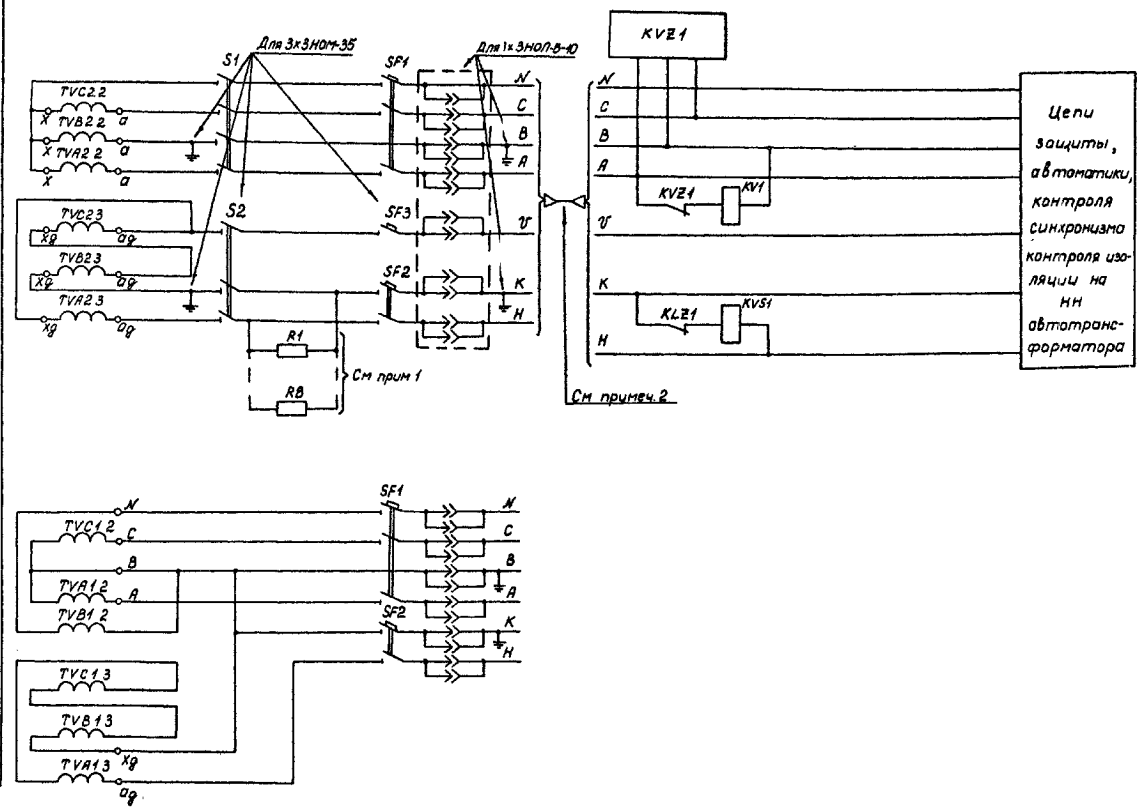
Альбом 1

Ввод 6-10кВ, 35кВ  
автотрансформатора (АТ)

3 x 3НОЛ-6-10  
3 x 3НОМ-35

Ввод 6-10кВ  
автотрансформатора (АТ)

НАМИ-10



Цели защиты, автоматики, контроля синхронизма контроля изо- ляции на НН автотранс- форматора	Цели напряжения ТН 3x3НОЛ-6-10 3x3НОМ-35
Цели напряжения ТН НАМИ-10	

Имя, номер, подпись, дата, лист, из, всего

407-03-48487-3В	
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
Гип	Шварина
Нач. отд.	Чернышова
Н. контро.	Киселев
Нач. сект.	Пучинов
Рис. за	Мухомов
Ст. техно.	Корсакин
ТН 3x3НОЛ-6-10 НАМИ-10 3x3НОМ-35 на вводе 6-10-35кВ автотрансформатора	Этап
рп	2
Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковский филиал 1988г.



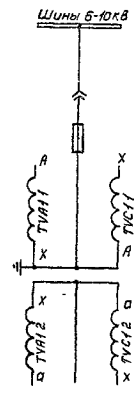




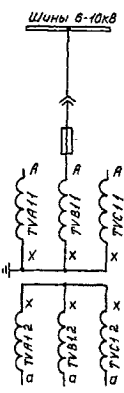


Альбом 1

Трансформаторы напряжения для питания счетчиков

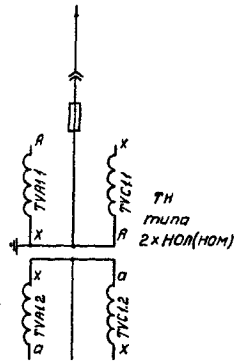


ТН типа 2хНОЛ(НОМ)

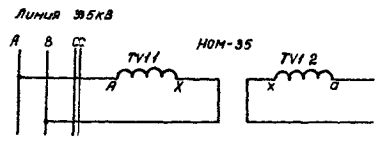


ТН типа 3хНОЛ(НОМ) см примечан 1

Трансформатор напряжения на вводе 6-10кв трансформатора



Трансформатор напряжения на линии 35кв



Примечания

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

ТН 6-10кв для питания счетчиков	Максимальная расчетная величина нагрузки на фазу от счетчиков одной линии		Количество линий с расчетным учетом		Номинальная мощность ТН на фазу в классе точности 1
	Счетчики ээ6700	Счетчики СВЗУ, СВЧУ	Счетчики ээ6700	Счетчики СВЗУ, СВЧУ	
2хНОЛ(НОМ)-6			~6	~4	75
2хНОЛ(НОМ)-10	~13	~20	12	8	150
3хНОЛ(НОМ)-6	7,4	12	10	6	75
3хНОЛ(НОМ)-10			20	12	150

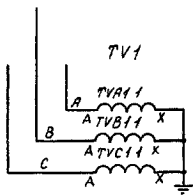
- 2 Шинки трансформаторов напряжения 6-10кв для питания счетчиков линий должны прокладываться отдельно от шин напряжения основных (шинных) ТН 6-10кв
- 3 Сечение кабеля см приложение 3, график СН5-2-4
- 4 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

407-03-48487-3В					
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кв и выше					
Гип	Шинкина	Минин	Иванов	Петров	Сидоров
Проверено	Иванов	Петров	Сидоров	Минин	Шинкина
Утверждено	Петров	Сидоров	Минин	Шинкина	Иванов
Выпущено	Сидоров	Минин	Шинкина	Иванов	Петров
Изд.	1	1988	РП	6	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ
Схема электрическая принципиальная				Горьковский отдел	

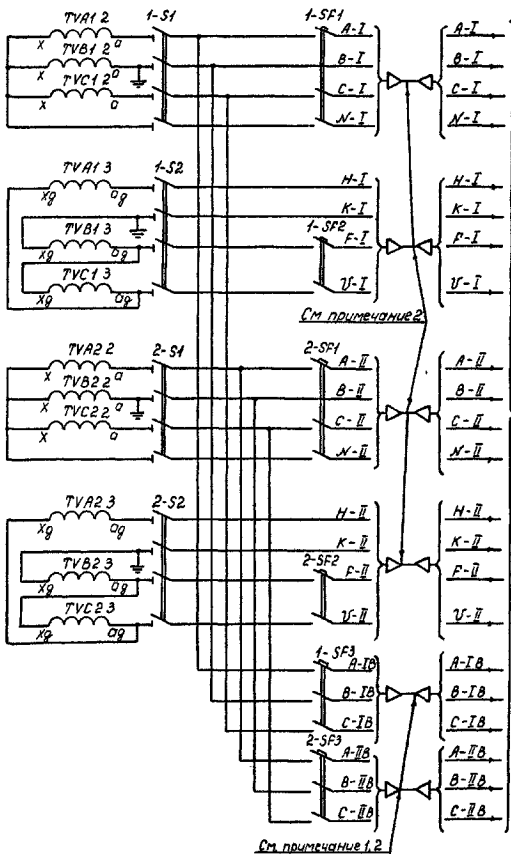
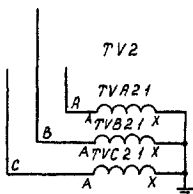


Альбом 1

1К линии W1



К линии W2



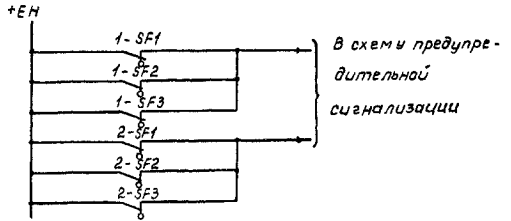
в схему организации цепей напряжения РУ-110-220 кВ см. прим. 3

Примечания

- 1 Прокладка отдельных кабелей для расчетных счетчиков для линий предусматривается на - ПС с РУ-110-220кВ по схеме "Мостик с выпрямленным операционным током" (с БЛНС-2), - ПС с РУ 220кВ по схеме "Четырехугольник"
- 2 Определение сечений кабелей см. приложение 5 графики СМЗ-2-11-14 18 для РУ 110-220кВ по схеме "Мостик" и РУ 220кВ по схеме "Четырехугольник"
- 3 Организация цепей напряжения для ПС с РУ 110-220кВ по схеме "Мостик" см. лист 16 по схеме "Четырехугольник" с РУ 220кВ см. лист 18
- 4 в маркировку линий вместо "в" вводится буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 220кВ-е для РУ 110 кВ-г
- 5 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

См. примечание 2

См. примечание 1, 2



Сигнал  
Неисправность трансформаторов напряжения

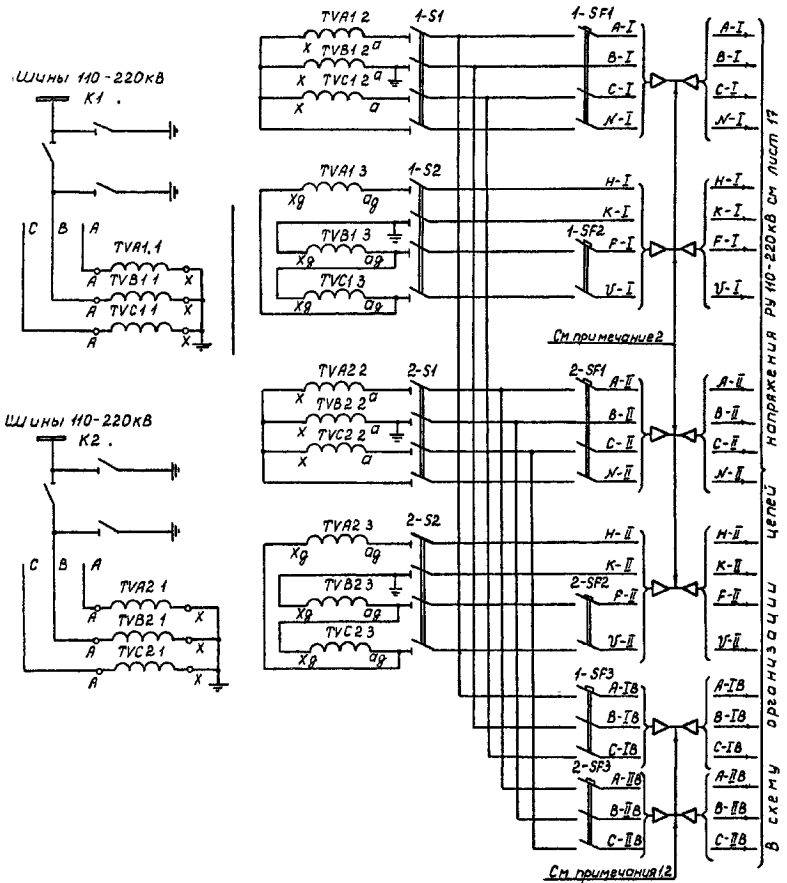
Перечень аппаратуры

Место установки	Логическая аббревиатура по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV1	1-SF1	Рубильник			2	см. примеч 5
	1-SFP1	Выключатель	АП50Б-3мт	J <sub>нр</sub> = 2,5 А J <sub>отс</sub> = 3,5 J <sub>нр</sub> ВК = 2П	1	
	1-SFP2	Выключатель	АП50Б-2мт	J <sub>нр</sub> = 10 А J <sub>отс</sub> = 3,5 J <sub>нр</sub> ВК = 2П	1	Для НКФ-110
Шкаф зажимов трансформатора напряжения TV2	2-SF3	Выключатель	АП50Б-3мт	J <sub>нр</sub> = 10 А J <sub>отс</sub> = 3,5 J <sub>нр</sub> ВК = 2П	1	Для НКФ-110
	2-SFP1	Выключатель	АП50Б-3мт	J <sub>нр</sub> = 25 А J <sub>отс</sub> = 3,5 J <sub>нр</sub> ВК = 2П	1	
	2-SFP2	Выключатель	АП50Б-2мт	J <sub>нр</sub> = 10 А J <sub>отс</sub> = 3,5 J <sub>нр</sub> ВК = 2П	1	Для НКФ-110
						Для НКФ-220

407-03-48487-3В			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
РИП	Шифр	Исполн	Лист
М.С.Иванов	М.С.Иванов	М.С.Иванов	8
М.С.Иванов	М.С.Иванов	М.С.Иванов	
М.С.Иванов	М.С.Иванов	М.С.Иванов	
Схема электрическая принципиальная		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковское отделение 1988г.	

Листов 1. Подпись и дата. Взам.инв. №

Альбом 1



**Примечания**

1 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линии

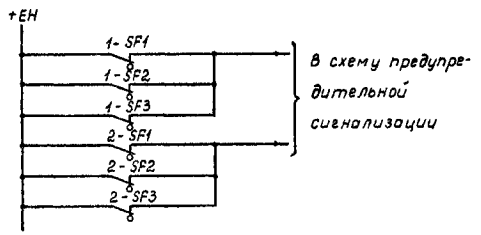
2 Определение сечения кабелей и приложение 5 (графики 015-2-15-18)

3 маркировку шин вместо, вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 220кВ-Е, для РУ 10кВ-Г

4 Тип рубильников определяется при разработке полных схем

Перечень аппаратуры

Место установки, обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
1-S1, 1-S2	Рубильник			2	см примеч
1-S1F1	Выключатель	АП50Б-3мт	Унр = 25А Iотс = 3,5Унр ВК = 2П	1	
1-S1F2	Выключатель	АП50Б-2мт	Унр = 10А Iотс = 3,5Унр ВК = 2П	1	Для НКФ-10
1-S1F3	Выключатель	АП50Б-3мт	Унр = 10А Iотс = 3,5Унр ВК = 2П	1	Для НКФ-10
2-S1, 2-S2	Рубильник			2	см примеч
2-S1F1	Выключатель	АП50Б-3мт	Унр = 25А Iотс = 3,5Унр ВК = 2П	1	
2-S1F2	Выключатель	АП50Б-2мт	Унр = 10А Iотс = 3,5Унр ВК = 2П	1	Для НКФ-10
2-S1F3	Выключатель	АП50Б-3мт	Унр = 6,3А Iотс = 3,5Унр ВК = 2П	1	Для НКФ-220



Сигнал "Направление трансформатор напряжения"

цепи сигнализации

407-03-48487-3В	
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
ГМП Шингарина А.И.	Трансформатор напряж. на 3 НКФ 110-220кВ на шинах 110-220кВ
Исполн. Хитров	рп 9
Провер. Пинашев	
Визир. Милослав	
Инженер Егорова	
Ст. техн. Кассокина	
ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ	
Горьковская обл. г. Пенза - 1988г.	

Перечень аппаратуры

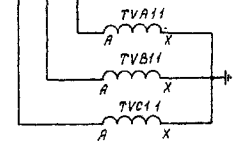
Место установки	Позиц. обозначение	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примечания
Щитовое оборудование трансформатора напряжения	S1, S2	Рубильник			2	см примеч 1
	SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	$J_{нр} = 25A$ $J_{отс} = 3,5J_{нр}$ $ВК = 2П$	1	Для НКФ Для НДЕ-500
	SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	$J_{нр} = 10A$ $J_{отс} = 3,5J_{нр}$ $ВК = 2П$	1	Для НКФ-330 Для НКФ-500, НДЕ-500
	SF3	Выключатель	АП50Б-3МТ	$J_{нр} = 6,3A$ $J_{отс} = 3,5J_{нр}$ $ВК = 2П$	1	Для НКФ Для НДЕ-500

Примечания

- 1 Определение сечения кабелей см приложение 5, график СМ55-2-20
- 2 Прикладка отдельного кабеля предусматривается для счетчиков расчетного учета линии в соответствии с данными по определению сечения кабелей, см приложение 5, график СМ5-2-19.
- 3 На ВЛ 500кВ устанавливается, как правило, один трансформатор напряжения, тип его (НКФ или НДЕ) определяется при конкретном проектировании. Установка второго трансформатора допускается при наличии соответствующего обоснования. Цепи напряжения при установке на линии 500кВ двух ТН аналогичны приведенным для линии 750кВ, см листы №, 12.
- 4 Типы рубильников определяются при разработке полных схем.

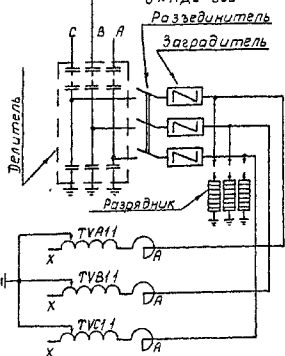
К линии 330-500кВ

3 x НКФ-330-500

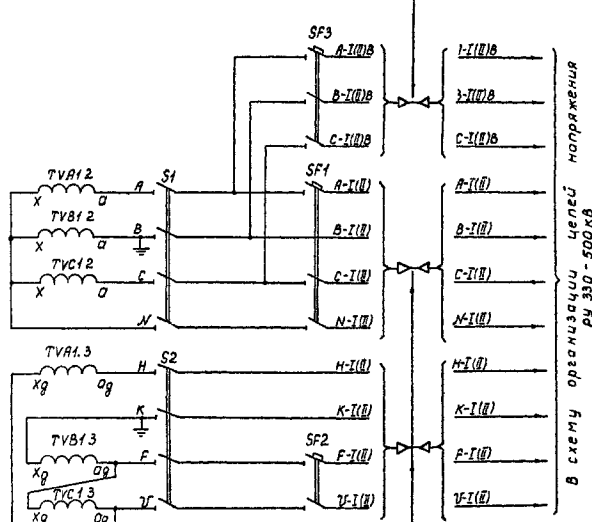


К линии 500кВ

3 x НДЕ-500  
Разъединитель

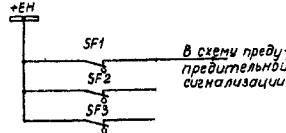


См примеч 2



в схему организации цепей напряжения

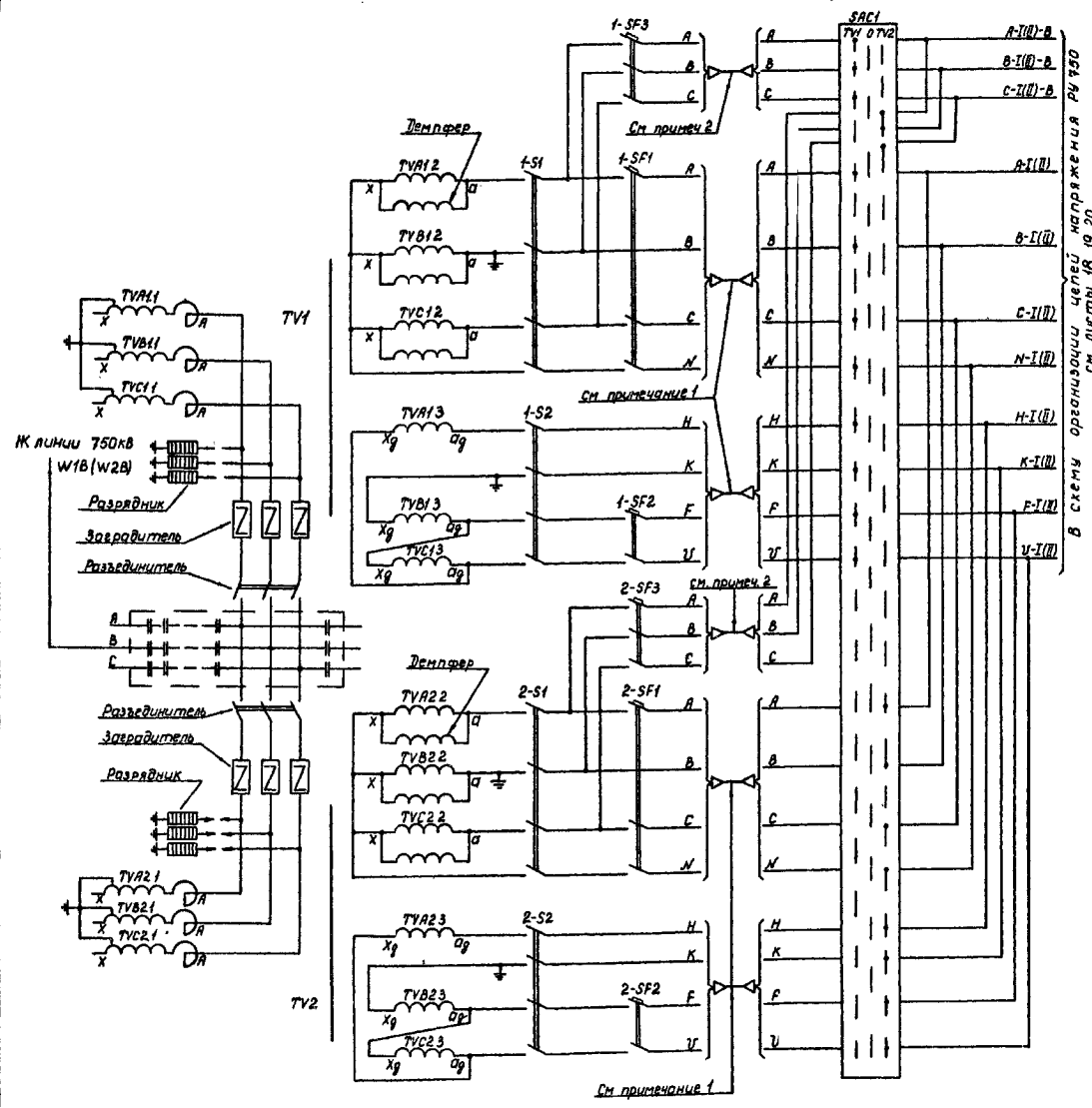
См примеч 1



Сигнал "Неисправность цепей напряжения"

407-03-48487-38					
Схемы в торичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше					
Гип	Шуринов	ИИЦ	Станция	Лист	Листов
И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.
И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.
И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.
И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.
И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.	И.п.т.п.

А 6 Б Д М 1



Перечень аппаратуры

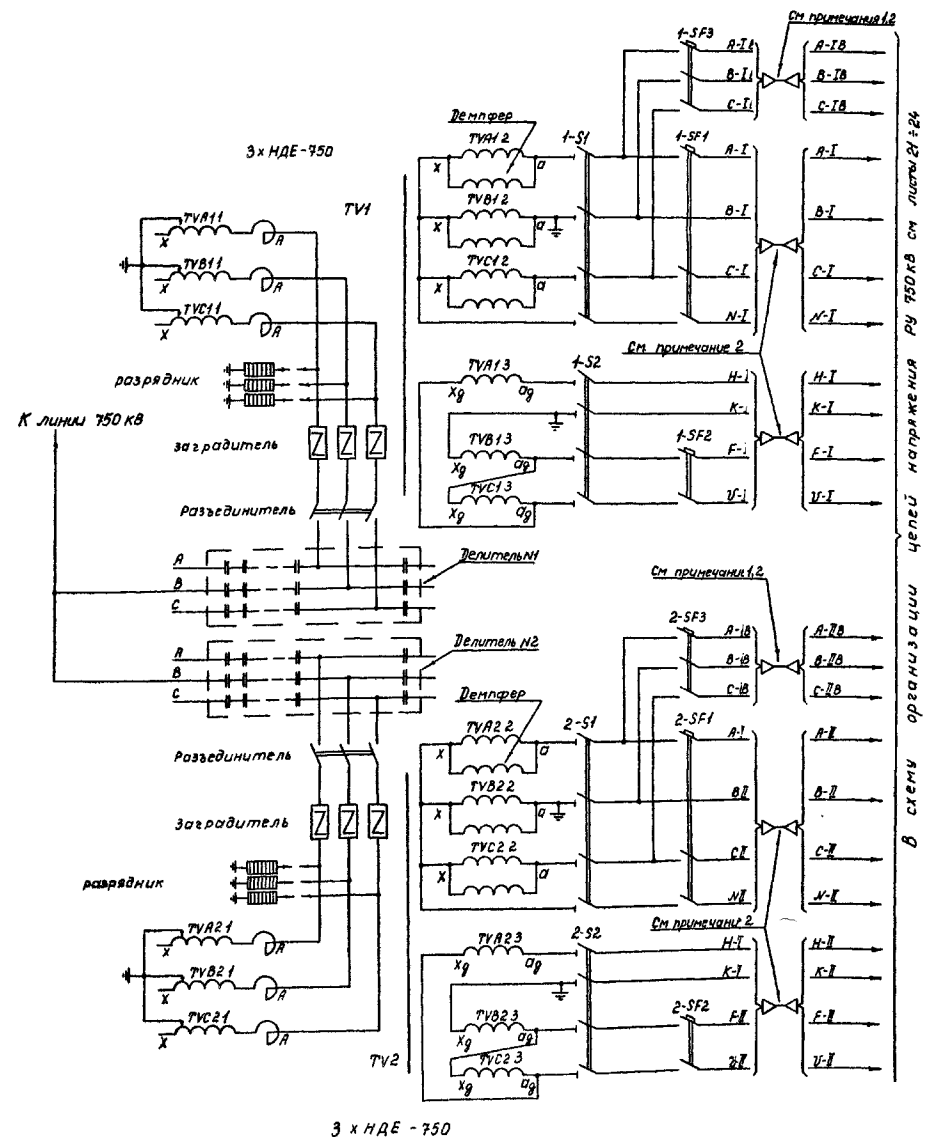
Место установки по схеме	Позиционный обозначение	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примечание
Щиток зажимов трансформатора напряжения ТУ1	1-S1, 1-S2	Рубильник			2	см прим 3
	1-SF1	Выключатель	АП50Б-3мт	Упр=6,3А Уотс=3,5Упр ВК=2П	1	
	1-SF2	Выключатель	АП50Б-2мт	Упр=6,3А Уотс=3,5Упр ВК=2П	1	
Щиток зажимов трансформатора напряжения ТУ2	2-SF3	Выключатель	АП50Б-3мт	Упр=2,5А Уотс=3,5Упр ВК=2П	1	
	2-S11, 2-S2	Рубильник				
	2-SF1	Выключатель	АП50Б-3мт	Упр=6,3А Уотс=3,5Упр ВК=2П	1	
Щиток зажимов трансформатора напряжения ТУ2	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2мт	Упр=6,3А Уотс=3,5Упр ВК=2П	1	
	2-SF3	Выключатель	АП50Б-3мт	Упр=2,5А Уотс=3,5Упр ВК=2П	1	
Щиток зажимов	S AC1	Переключатель	ПКУ3-12 Ж 1203			

Примечания

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

407-03-48487-3В			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
Гип	Шварина	И.И.	
Нач. отд.	Марьянова	А.И.	
Н. контр.	Ишуров	В.И.	
Нач. сект.	Тучинов	В.И.	
Рук. гр.	Ишуров	В.И.	
Инж.:	Егорова	И.И.	
		Трансформатор напряжения 3х10кВ-750 на линии с одним комплектом конденсаторов	Стадия лист
		АП	11
		Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОЛЕТПРОЕКТ Горьковского отделение №182

Альбом 1



в схему организации цепей напряжения РУ 750 кВ см. листы 21-24

Перечень аппаратуры

Место установки	Позиция обознач. в схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примеч.
Щит зажимов трансформатора напряжения	1-SF1, 1-SF2	Рубильник			2	см. примеч. 2
	1-SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Ипр = 6,3 А Iотс = 3,5 Iпр ВК = 2П	1	
	1-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Ипр = 6,3 А Iотс = 3,5 Iпр ВК = 2П	1	
	1-SF3	Выключатель	АП50Б-3МТ	Ипр = 2,5 А Iотс = 3,5 Iпр ВК = 2П	1	
Щит зажимов трансформатора напряжения	2-SF1, 2-SF2	Рубильник			2	см. примеч. 2
	2-SF1	Выключатель	АП50Б-3МТ	Ипр = 6,3 А Iотс = 3,5 Iпр ВК = 2П	1	
	2-SF2	Выключатель	АП50Б-2МТ	Ипр = 6,3 А Iотс = 3,5 Iпр ВК = 2П	1	
	2-SF3	Выключатель	АП50Б-3МТ	Ипр = 2,5 А Iотс = 3,5 Iпр 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-ЭВ

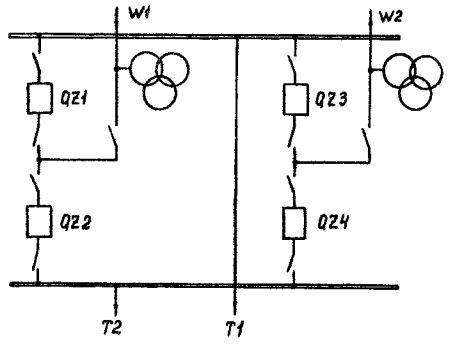
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше	
ГИП Шварца	Исполнитель
Начальник Шварца	Исполнитель
Инженер Хмель	Исполнитель
Инженер Чумачов	Исполнитель
Инженер Мизяева	Исполнитель
Инженер Егорова	Исполнитель
Трансформатор напряжения 3x HAE-750 на линии с двумя комплектами конденсаторов СВЗМ	Лист 12
Схема электрическая принципиальная	Лист 12



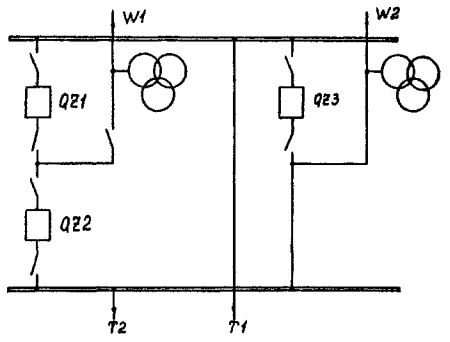


Льбом 1

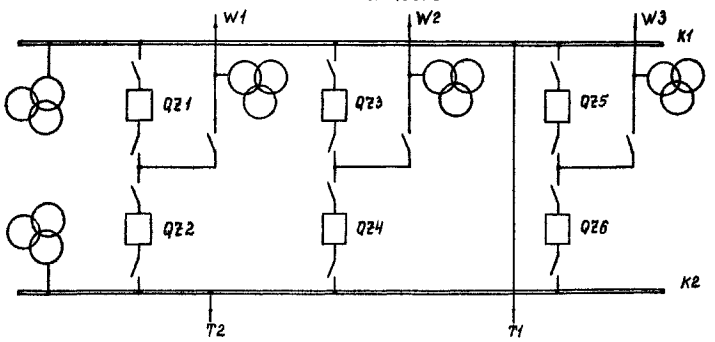
„Четырехугольник“ 220-750 кВ



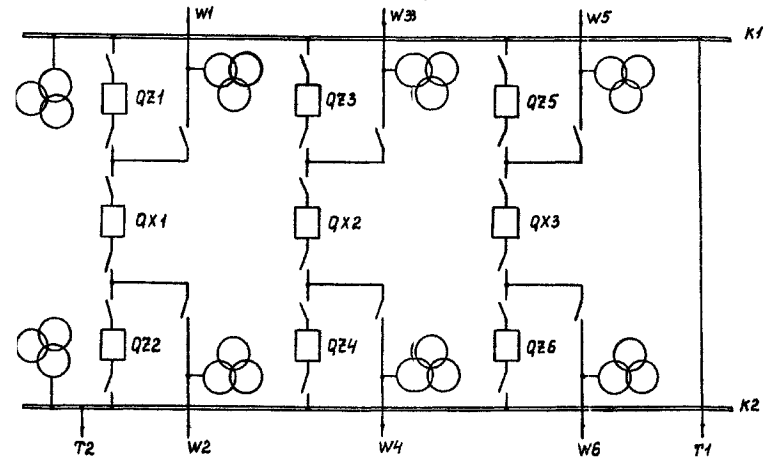
„Треугольник“ 220-750 кВ



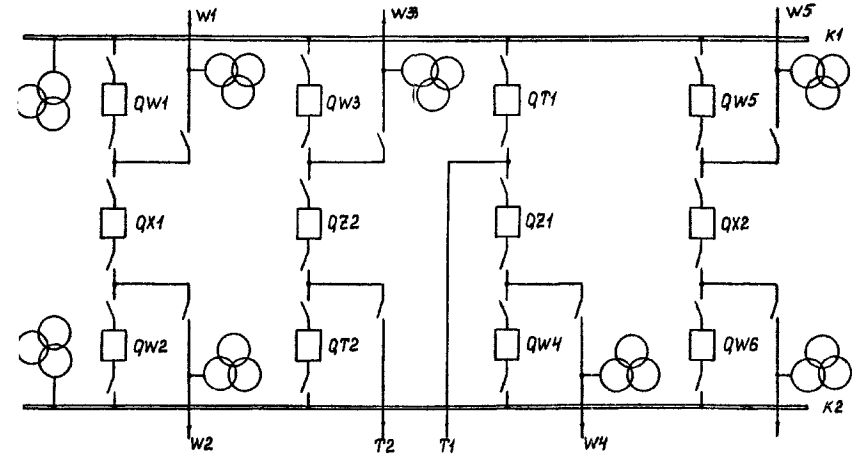
„Трансформаторы-шины“ с присоединением линий через два выключателя 330-750 кВ



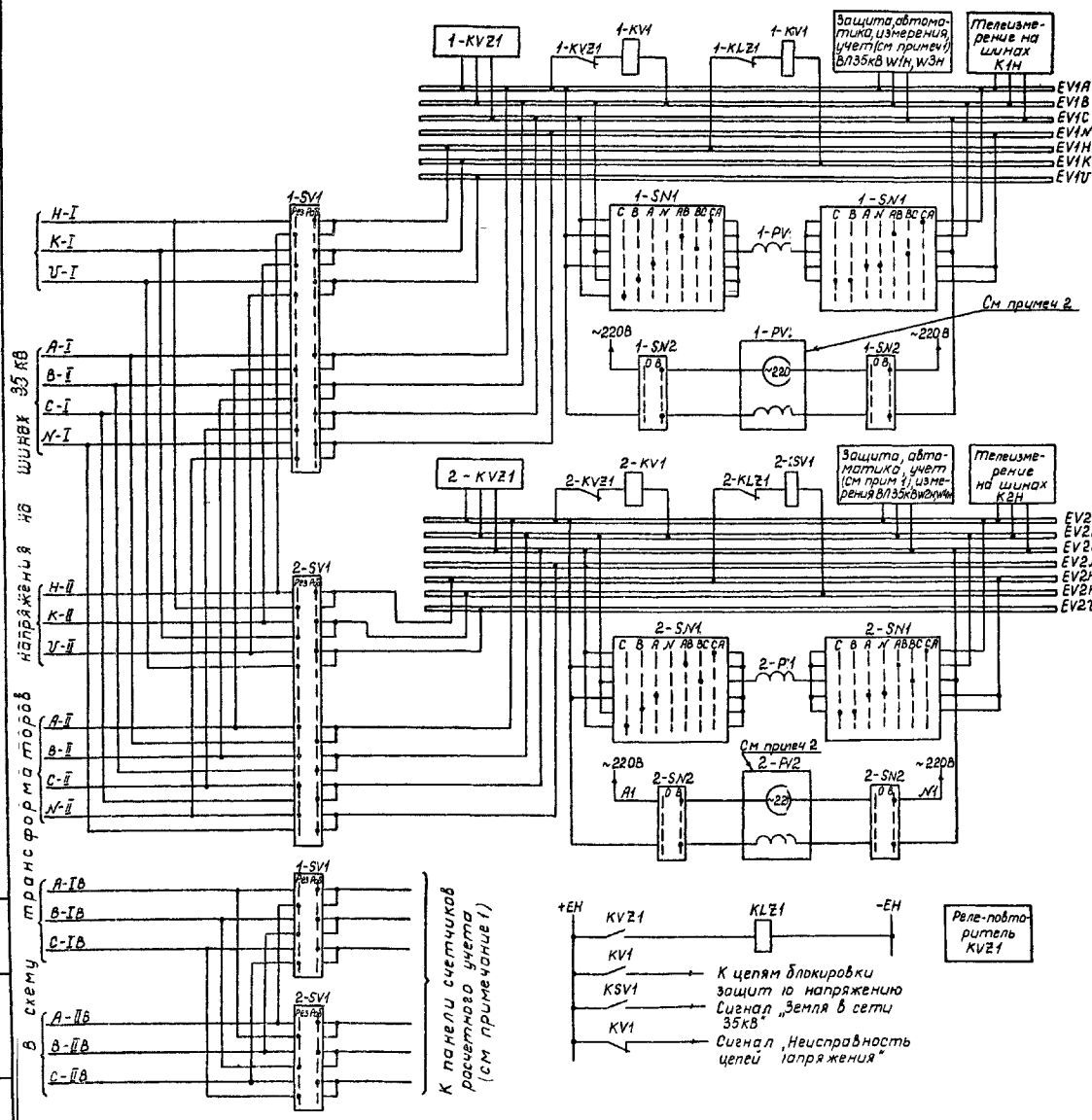
„Трансформаторы-шины“ с полуторным присоединением линий 330-750 кВ



„Полуторная“ 330-750 кВ



		407-03-48487-3В	
		Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше	
ГИП	Шварина	И.И.	
Начальн	Мерзленкова	В.И.	
Инженер	Хмельев	В.И.	
Инженер	Тучинской	Л.И.	
Риж.г.	Музылова	И.И.	
Отдел	Хосаншимо	В.И.	
		Поясняющие схемы РП 330-750 кВ	Лист 14
		Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Иркутское отделение 19282



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционные обозначения по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол.	Примеч
Щит управления	1-KSV1	Реле напряжения	РН-153/160		2	
	2-KSV1	Реле напряжения	РН-154/160		2	
	1-KV1	Реле напряжения	РН-154/160		2	
	2-KV1	Реле напряжения	РН-154/160		2	
	1-KVZ1	Реле напряжения	РНФ-1M		2	
	2-KVZ1	Реле напряжения	РНФ-1M		2	
	1-KLZ1	Реле промежуточное	РП-18		2	
	2-KLZ1	Реле промежуточное	РП-18		2	
	1-PV1	Вольтметр	З-365		2	
	2-PV1	Вольтметр регистрирующий	Н-344		2	См примеч 2
1-SN2	Переключатель	ПМОФ90-Н11111-Д42		2	См примеч 2	
2-SN1	Переключатель	ПМОФ45-334661-Д27		2		
1-SN1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 1203		2		
2-SV1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж 1203		2		

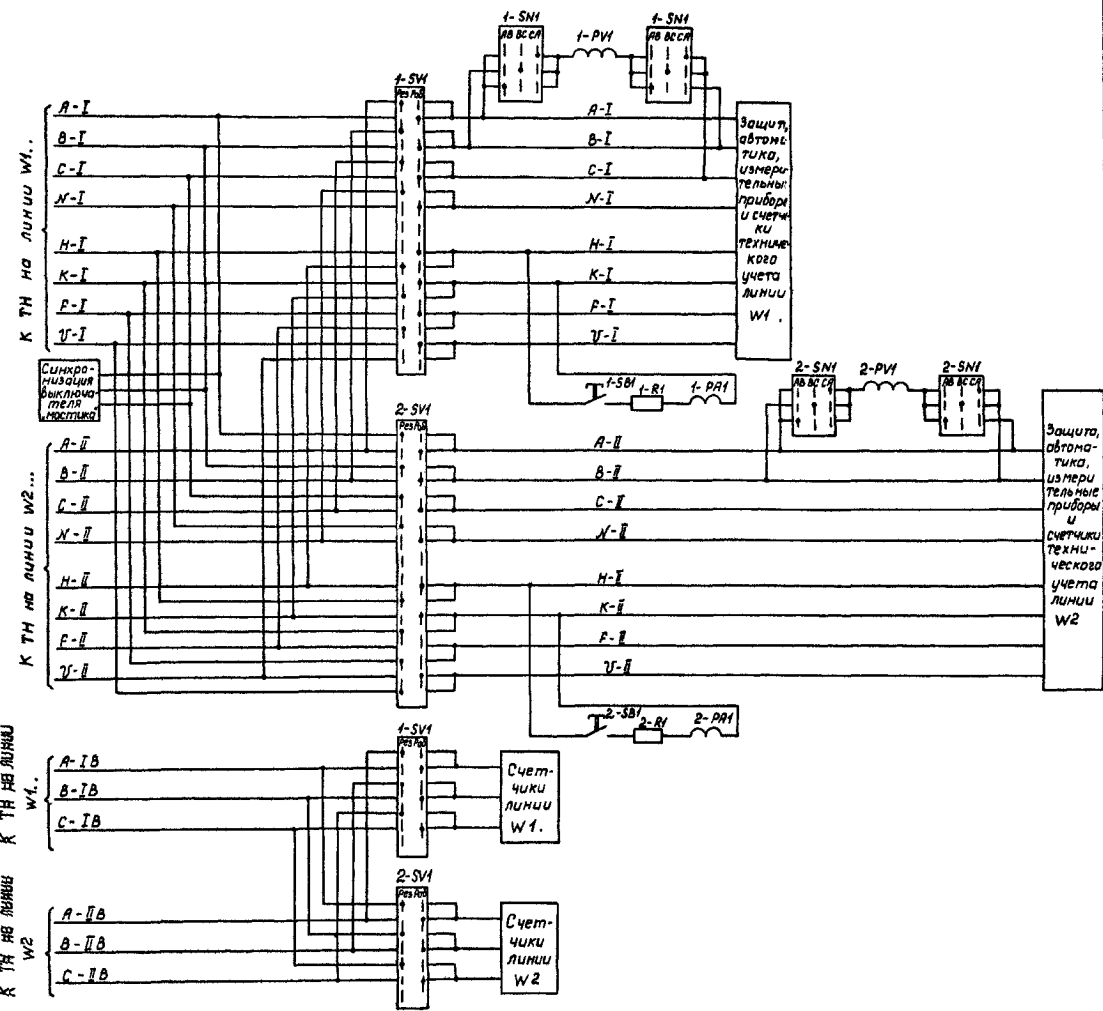
Примечания

- 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

407-03-48487-3В

ГИП	Ширинин	И.И.		Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	Лист	Листов
Нач. отд.	Иванов	И.И.		Организация цепей напряжения РУ 35кВ	РП	15
Нач. сект.	Колесников	И.И.		Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ	Горьковский отделен. 1982г.
Рук. гр.	Музавва	И.И.				
Чертеж.	Гусева	И.И.				

Альбом 1



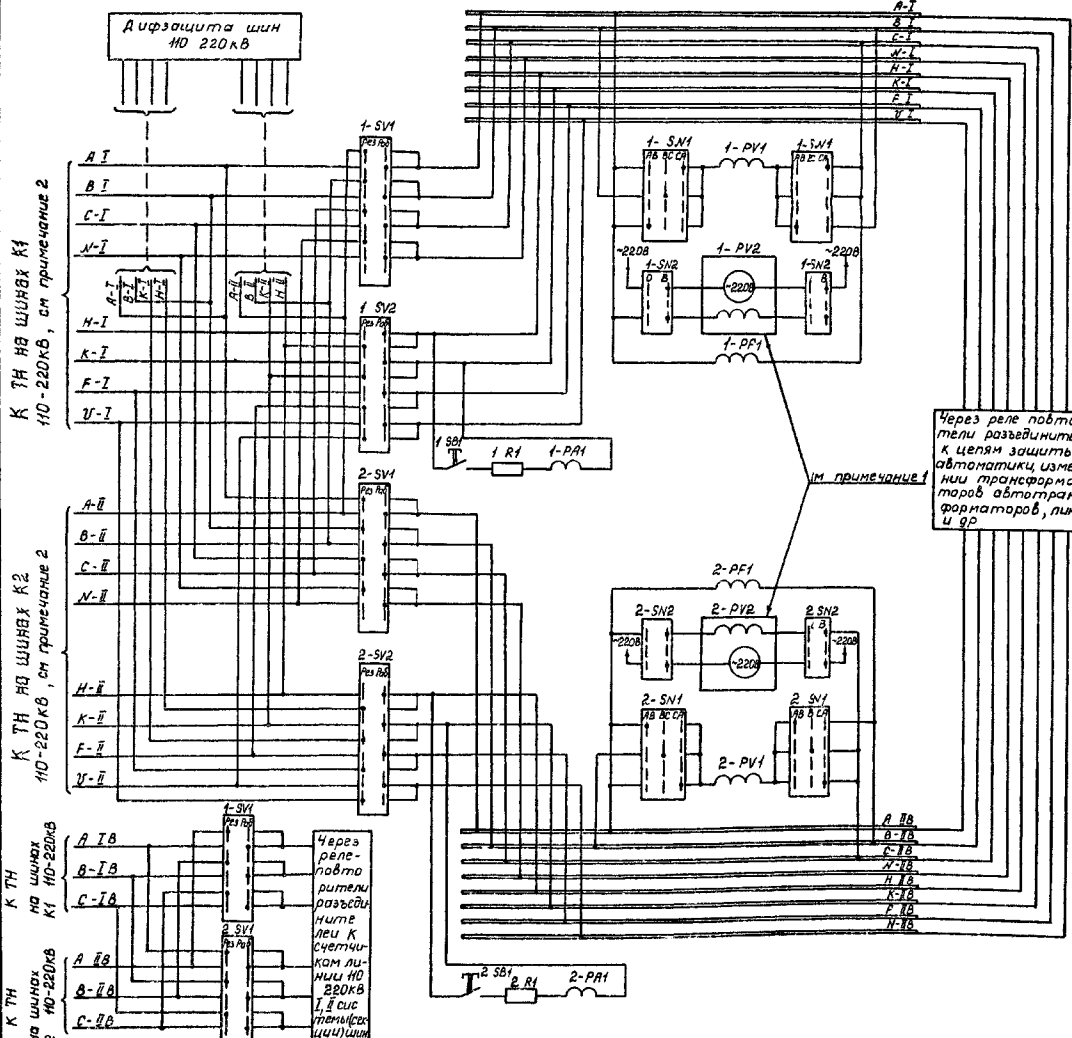
Перечень аппаратуры

Место установки	Позиция обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Цент управления	1-PA1, 2-PA1	Миллиамперметр	З-8021	0-100 мА	2	
	1-PV1, 2-PV1	Вольтметр	9-365	.. кВ	2	
	1-R1, 2-R1	Резистор	С5-35825	150 Ом ±10%	2	
	1-SB1, 2-SB1	Кнопка	КЕ-011	Исп 2	2	
	1-SN1, 2-SN1	Переключатель	ПМОФ45-142222/1-21		2	
	1-SV1, 2-SV1	Переключатель	ПКУ3-12Ж1203		2	

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

407-03-48487-3В	
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
Гип Шварина	ИИИ
нач.отд Меозленко	ИИИ
Нач.отд Хмельов	ИИИ
Нач.отд Чумаков	ИИИ
Рук.вр Мизяева	ИИИ
Инженер Евразова	ИИИ
Ст.тех. Каранилина	ИИИ
Организация цепей напряжения РУ 110-220кВ со схемой «мастак»	Станд. Лист Листов РП 16
Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОТЕХПРОЕКТ Горьковское отделение 1912г

Альбом 1



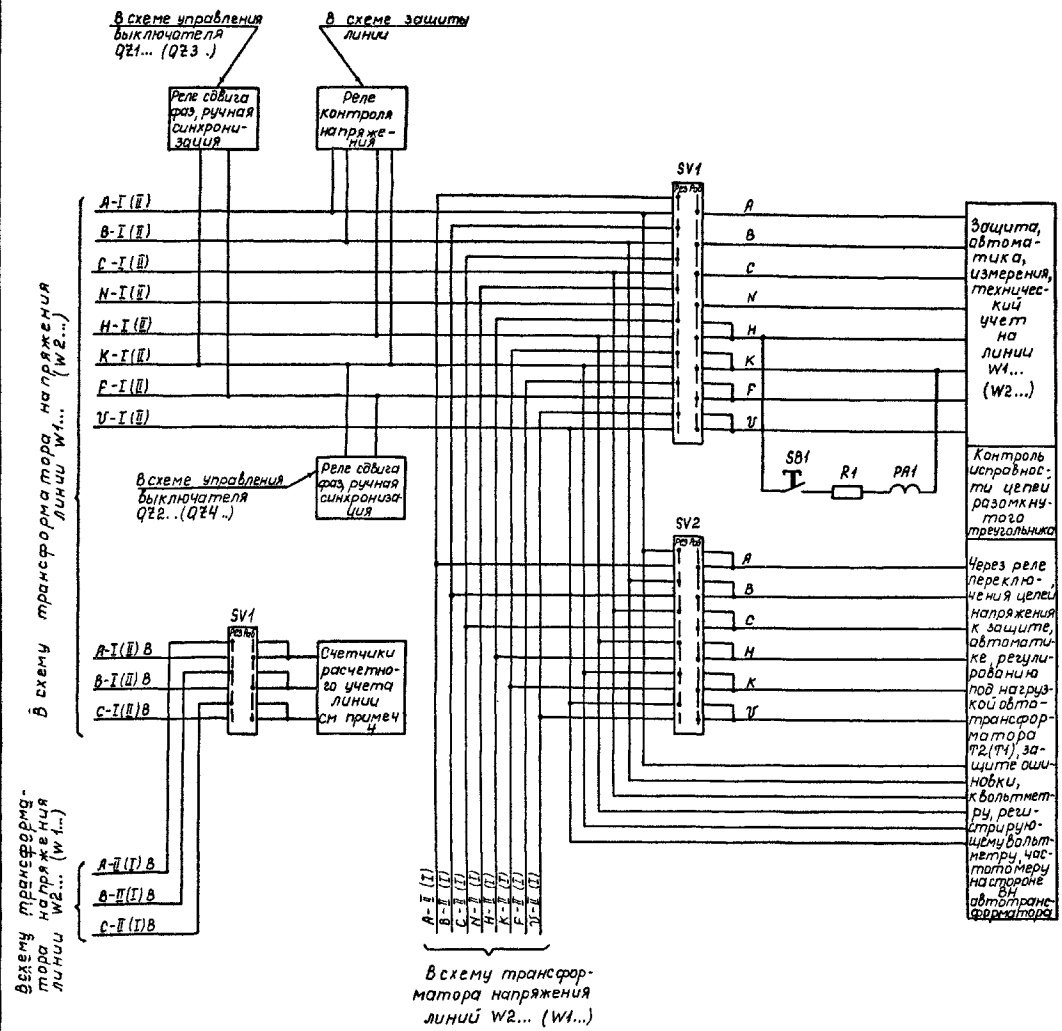
Перечень аппаратуры

Место установки	Позиция обознач по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	кол	Примеч
Щит управления	1-PA1 2-PA1	Миллиамперметр	Э-8021	0-100 мА	2	
	1-PA1 2-PA2	Частотомер	Э-372		2	
	1-PV1 2-PV1	Вольтметр	Э-365	кВ	2	
	1-PV2 2-PV2	Вольтметр	Н-393	кВ	2	
	1-R1 2-R1	Резистор	С5-35В25	1500Ω ± 10%	2	
	1-SB1 2-SB1	Кнопка	КЕ-0И	исп 2	2	
	1-SV4 2-SV1	Переключатель	ПКУЗ-12 ж 8012		2	
	1-SV2 2-SV2	Переключатель	ПКУЗ-12 ж 4037		2	
	1-SN1 2-SN1	Переключатель	ПМОФ45-112222/Е-А1		2	
	1-SN2 2-SN2	Переключатель	ПМОФ 90-1111/Е-ДЧ2		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 в В маркировку шин вместо " вводится буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ 220кВ-Е, для РУ 110кВ-Б.

407-03-48487-3В		
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше		
Гип	Щитовый	Щит
Масштаб	Размеры	А
И.контр	Хмельов	Щит
Мас.сект	Тучинский	Щит
Руч.ар	Мильваев	Щит
И.контр	Есирова	Щит
Энергосеть		ПРЕДК
Горьковский		отделение
		1923

Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	кол	Примеч
Щит управления	РА1	Миллиамперметр	Э-8021	0..100мА	1	
	R1	Резистор	С5-35В25	1500м±10%	1	
	SB11	Кнопка	КЕ-0Н	исп 2	1	
	SV'1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж	1203	1	
	SV'2	Переключатель	ПКУЗ-12Ж	6001	1	

Примечания

- 1 Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы РУ "Четырехугольник", "Треугольник". Поясняющую схему см лист 14
- 2 Резервирование питания нагрузки цепей напряжения линии производится от ТН другой линии
- 3 Питание цепей напряжения автотрансформаторов Т1, Т2 выполняется от ТН линий через реле переключения цепей напряжения в зависимости от включенного положения выключателей QZ1..., QZ3, QZ2..., QZ4...
- 4 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечений, см приложение Б, графики СМ5-2-19-23
- 5 В маркировку шин, линий, выключателей вместо "... в" вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ: 450кВ-В, 500кВ-С; 330кВ-Д, 220кВ-Е

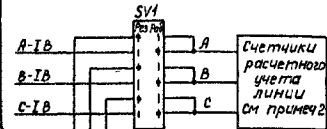
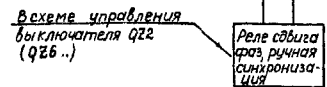
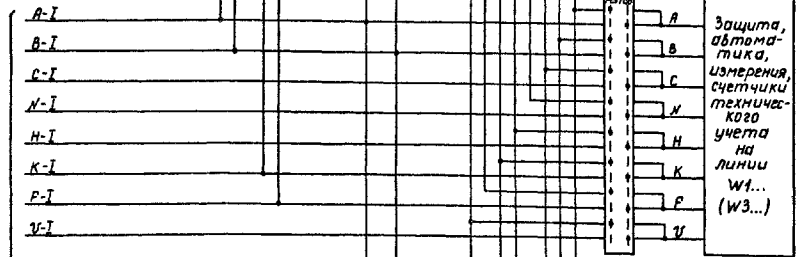
407-03-48487-3В			
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше			
Гип	Шиперина	Ильин	Т
Начерт	Мезенцева	Ильин	Т
И контр	Умеева	Ильин	Т
Проект	Сумцова	Ильин	Т
Рис	Мизова	Ильин	Т
Исполн	Егорова	Ильин	Т
ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ		П.П. 18	
Гарьковское отделение		1893	

Альбом 1

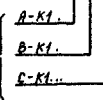
Шинки трансформатора  
напряжения на шинах  
К1... 330-750 кВ



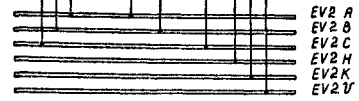
В схему трансформатора напряжения линии W1... (W3...)



К трансформатору  
напряжения  
на шинах К1...  
330-750кВ



Шинки трансформатора  
напряжения  
на шинах  
К2... 330-750кВ



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционные обозначения по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Шит управления	SV1	Переключатель	ПКУ3-12Ж	1203	1	
	SV2	Переключатель	ПКУ-12Ж	6001	1	

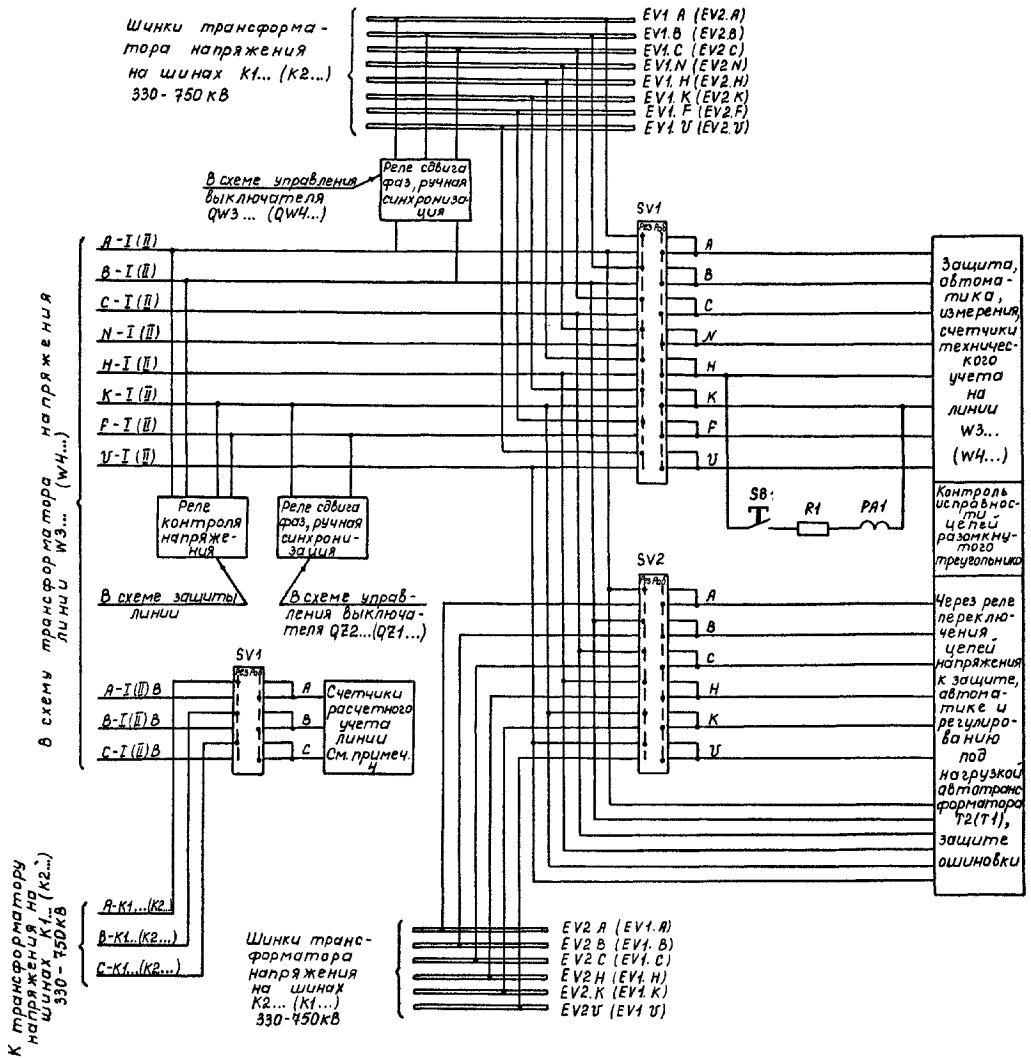
Примечания

- Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы РУ 330-750 кВ "Трансформаторы-шины" для линий с нечетными номерами W1... (W3...) и трансформатора Т1 при присоединении линии через два выключателя. Для схемы "Трансформаторы-шины" с полторным присоединением линий маркировка выключателей QZ2... (QZ6...) заменяется на QX1... (QX2...) соответственно с подачей цепей напряжения "А", "В", "С" к реле сдвига фаз от ТН линий W2(W4). При выполнении схемы организации вторичных цепей напряжения для линий с четными номерами W2..., W4... необходимо изменить маркировку шин EV1 на EV2 для подачи резервного питания цепей напряжения на устройства защиты, автоматики и др. Для автотрансформатора Т2 подачу рабочего питания выполнить от шин EV2..., а для резервирования - от шин EV1.... Изменения в маркировке выключателей следует выполнить в соответствии с поясняющей схемой, приведенной на листе 14.
- Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечений кабелей, см. приложение 5, график СМ5-2-19, 20.
- В маркировку шин, линий, выключателей вместо "...", вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения: для РУ 750кВ-В, 500кВ-С, 330кВ-Д.

407-03-48487-38

407-03-48487-38						
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше						
Гип	Шифр	Исполн	Провер	Дата	Лист	Листов
нач. отд.	Мезоров	А.И.	Организация цепей напряжения РУ 330-750кВ по схеме трансформаторных шин	РП	19	
нач. контр.	Хителов	В.И.				
нач. вст.	Томашов	А.И.				
рук. гр.	Мызлова	И.И.				
инженер	Евдокимова	Л.И.				
ст. тех.	Морозова	Л.И.				
Схема электрическая принципиальная				Горьковский филиал		

Альбом 1



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционное обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Щит управления	PA1	Миллиамперметр	Э-8021	0...100мА	1	
	R1	Резистор	С5-35В25	150Ω ± 10%	1	
	SB1	Кнопка	КЕ-011	ист. 2	1	
	SV1	Переключатель	ПКУЗ-12Ж1203		1	
	SV2	Переключатель	ПКУЗ-12Ж6001		1	

Примечания

- 1 Организация вторичных цепей напряжения выполнена для схемы моста линии W3... (W4...) - автотрансформатор Т2(Т1). Поясняющую схему см. лист 14
- 2 Резервирование питания нагрузки цепей напряжения линии W3... (W4...) производится от ТН той системы шин, к которой линия подключается через один выключатель, т.е. К1... (К2...).
- 3 Питание цепей напряжения автотрансформатора Т2(Т1) в рабочем режиме осуществляется от ТН системы шин, к которой они подключены через один выключатель, резервирование производится от ТН смежной линии W3... (W4...).
- 4 Прокладка отдельных кабелей предусматривается для счетчиков расчетного учета линий в соответствии с данными по определению сечений кабелей, см приложение 5, графики СМ5-2-19, 20.
- 5 В маркировку шин, линий, выключателей вместо "... " вводятся буквы, обозначающие уровень напряжения для РУ: 750кВ-В; 500кВ-С; 330кВ-Д.

407-03-48487-38

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше

Организация цепей напряжения РУ 330-750кВ по схеме Подпортовая

Схема электрическая принципиальная

ЭНЕРГО СЕТЬ ПРОЕКТ

...ровские, 1986г.

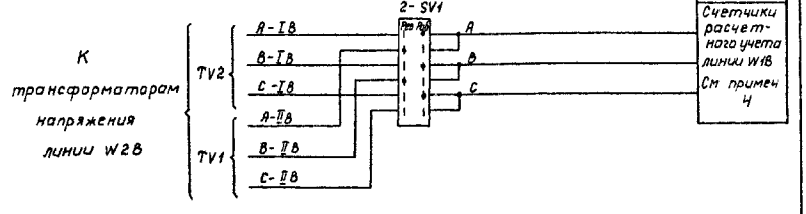
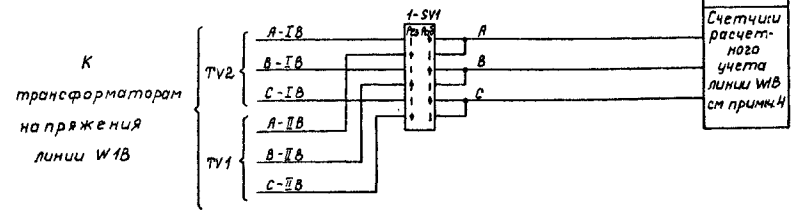
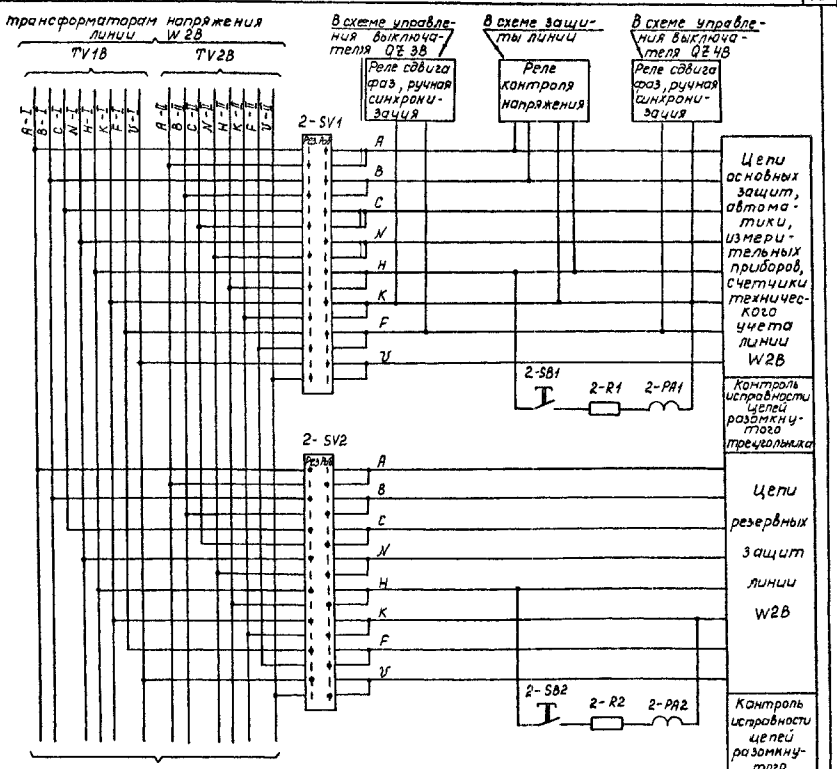
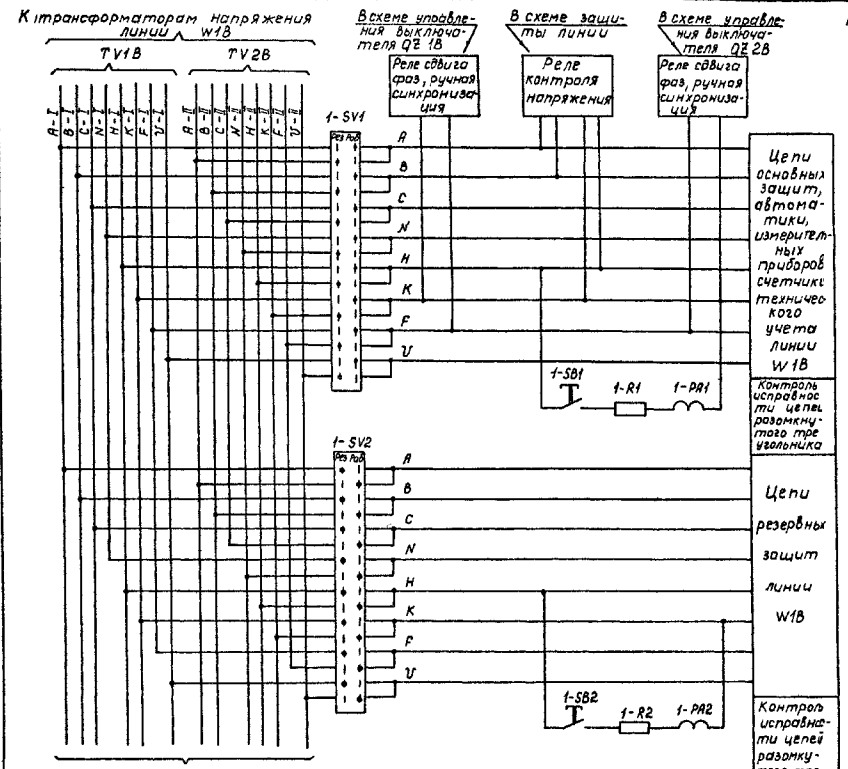
Гип	Шифр	Шифр
Начерт	Метролог	Инж
Начерт	Инженер	Инж
Начерт	Инженер	Инж
Инж	Инженер	Инж
Инж	Инженер	Инж

Ил. № 100/101. Подпись и дата. Взам. инв. №





А л о б о м 1



407-03-48487-3B	
Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
Гип	Шварцман
Начерт	Морозов
Н.контр	Хмельев
Нач.смет	Тумашов
Про.пр.	Миняев
Про.исп.	Евдокимов
Организация цепей напряжения 6-10кВ в системе Четырехугольник, трехугольник при комплектации ТН на линии.	Лист 22
Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Горьковский отделение 1988г

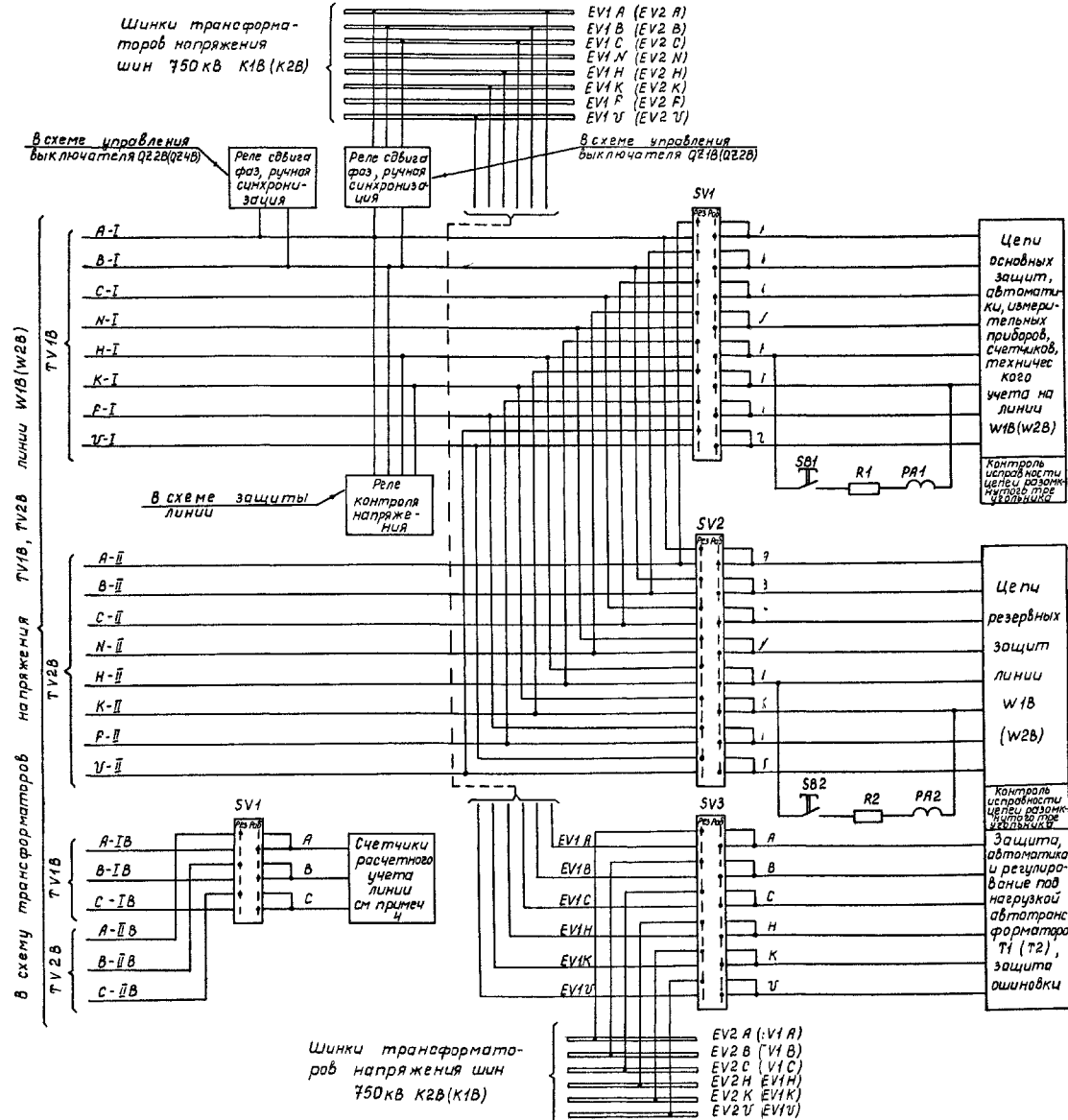
Альбом 1

Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционная обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч
Управление	PA1, PA2	Миллиамперметр	Э-8021	0 100мА	2	
	R1, R2	Резистор	С5-35825	1500м±10%	2	
	SB1, SB2	Кнопка	КЕ-ОН	исп 2	2	
Цит	SV1	Переключатель	ПКУ3-12Ж 1203		1	
	SV2	Переключатель	ПКУ3-12Ж 8012		1	
	SV3	Переключатель	ПКУ3-12Ж 6001		1	

Примечания

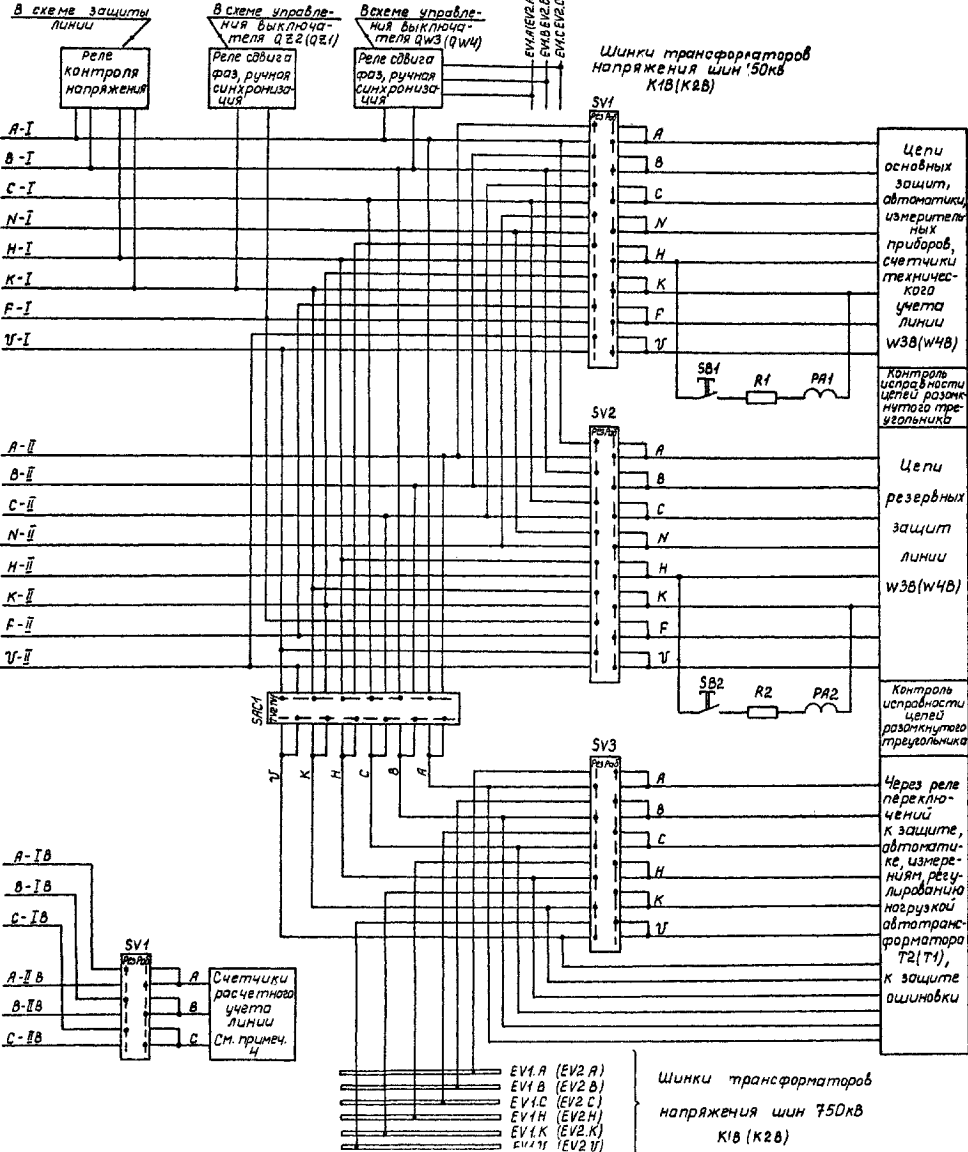
- 1 Организация вторичных цепей напряжения выполнена для РУ-750кВ по схеме "Трансформаторы-шины" при установке на линиях 750кВ двух комплектов конденсаторов связи
- 2 Резервирование питания нагрузки цепей напряжения линий осуществляется переключением цепей TV1В, TV2В данной линии на переключателях SV1,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



407-03-48487-38

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	
Организация цепей напряжения РУ 750кВ по схеме "Трансформаторы-шины" при наличии конденсаторов связи	Лист 23
Схема электрическая принципиальная	ИНЕРГОС ЕСТЬПРОЕКТ

Лист № 1 из 1 Листов



Перечень аппаратуры

Место установки	Позиционная обозначение по схеме	Наименование	Тип	Техническая характеристика	Кол	Примеч.
Шит управления	PA1, PA2	Миллиамперметр	Э-8021	0-100мА	2	
	R1, R2	Резистор	С5-35В25	150Ω ±10%	2	
	SB1, SB2	Кнопка	КЕ-011	исп 2	2	
	SV1	Переключатель	ПКУ3-12Ж 1203		1	
	SV2	Переключатель	ПКУ3-12Ж 8012		1	
	SV3, SAС1	Переключатель	ПКУ3-12Ж 6001		2	

Примечания.

1. Организация вторичных цепей напряжения выполнена для РУ 750кВ по схеме „Полуторная“ при установке на линиях 750кВ двух комплектов трансформаторов напряжения. Поясняющую схему РУ 750кВ см. лист 14.
2. Резервирование питания нагрузки цепей напряжения линии осуществляется переключателями SV1, SV2 данной линии.
3. Питание цепей напряжения автотрансформатора Т1(Т2) выполняется от ТН на шинах К1В(К2В) и резервируется от ТН (TV1, TV2 по выбору с помощью переключателя SAС1) смежной 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 СМ5-2-19,20.

407-03-48487-3В

Гип	Исполнитель	Место	Схема	Лист	Листов
Исполнитель	Миллер	Миллер	Схема вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и выше	24	24
Исполнитель	Миллер	Миллер	Организация цепей напряжения РУ 750кВ по схеме „Полуторная“ при двух комплектах ТН на линиях	РП	24
Исполнитель	Миллер	Миллер	Схема электрическая принципиальная	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ	Горьковский отделенный

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

Приложение I

Таблица СМ1-1

Тип трансформатора напряжения	Номинальное напряжение обмоток, В			Номинальная мощность ВА для классов точности				Пределная мощность ВА		Uк %			Эк
	ВН	НН (основная)	НН (дополнительная)	0,2	0,5	1	3	основной обмотки	дополнительной обмотки	ВН - НН основной обмотки	ВН - НН дополнительной обмотки	НН основной обмотки	
НДЕ - 750-72	750000/√3	100/√3	100		300	500	1000	1600		1,9 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>	0,15 <sup>1)</sup>	
НДЕ - 500-72	500000/√3	100/√3	100		300	500	1000	1600		1,9 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>	0,15 <sup>1)</sup>	
НКФ - 500-78	600000/√3	100/√3	100			500	1000	2000		4,448	6,4	0,3	
НКФ - 330-73	330000/√3	100/√3	100		400	600	1200	2000	1200	4,235	4,2	0,27	
НКФ - 220-58	220000/√3	100/√3	100		400	600	1200	2000	1200	4,113	5,15	0,54	
НКФ - 110-57	110000/√3	100/√3	100		400	600	1200	2000	1200	4,075	3,87	0,62	
ЗНОЛ - 35-55	35000/√3	100/√3	100/3		150	250	600	1200		6,100	11,2	10,4	
НОМ - 35-66	35000	100			150	250	600	1000		3,187			
НОМ - 10-66	10000	100			75	150	300	630		6,4			
НОМ - 6-77	6000	100			50	75	200	400		8,115			
ЗНОЛ - 06-10	10000/√3	100/√3	100/3 или 100	50	75	150	300	640	300	4,8	7,9	6,85	
ЗНОЛ - 09-10													
ЗНОЛ - 06-6	6000/√3	100/√3	100/3 или 100	30	50	75	200	400	200	3,55	5,6	4,85	
ЗНОЛ - 09-6													
НАМН - 10	10000	100	100	См таблицу СМ1-2				1000	100				0,6
НАМН - 10	8000	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			

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

Таблица технических данных для НАМН-10

Таблица СМ11-2

Тип трансформатора напряжения	Номинальное напряжение обмоток, В			Мощность на вводах обмоток, Вт			Допускаемая основная погрешность ΔU, %	Пределы допустимой погрешности ΔU, %	Максимальная суммарная погрешность ΣΔU, %	Номинальная мощность дополнительная вторичных обмоток
	ВН	НН (основная)	НН (дополнительная)	аВ	вС	сА				
НАМН-10	10000	100	1)	50	50	0		+ 0,15	+ 0,35	30 ВА
				50	50	15		± 0,15	± 0,35	
				75	75	0		0	± 0,2	
				100	100	0	± 0,2	- 0,15	- 0,35	
НАМН-10	6000			75	75	30		- 0,5	- 0,7	
				150	150	0		- 0,5	- 0,7	
				150	150	150		- 3	- 3,2	

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

407-03-48487-СМ1

Гип	Щегорина	И.И.	
Надсмотр	Матвеева	А.И.	
Инженер	Степанов	В.И.	
Надсмотр	Гуляшов	А.И.	
Инженер	Мухомов	В.И.	
Инженер	Мухомов	В.И.	

Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10кВ и другие технические характеристики трансформаторов напряжения

Страница 1 из 1  
ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ  
Горьковская область  
1988г

Алюмин.

Шифр по кат. Вольтаж и Вата Векторный

Потребление аппаратуры и устройств

Таблица СМ2-1

Продолжение Таблица СМ2-1

Продолжение Таблица СМ2-1

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

№ п/п	Наименование	Потребление обмотки напряжения ВЯ (при Uном)	Примечание
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	ПЗ-4	70	на фазу
		при срабатыва- нии 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
<u>Приборы учета и измерительные приборы</u>			
1	Счетчик активной, реактивной энергии Ф443 АР	15	на фазу
2	Счетчик активной энергии Ф443 А	10	на фазу
3	Счетчик активной, реактивной энергии СЯЗУ-Ц670М СР4У-Ц673М	6	на обмотку
4	Счетчик учета электроэнергии 336700-Д 336701-Д (кл Т2) 336702-Д	37	на обмотку

№ п/п	Наименование	Потребление обмотки напряжения ВЯ (при Uном)	Примечание
5	Счетчик учета электроэнергии 336700 } (кл Т2) 336701 } 336702 } (кл Т3)	3	на обмотку
6	Ваттметр показывающий с двухстаринной шкалой Д-365	10	на обмотку
7	Ваттметр регистрирующий Н-348	10	на обмотку
8	Ваттметр показывающий с двухстаринной шкалой Д-367	10	на обмотку
9	Вольтметр Э8021 Э8023	4 и 7	на обмотку
		7	
10	Вольтметр показывающий, с одностаринной шкалой Э-365	2,0	на обмотку
11	Вольтметр регистрирующий Н-344	10	на обмотку
12	Синхроскоп Э-327 ЛЦФП-В Измерительный преобразователь активной мощности	10	на обмотку
		3	
13	Частотомер показывающий Э-372	3	на обмотку
		7	
14	Частотомер регистрирующий	5	предел 45-55 Гц предел 49-51 Гц 48-52 Гц

Альбом 1

Шкафы, панели, шкафы защиты и автоматики

407-03-48487-СМ2

Ген. директор	И.И.И.			
Нач. отд. эксплуатации	И.И.И.	Схемы вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше	Лист	5
Инженер	И.И.И.	Потребление аппаратуры и устройств	Лист	5
Инженер	И.И.И.			

Иркутское отделение 1988г

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

Приложение 2

Таблица СМ2-2

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (λ)
	Σ нагрузки на фазу, ВА	Σ нагрузки на обмотку, ВА	
Счетчик активной энергии Ф443А	10 <sup>1)</sup>		
Счетчик активной энергии САЗУ-Ц670М		6 <sup>1)</sup>	
Счетчик ЗБ6700		37 <sup>1)</sup>	
Панель ПДЭ-2802	3		
Щкаф защиты ЩДЭ-2801	3		3
ЛУФП-В измерительный прибор активной мощности		1(аб, вс), 3(са)	3
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой З-365		2	
Ваттметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-365		10	
Варметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-367		10	
Частотомер показывающий З-372		3	
Реле напряжения РН-55		6,5	
БПНС-2 (при нагрузке ~190Вт)	160		

Продолжение Таблица СМ2-2

Расчет нагрузок на обмотках ТН	Основная обмотка ТН (λ)	Дополнительная обмотка ТН (λ)
<p>Пс на постоянном оперативном токе</p>	$S_{нр, \max} = \frac{S_{бс}}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{I_{сав}}{S_{бс}}\right)^2 + \frac{S_{ав}}{S_{бс}} + 1} + S_{фр}$ <p>при <math>S_{ав} &gt; S_{бс} &gt; S_{ав}</math></p> <p><math>S_{ав} = 2 \cdot 10 + 10 + 1 = 23,0 \text{ ВА}</math> ;  <math>S_{бс} = 6,5 + 1 + 3 + 10 = 20,5 \text{ ВА}</math> ;  <math>S_{фр} = 10^1 + 3 + 3 = 16 \text{ ВА}</math> ;</p>	$S_{нзю} = 6,0 \text{ ВА}$
<p>Пс на выпрямленном оперативном токе с БПНС-2</p>	<p><math>S_{ав} = 23,0 \text{ ВА}</math>, <math>S_{бс} = 20,5 \text{ ВА}</math></p> <p><math>S_{фр} = 16 + 16 \pi = 176 \text{ ВА}</math></p> <p><math>S_{нр, \max} = 21,68 + 176 = 197,68 \text{ ВА} \approx 200^2) \text{ ВА}</math></p>	
<p>Сопоставление суммарной нагрузки в режиме резервирования с мощностью ТН в классе точности Э</p> $\Sigma S_{н} = S_{нн} + \frac{S'_{нр} + S''_{нр}}{3}$ <p><math>S_{нн} = 2 S_{нзю} = 2 \cdot 6 = 12 \text{ ВА}</math>, <math>2 S_{фр} = 176 \cdot 2 = 352 \text{ ВА}</math> ;  <math>2 S_{ав} = 2 \cdot 23 = 46 \text{ ВА}</math>, <math>2 S_{бс} = 2 \cdot 20,5 = 41 \text{ ВА}</math> ;  <math>S'_{нр} = 2 S_{фр} + 2 S_{ав} = 352 + 46 = 398</math> ; <math>S''_{нр} = 2 S_{фр} + 2 S_{бс} = 352 + 41 = 393 \text{ ВА}</math></p> $\Sigma S_{н} = 12 + \frac{398 + 393}{3} = 275,667 \ll 1200 \text{ ВА}$		

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

Нагрузки вторичных цепей ТН ЗУ НКФ-110-220 на шинах 110-220 кВ

Приложение 2

Таблица СМ2-3

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (А)		Копирующая обмотка ТН (А)			Примечание
	Потребление на обмотках					
	Шины, т-р	Линия	Шины, т-р	Линия	ЗУ	
Шкаф защиты ЩДЗ 2801		3				Линия 6
Панели						
ДФЗ-201		10				Линия 3
ПЗ-2105А	62		5(вс)			
ПЗ-0301	2x2					
ШП-2701		4				Линия-2
ШП-2702		2				Линия-2
ШП-2703	12					Линия-2
АПАХ		45				
Реле напряжения						
РН-53/60Д				6,5(вс)		
РН-55					3	
ЛЦФП В						
Измерительный преобразователь активной мощности				1(ав,вс), 3(са)		
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой Э-366				2(ав)		
Вольтметр регистрирующий Н-344				10(са)		
Вольтметр показывающий с двусторонней шкалой Д-368				10(ав,вс)		Линия-6
Вольтметр показывающий с двусторонней шкалой Д-367				10(ав,вс)		Линия-6
Частотомер показывающий Э-372				3(вс)		
Счетчик активной и реактивной энергии СЛЗУ-У670М				6		Линия-6
СРЧУ-У673М				6		Ввод 110-220 кВ т-ра-1
Датчики активной и реактивной мощности				1(ав,вс) 10(са)		Линия 6x2 и ввод-тракт

Продолжение Таблица СМ2-3

Расчет нагрузок на обмотках ТН

$$S_{ав} = 2 \times 6 \times 10 + 6 \times 10 + 14 \times 11 + 36 \times 12 = 184 \text{ ВА},$$

$$S_{вс} = 5 \times 6,5 + 6 \times 10 + 6 \times 10 + 3 \times 44 \times 1 + 36 \times 12 = 196,5 \text{ ВА},$$

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

$$S_{фр} = 6 \times 3 + 3 \times 10 + 62 + 2 \times 44 + 2 \times 2 + 12 + 2 \times 45 + 4 = 228 \text{ ВА},$$

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

$$228 + \frac{184}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\left(\frac{196,5}{184}\right)^2 + \frac{196,5}{184} + 1} = 418,388 \text{ ВА} \approx 420 \text{ ВА}$$

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

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

$$2 S_{ав} = 368 \text{ ВА}, 2 S_{вс} = 393 \text{ ВА}, 2 S_{фр} = 456 \text{ ВА}, S_{нн} = 2 S_{з\text{у}} = 6 \text{ ВА},$$

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

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

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

Примечание

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

Альбом 1

Лист № 1 из 1, Подпись и дата

Нагрузки вторичных цепей ТН ЗННФ-330-500; ЗНДЕ-500-750 на линиях 330-750 кВ.

Таблица СТ2-4

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (λ) 3U <sub>0</sub> ; ВВ
	3 нагрузки на фазы, ВВ	3 нагрузки на обмотку, ВВ	
Счетчик активной энергии Ф443А	10 <sup>1)</sup>		
Счетчик активной энергии САЗУ-У67017		5 <sup>1)</sup>	
Панели			
ПДЭ-2001	6		
ПДЭ-2002			2
ПДЭ-2003	5		
ПДЭ-2004	2		
ШП-2703	2		
ШП-2704	6		
ПДЭ-0301	2		
АПАХ	45		
ИУФП В измерительный преобразователь активной мощности		1(ав, вс); 3(ас)	3
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой Э-365		2	
Вольтметр регистрирующий Н-344		10	
Ваттметр показывающий с двусторонней шкалой Д-365		10	
Варметр показывающий с двусторонней шкалой Ж-367		10	
Частотомер показывающий Э-372		3	
Реле напряжения РН-55		6,5	

Продолжение. Таблица СТ2-4

Расчет нагрузок на обмотку ТН	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (λ) 3U <sub>0</sub> ; ВВ
	$S_{нфав} = S_{нфв} = \frac{S_{bc}}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\left(\frac{S_{ab}}{S_{bc}}\right)^2 + \frac{S_{ab}}{S_{bc}} + 1} + 3\varphi ;$		$S_{нзв} = 5 \text{ ВВ}$
	$S_{ab} > S_{bc} > S_{ac} ; S_{ab} = 2 + 10 + 10 + 1 + 6,5 = 29,5 \text{ ВВ}$		
	$S_{bc} = 10 + 3 + 1 + 10 = 24 \text{ ВВ} , S_{ca} = 10 \text{ ВВ} ;$		
	$S_{\varphi} = 10^1) + 6 + 6 + 2 + 6 + 4 + 4,5 = 78 \text{ ВВ} ;$		
	$S_{нфв} = \frac{24}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\left(\frac{29,5}{24}\right)^2 + \frac{29,5}{24} + 1} + 78 = 27,775 + 78 = 105,775 \text{ ВВ}$ $\approx 105,8^2) \text{ ВВ}$		
<p>Сопоставление суммарной нагрузки в режиме резервирования с мощностью ТН в классе точности 3</p> $\Sigma S_{н} = S_{нн} + \frac{S'_{мф} + S''_{мф}}{3}$			
$S_{нзв} = 5 \text{ ВВ} ; S_{нн} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ ВВ} , 2S_{\varphi} = 2 \cdot 78 = 156 \text{ ВВ} ;$			
$2S_{ab} = 59 \text{ ВВ} ; 2S_{bc} = 48 \text{ ВВ} ;$			
$S'_{мф} = 2S_{нф} + 2S_{ab} = 156 + 59 = 215 \text{ ВВ} ;$			
$S''_{мф} = 2S_{нф} + 2S_{bc} = 156 + 48 = 204 \text{ ВВ} ;$			
$\Sigma S_{н} = 10 + \frac{215 + 204}{3} = 139,667 \ll 1000 \text{ ВВ}.$			

- 1) При расчете максимальной нагрузки на фазу учитывалась потребление счетчика типа Ф443А (10 ВВ).
- 2) В режиме резервирования (для схем РУ «Треугольник», «Четырехугольник») нагрузка на ТН увеличивается и равна 210 ВВ. 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.

Альбом 1

Объем работ: Измерения, расчеты, составление альбомов



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

Таблица СМ2-5

Наименование элементов нагрузки	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ) S <sub>нагрузки</sub> , ВА
	S <sub>нагрузки</sub> на фазу, ВА	S <sub>нагрузки</sub> на обмотку, ВА	
Счетчик активной энергии Ф443А	10		
Автоматическое управление шунтирующим реактором	8		
Шкаф защиты ШДЗ-2601	5		
Устройство фиксации тяжести КЗ по снижению Ц прямой последовательности (метиловое)	6		
Панели			
ШП-2703	12		
ШП-2704	6		
ПДЗ-0301	2		
Измеритель преобразовательный активной мощности ЛЦФП В		1(ав,вс), 3(ас)	3
Вольтметр показывающий с односторонней шкалой З-365		2	
Вольтметр регистрирующий Н-344		10	
Ваттметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-365		10	
Варметр показывающий с двухсторонней шкалой Д-367		10	
Частотомер показывающий Э-372		3	
Реле напряжения РН-55		6,5	
Нагрузка от ВЛ 330-750 кВ в режиме резервирования	78	29,5(ав), 24(вс)	

Продолжение Таблица СМ2-5

Расчет нагрузок на обмотках ТН	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ) S <sub>нагрузки</sub> 3U <sub>0</sub> , ВА
	$S_{ав} = 1 + 2 + 10 + 10 + 6,5 + 2 \cdot 9,5 = 59 \text{ ВА},$ $S_{вс} = 10 + 3 + 1 + 10 + 24 = 48 \text{ ВА},$ $S_{ас} = 10 + 8 + 5 + 4 + 2 + 12 + 6 + 7,8 = 127 \text{ ВА},$ $S_{нфтоав} = \frac{4,8}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\frac{59}{4,8} + \frac{59}{4,8} + 1 + 127} = 180,66 \text{ ВА} \approx 185 \text{ ВА},$		S <sub>3U<sub>0</sub></sub> = 38А
	Для НКФ-330 181 < 400 ТН работает в классе 0,5 Для НДЕ-500-750 185 < 300 ТН работает в классе 0,5		
Составление суммарной нагрузки в режиме резервирования с мощностью ТН в классе точности 3			
$\Sigma S_{нф} = S_{нф} + \frac{S'_{нф} + S''_{нф}}{3},$ $2S_{фр} = 254 \text{ ВА}, \quad 2S_{ав} = 2 \times 59 = 118 \text{ ВА}, \quad 2S_{вс} = 2 \times 48 = 96 \text{ ВА}$ $S'_{нф} = 25 \text{ нф} + 2S_{ав} = 254 + 118 = 372 \text{ ВА}, \quad S_{нф} = 2 \times S_{3U_0} = 2 \times 3 = 6 \text{ ВА},$ $S''_{нф} = 2S_{нф} + 2S_{вс} = 254 + 96 = 352 \text{ ВА};$ $\Sigma S_{нф} = 6 + \frac{372 + 352}{3} = 247,333 \approx 250 \text{ ВА}$			
Для НКФ-330, $\angle S_{нф} = 250 \ll 2000 \text{ ВА}$ Для НДЕ-500-750, $\angle S_{нф} = 250 \ll 1600 \text{ ВА}$			

Альбом 1

№ листа, Revision и Дата  
Конт. инж. М.В.

Выбор автоматов вторичных цепей ТН

Таблица СМЗ

Типы трансформаторов напряжения	Место присоединения	Автоматы в цепях основной обмотки ТН				Автоматы в цепях дополнительной обмотки ТН			
		Расчетная величина тока для выбора установки автомата А	Принятый $I_{н расч А}$	Узел учета по компьютерной программе т/п автомата А	Расчетное значение $Z \frac{U_k}{U_{нТН}} / I_{нТН}$	Расчетная величина максимального тока $I_{кз А}$	Принятый $I_{н расч А}$	Узел учета по компьютерной программе способности автомата А	
НДЕ 750	на шинах	$I_{расч} = K_n \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$ $\frac{15 \cdot 300}{100 \sqrt{3}} = 7,8$	10						
	на линии	$I_{расч} = \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$ $\frac{300}{100 \sqrt{3}} = 5,2$	6,4		U-F		$\sqrt{3} \cdot 87^{(1)} = 150$	63 <sup>(2)</sup> 25 <sup>(2)</sup>	800 400
	в цепях питания счетчиков	$I_{расч} = I_{кз}^{(3)}$ на выводе ТН	2,5	400					
НДЕ 500	на шинах	$I_{расч} = K_n \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$ $\frac{15 \cdot 500}{100 \sqrt{3}} = 13$	16						
	на линии	$I_{расч} = \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$ $\frac{500}{100 \sqrt{3}} = 8,63$	10		U-F		$\sqrt{3} \cdot 87^{(1)} = 150$	63 <sup>(2)</sup> 25 <sup>(2)</sup>	800 400
	в цепях питания счетчиков	$I_{расч} = \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$ $168^{(1)}$	2,5	400					
НКФ-500	на линии	$I_{расч} = K_n \frac{I_{2 емк}}{3,5}$ $\frac{13 \cdot 60}{3,5} = 22,3$	25		U-F	$\frac{54 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,32$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$ $\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,32} = 540$	63 <sup>(2)</sup> 40 <sup>(2)</sup>	800 600
	в цепях питания счетчиков	$I_{кз}^{(3)} = \frac{100 \cdot S_{пред}}{U_k \% \cdot U_{нТН}}$ $\frac{100 \cdot 2000}{6,4 \cdot 100 \sqrt{3}} = 541$	6,4	800					
НКФ 330	на шинах	$I_{расч} = K_n \frac{I_{2 емк}}{3,5}$ $\frac{13 \cdot 60}{3,5} = 22,3$	25		U-F	$\frac{42 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,21$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$ $\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,21} = 820$	10	2000
	в цепях питания счетчиков	$I_{кз}^{(3)} = \frac{100 \cdot S_{пред}}{U_k \% \cdot U_{нТН}}$ $\frac{100 \cdot 2000}{1,2 \cdot 100 \sqrt{3}} = 195$	6,4	800					
НКФ 220	на шинах	$I_{расч} = K_n \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$ $\frac{2 \cdot 600}{100 \sqrt{3}} = 20,8$	25		U-F	$\frac{5,15 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,25$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$ $\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,257} = 675$	63	800
	в цепях питания счетчиков	$I_{кз}^{(3)} = \frac{100 \cdot S_{пред}}{U_k \% \cdot U_{нТН}}$ $\frac{100 \cdot 2000}{5,15 \cdot 100 \sqrt{3}} = 6,4$	6,4	800					
НКФ 110	на шинах	$I_{расч} = K_n \frac{S_{ТН}}{U_{нТН}}$ $\frac{2 \cdot 600}{100 \sqrt{3}} = 20,8$	25		U-F	$\frac{3,87 \cdot 100^2}{100 \cdot 2000} = 0,193$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нТН}}{Z_{ТН}}$ $\frac{\sqrt{3} \cdot 100}{0,193} = 897$	10	2000
	в цепях питания счетчиков	$I_{кз}^{(3)} = \frac{100 \cdot S_{пред}}{U_k \% \cdot U_{нТН}}$ $\frac{100 \cdot 2000}{3,87 \cdot 100 \sqrt{3}} = 6,4$	6,4	800					

Альбом 1

Сл. в. м. лав. Подпись и дата В. И. К. М. П.

407-03-48487-СМЗ

Тип	ИД	№	№	№	№	№	№	№	№
Наименование	Уч. л. к. б.	В. И.	И. П.	Счетчик вторичных цепей	таблица	№	№	№	№
Наименование	Уч. л. к. б.	В. И.	И. П.	трансформаторов напряже-	№	№	№	№	№
Наименование	Уч. л. к. б.	В. И.	И. П.	ния 6-10 кВ и выше	№	№	№	№	№
Наименование	Уч. л. к. б.	В. И.	И. П.	выбора установки автоматов	№	№	№	№	№
Наименование	Уч. л. к. б.	В. И.	И. П.	в вторичных цепях ТН	№	№	№	№	№

ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ  
1998г

## Выбор автоматов вторичных цепей ТН

Приложение 3

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 $I_n$ расч., А	Допустимый по коммутиционной способности автомата, А	Автомат включен в проваде	Расчетное выражение $Z_{ТН} = \frac{U_k \% \cdot U_{нн}}{100 \cdot S_{пред}}$	Расчетная величина максимального тока КЗ, А	Принятый $I_n$ расч., А	Допустимый по коммутиционной способности автомата,	
ЗНОМ-35	на шинах	$I_{расч.} = K_n \cdot \frac{S_{ТН}}{U_{нн}}$ $\frac{2 \cdot 250}{100 \sqrt{3}} = 8,66$	10		Цель 3U <sub>0</sub>	$\frac{11,2 \cdot (100/3)^2}{100 \cdot 1200} = 0,03$	$I_{кз} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{нн}}{Z_{ТН}}$ $\frac{\sqrt{3} \cdot 100/3}{0,103} = 560$	4 <sup>3)</sup>	600	
	на вводе ЯТ	$I_{расч.} = \frac{100}{U_k \%} \cdot \frac{S_{пред}}{U_{нн}}$ $\frac{100}{5} \cdot \frac{1200}{100 \sqrt{3}} = 346$	2,5	400	Цель 3U <sub>0</sub>		$I_{кз} = \frac{U_{нн}}{Z_{ТН}}$ $\frac{100/3}{0,103} = 326$	Тепловой 10 <sup>4)</sup> Электромагнитный 6,5 <sup>5)</sup>	400	
НОМ-35	на линии	$I_{расч.} = \frac{100}{U_k \%} \cdot \frac{S_{пред}}{U_{нн}}$ $\frac{100}{3,87} \cdot \frac{1200}{100} = 318$	2,5	400						
ЗНОЛ-10	на шинах	$I_{расч.} = \sqrt{3} \cdot \frac{100}{U_k \%} \cdot \frac{S_{пред}}{U_{нн}}$ $\sqrt{3} \cdot \frac{100}{4,8} \cdot \frac{640}{100 \sqrt{3}} = 400$	2,5	400						
ЗНОЛ-10 (НОЛ-10)	на вводе ЯТ (Т)	$I_{расч.} = \frac{100}{U_k \%} \cdot \frac{S_{пред}}{U_{нн}}$ $\frac{100}{4,8} \cdot \frac{640}{100 \sqrt{3}} = 230$	2,5	400	Цель 3U <sub>0</sub>	$\frac{7,5 \cdot (100/3)^2}{100 \cdot 640} = 0,137$	$I_{кз} = \frac{U_{нн}}{Z_{ТН}}$ $\frac{100/3}{0,137} = 245$	2,5	400	
ЗНОЛ-6	на шинах	$I_{расч.} = \sqrt{3} \cdot \frac{100}{U_k \%} \cdot \frac{S_{пред}}{U_{нн}}$ $\sqrt{3} \cdot \frac{100}{3,55} \cdot \frac{400}{100 \sqrt{3}} = 388$	2,5	400						
ЗНОЛ-6 (НОЛ-6)	на вводе ЯТ (Т)	$I_{расч.} = \frac{100}{U_k \%} \cdot \frac{S_{пред}}{U_{нн}}$ $\frac{100}{3,55} \cdot \frac{400}{100 \sqrt{3}} = 195$	2,5	400	Цель 3U <sub>0</sub>	$\frac{5,68 \cdot (100/3)^2}{100 \cdot 400} = 0,155$	$I_{кз} = \frac{U_{нн}}{Z_{ТН}}$ $\frac{100/3}{0,155} = 215$	2,5	400	
НАМИ-10	на шинах									
	на вводе ЯТ (Т)		2,5	400	Цель 3U <sub>0</sub>		10 <sup>4)</sup>	1,5	300	

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

- Данные, полученные опытным путем.
- 6,4 А - уставка автомата в шкафу ТН при наличии в цепи последовательно второго автомата с уставкой 2,5 А, 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 2,5 А чувствителен к КЗ в конце цепи.
- Автомат в проваде U для ТН типа ЗНОМ-35 может иметь только электромагнитный расцепитель, так как провад U, как правило, имеет небольшую длину.
- Автомат в цепи 3U<sub>0</sub> для ТН типа ЗНОМ-35, подключенного к шинам, должен быть только с тепловым расцепителем, а при подключении на ввод автотрансформатора - только с электромагнитным.
- Данные завода-изготовителя (ЦАЯК, БТИ. 241. 008. ТУ).

Условные обозначения.

$S_{ТН}$  - номинальная мощность ТН;

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

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

$K_n$  - коэффициент надежности работы автомата;

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

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

$I_n$  расч. - номинальный ток расцепителя;

КЗ - короткое замыкание.

407-03-484.87-СМ3

Лист  
2

23388-01

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

Таблица СМ4-1

Тип кабелей и проводов	Учет падения напряжения	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)	
		Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели учета			
		по падению напряжения	по надежности работы автомата при 2-фазном КЗ	по падению напряжения	по надежности работы автомата при 2-фазном КЗ
П.С. на постоянном операционном токе	Расчетный	$\tau_{пр} = \frac{\Delta U_{нн}}{3 S_{нагр}}$ , Ом	$\tau_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{нн}^2}{6 I_{расц}^2}} \cdot \frac{1}{\lambda}$	$\tau_{пр} = \frac{\Delta U_{нн}}{2 S_{нагр}}$ , Ом	$\tau_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{нн}^2}{6 I_{расц}^2}} \cdot \frac{1}{\lambda}$
		$\Sigma S_{нагр} = 80 \text{ ВА}$	0,324 <sup>1)</sup>	0,765 <sup>1)</sup>	$\Sigma S_{нагр} = 15 \text{ ВА}$
$\Delta U = 0,25$	Класс точности 3	$\Delta U = 2\%$			
П.С. на переменном токе			Расчетный	$\tau_{пр} = \frac{0,25 \cdot 100}{3 \cdot 80} = 0,104$	Принимается 0,324 <sup>1)</sup>
	$\tau_{пр} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 80} = 0,208$				
П.С. на переменном токе	Расчетный	$\tau_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 80} = 0,625$	0,324	0,765	= 6,667
		$\Delta U = 1,5$			
		$\Sigma S_{нагр} = 400 \text{ ВА}$			
Технический	Технический	$S_{сч} = 20 \text{ ВА}$	0,324	0,765	
		$\tau_{пр} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 20} = 0,833$			
Технический	Технический	$S_{рзл, изм} = 380 \text{ ВА}$	0,324	0,765	
		$\tau_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 380} = 0,13$			
Технический	Технический	$\tau_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 400} = 0,125$	0,324	0,765	
		$\Delta U = 1,5$			

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

Приложение 4

Таблица СМ4-2

Тип кабелей и проводов	Учет падения напряжения	Основная обмотка ТН (λ)		Дополнительная обмотка ТН (Δ)		
		Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели учета				
		по падению напряжения	по надежности работы автомата при 2-фазном КЗ	по падению напряжения	по надежности работы автомата при 2-фазном КЗ	
Расчетный	Расчетный	$\tau_{пр} = \frac{\Delta U_{нн}}{3 S_{нагр}}$ , Ом	$\tau_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{нн}^2}{6 I_{расц}^2}} \cdot \frac{1}{\lambda}$	$\tau_{пр} = \frac{\Delta U_{нн}}{2 S_{нагр}}$ , Ом	$\tau_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{нн}^2}{6 I_{расц}^2}} \cdot \frac{1}{\lambda}$	
		$S_{сч} = 54 \text{ ВА}$	0,324 <sup>1)</sup>	0,765 <sup>1)</sup>	$\Sigma S_{нагр} = 38 \text{ ВА}$	
Технический	Технический	$\tau_{пр} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 54} = 0,309$			Класс точности 3	$\Delta U = 2\%$
		$\tau_{пр} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 54} = 0,326$				
Технический	Технический	$S_{сч} = 54 \text{ ВА}$	0,324 <sup>1)</sup>	0,765 <sup>1)</sup>		
		$\tau_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 54} = 0,926$				
Технический	Технический	$\Sigma S_{рзл, изм} = 548 \text{ ВА}$	0,324 <sup>1)</sup>	0,765 <sup>1)</sup>		
		$\tau_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 548} = 0,092$				

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

Условные обозначения

- ΔU - падение напряжения в кабеле,
- U<sub>нн</sub> - номинальное напряжение ТН,
- I<sub>расц</sub> - номинальный ток расцепителя автомата,
- X<sub>ТН</sub> - индуктивное сопротивление ТН,
- ΣS<sub>нагр</sub> - суммарная нагрузка,
- S<sub>сч</sub> - потребление устройств учета,
- S<sub>рзл, изм</sub> - потребление устройств защиты, автоматики и измерений

Альбом 1

Лист 1 из 1

407-03-484 87 - СМ4

ГПП	Ширшина	Ильин	Сети вторичных цепей трансформаторов напряжения 6-10 кВ и выше	Стр. 1	Лист 2
Исполн.	Рябенко	Ильин	Допустимые сопротивления проводов кабелей	1	2
Провер.	Козырева	Ильин			
Утвержд.	Борисов	Ильин			
Экз. инж.	Мастова	Ильин			

ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ  
Оригинальное удостоверение 1988г.

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

Таблица СМ4-3

Вид учета на линии	Основная обмотка ТН (Λ)			Дополнительная обмотка ТН (Δ)		
	Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели ввода на щите ОМ					
	по падению напряжения	по надежности работы автомата при		по падению напряжения	по надежности работы автомата	
Технический	$Z_{пр} = \frac{\Delta U_{нТН}}{3 S_{нагр}}$	2-х фазном КЗ	1-фазном КЗ	$Z_{пр} = \frac{\Delta U_{\Delta}}{2 S_{нагр}}$	$Z_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{нТН}^2}{(I_{расц})^2} - (\chi_{ТН})^2}$	
		$Z_{пр} = \frac{\sqrt{3} U_{нТН}}{I_{расц} \sqrt{2}} \sqrt{\chi_{ТН}^2}$	$Z_{пр} = \frac{U_{нТН}}{I_{расц} \sqrt{2}} \sqrt{\chi_{ТН}^2}$			
Расчетный	$\Delta U = 0,5$	НКФ-330-550	НАЕ-500-750	НКФ-330-550	НАЕ-500-750	НАЕ-500-750
		$Z_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{нТН}^2}{(I_{расц})^2} - (\chi_{ТН})^2}$			$Z_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{нТН}^2}{(I_{расц})^2} - (\chi_{ТН})^2}$	
<p>Для провода от панели ввода до панели РЗВ, УЗМ</p>						
Расчетный	$\Delta U = 0,5$	$S_{защ} = 208 \text{ ВА}$			$S_{нагр} = 58 \text{ ВА}$	
		$Z_{пр} = \frac{0,25 \cdot 100}{3 \cdot 20} = 0,416$			$Z_{пр} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 5} = 20$	
Расчетный	$\Delta U = 0,5$	$Z_{пр} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 20} = 0,833$			$Z_{пр} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 5} = 20$	
		$Z_{пр} = \frac{0,5 \cdot 100}{3 \cdot 20} = 0,833$			$Z_{пр} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 5} = 20$	

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

Условные обозначения

- $\Delta U$  - падение напряжения в кабеле,
- $U_{нТН}$  - номинальное напряжение ТН,
- $I_{расц}$  - номинальный ток расцепителя автомата,
- $\chi_{ТН}$  - индуктивное сопротивление ТН,
- $Z_{ТН}$  - полное сопротивление ТН,
- $\Sigma S_{нагр}$  - суммарная нагрузка,
- $S_{сч}$  - потребление устройств учета,
- $S_{защ}$  - потребление устройств защиты, автоматизации и измеренчу

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

Таблица СМ4-4

Вид учета на линии	Основная обмотка ТН (Λ)			Дополнительная обмотка ТН (Δ)		
	Допустимое сопротивление провода кабеля от ТН до панели ввода на щите ОМ					
	по падению напряжения	по надежности работы автомата при		по падению напряжения	по надежности работы автомата	
Технический	$Z_{пр} = \frac{\Delta U_{нТН}}{3 S_{нагр}}$	2-х фазном КЗ	1-фазном КЗ	$Z_{пр} = \frac{\Delta U_{\Delta}}{2 S_{нагр}}$	$Z_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{нТН}^2}{(I_{расц})^2} - (\chi_{ТН})^2}$	
		$Z_{пр} = \frac{\sqrt{3} U_{нТН}}{I_{расц} \sqrt{2}} \sqrt{\chi_{ТН}^2}$	$Z_{пр} = \frac{U_{нТН}}{I_{расц} \sqrt{2}} \sqrt{\chi_{ТН}^2}$			
Расчетный	$\Delta U = 1,5$	НКФ-330	НАЕ-500	НАЕ-750	НКФ-330	НАЕ-500
		$Z_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{нТН}^2}{(I_{расц})^2} - (\chi_{ТН})^2}$			$Z_{пр} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_{нТН}^2}{(I_{расц})^2} - (\chi_{ТН})^2}$	
Расчетный	$\Delta U = 1,5$	$S_{защ} = 2608 \text{ ВА}$			$S_{нагр} = 38 \text{ ВА}$	
		$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 260} = 0,192$			$Z_{пр} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 3} = 33,3$	
Расчетный	$\Delta U = 1,5$	$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 260} = 0,192$			$Z_{пр} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 3} = 33,3$	
		$Z_{пр} = \frac{1,5 \cdot 100}{3 \cdot 260} = 0,192$			$Z_{пр} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 3} = 33,3$	

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

Листов 1

Шифр № табл. Подпись и дата



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

Приложение 5

Таблица СМ5-1-2

		Основная обмотка					
		Кабели от ТН до щита			Кабели по щиту		
Виды учета на линии	Сечение кабеля	Расчетное сечение провода (алюминий)	Принятое сечение мм <sup>2</sup>	Сопротивление провода по принятому сечению	Сопротивление провода нулевого провода	Z <sub>пр.1+</sub> Z <sub>пр.2</sub>	
		$q_1 = \frac{e_1}{\gamma \cdot Z_{пр.1}}$		$Z_{пр.1} = \frac{e_1}{\gamma \cdot q_1} \cdot 0,01$	$Z_N = \frac{e_2}{\gamma \cdot q_2} \cdot 0,01$		
Расчетный	ΔU = 0,5 %	S <sup>1)</sup> сч = 54 ВВ			Z <sup>2)</sup> пр доп ΔU = 0,309 Ом		
		105	34,5 0,309 = 3849	3 × 10 × 1 × 6			
		110	165	34,5 0,309 = 15478	3 × 16 × 1 × 10		
		170	265	34,5 0,309 = 24858	3 × 25 × 1 × 16		
Технический	ΔU = 1,5 %	S <sup>1)</sup> сч = 54 ВВ			Z <sup>2)</sup> пр доп ΔU = 0,926 Ом		
		125	125	34,5 0,926 = 3913	4	125	34,5 4 = 0,906
		130	155	34,5 0,926 = 4852	2 × 2,5	155	34,5 5 = 0,899
		160	225	34,5 0,926 = 7982	2 × 4	225	34,5 8 = 0,924
Технический	ΔU = 1,5 %	Σ S <sup>1)</sup> нагр = 546 ВВ ; Z <sup>2)</sup> пр доп ΔU = 0,092 Ом					
		80	100	34,5 0,092 = 31511	3 × 35 × 1 × 16	100	34,5 35 = 0,083
		100	150	34,5 0,092 = 47262	3 × 50 × 1 × 25	150	34,5 50 = 0,087
		115	220	34,5 0,092 = 69313	3 × 70 × 1 × 25	220	34,5 70 = 0,091
Технический	ΔU = 1,5 %	Σ S <sup>1)</sup> нагр = 546 ВВ ; Z <sup>2)</sup> пр доп ΔU = 0,092 Ом					
		80	100	34,5 0,092 = 31511	3 × 35 × 1 × 16	100	34,5 35 = 0,083
		100	150	34,5 0,092 = 47262	3 × 50 × 1 × 25	150	34,5 50 = 0,087
		115	220	34,5 0,092 = 69313	3 × 70 × 1 × 25	220	34,5 70 = 0,091

Таблица СМ5-1-3

Тип ТН и место установки	Дополнительная обмотка				Расчетное сечение провода $q_1 = \frac{e_1}{\gamma \cdot Z_{пр.1}}$ мм <sup>2</sup>
	Провод кабеля	Напряжение кабеля	Длина кабеля, м	Z <sup>2)</sup> пр доп, Ом	
НКФ-110 на шинах и линиях	Медь	От ТН до панели реле-повторителей	200	20	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 0,81} = 4,33$
			200	126	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 1,26} = 2,78$
НКФ-110 на шинах и линиях	Алюминий	От ТН до панели реле-повторителей	200	20	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 0,81} = 7,16$
			200	126	$q_1 = \frac{200}{57 \cdot 1,26} = 4,6$

- 1) Определение нагрузки см приложение 2 (см 2-3).
- 2) Значения допустимых сопротивлений см приложение 4 (см 4-2)
- 3) Графики  $q_1 = f(e_1)$  и  $q_2 = f(e_2)$  см приложение 5 (см 5-2-15-18)

Условные обозначения

- ΔU — падение напряжения в кабеле;
- Z<sub>пр доп</sub> ΔU — допустимое сопротивление провода по падению напряжения;
- Z<sub>пр доп</sub> АВ — допустимое сопротивление провода по надежности действия автомата;
- Σ S<sub>нагр</sub> — суммарная нагрузка;
- S<sub>зщ</sub> — потребление устройств защиты и автоматики;
- S<sub>изм</sub> — потребление устройств измерения;
- S<sub>сч</sub> — потребление устройств учета

Альбом 1

Лист 2 из 2

Определение сечений проводов кабелей основной обмотки ТН ЗННФ-330-100, ЗННДЕ-500-750 на линиях 330-750кВ

Приложение 5

Таблица СМ5-1-4

		Основная обмотка							
Виды учета на линиях	Исходные данные	Кабели от ТН до щита		Кабели по щиту		Напряжение кабеля	Расчетное сечение провода (медь)		
		Расчетное сечение провода (алюминий) $q_1 = \frac{I_{пр} \cdot \ell_1}{\rho \cdot \tau_{пр доп}}$	Принятое сечение, мм <sup>2</sup>	Сопротивление провода на принятом сечении $\tau_{пр} = \frac{\ell_1}{\rho \cdot q_1}$ , Ом	Сопротивление нулевого провода $\tau_{н} = \frac{\ell_1}{\rho \cdot q_{1н}}$ , Ом			$\tau_{пр} + \tau_{н}$	Расчетное сопротивление провода $\tau = \frac{\Delta U \cdot \Sigma S_{нагр} \cdot \tau_{пр} / 100}{I_{пр} \cdot S_{щит}}$
Расчетный	$\Delta U = 0,25\%$	$S_{сч} = 208A, \tau_{пр доп} \Delta U = 0,416 \text{ Ом}, \text{ отдельный кабель для расчетного учета}$							
		110	$\frac{110}{34,5 \cdot 0,416} = 7,654$	2x4					
		115-140	$\frac{140}{34,5 \cdot 0,416} = 9,755$	3x10+1x6					
		146-225	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,416} = 15,677$	3x16+1x10					
		230-350	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,416} = 24,387$	3x25+1x16					
		$S_{сч} = 208A, \tau_{пр доп} \Delta U = 0,833 \text{ Ом}; \text{ отдельный кабель для расчетного учета}$							
		110	$\frac{110}{34,5 \cdot 0,833} = 3,928$	4					
		115-140	$\frac{140}{34,5 \cdot 0,833} = 4,87$	2x2,5					
		140-225	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,833} = 7,829$	2x4					
		230-285	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,833} = 9,917$	3x10+1x6					
Технический	$\Delta U = 1,5\%$	$\Sigma S_{нагр} = 1908A, \tau_{пр доп} \Delta U = 0,263 \text{ Ом}$							
		145	$\frac{145}{34,5 \cdot 0,263} = 15,981$	3x16+1x10	$\frac{145}{34,5 \cdot 16} = 0,263$	$\frac{145}{34,5 \cdot 10} = 0,42$	$\frac{0,263 + 0,42}{0,765^2}$	$\frac{3 \cdot 3 \cdot 210 \cdot 0,263 / 100}{3 \cdot 140} = 0,319$	$\frac{45}{57 \cdot 0,319} = 2,475$
		150-225	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,263} = 24,797$	3x25+1x16	$\frac{225}{34,5 \cdot 16} = 0,267$	$\frac{225}{34,5 \cdot 10} = 0,408$	$\frac{0,267 + 0,408}{0,765^2}$	$\frac{1,5 \cdot 15 \cdot 210 \cdot 0,263 / 100}{3 \cdot 50} = 0,448$	$\frac{60}{57 \cdot 0,448} = 2,349$
		230-290	$\frac{290}{34,5 \cdot 0,263} = 31,961$	3x35+1x16	$\frac{290}{34,5 \cdot 25} = 0,24$	$\frac{290}{34,5 \cdot 16} = 0,525$	$\frac{0,24 + 0,525}{0,765^2}$	$\frac{3 \cdot 3 \cdot 210 \cdot 0,263 / 100}{3 \cdot 140} = 0,319$	$\frac{50}{57 \cdot 0,319} = 2,475$
		$\Sigma S_{нагр} = 2108A, \tau_{пр доп} \Delta U = 0,238 \text{ Ом}$							
		130	$\frac{130}{34,5 \cdot 0,238} = 15,832$	3x16+1x10	$\frac{130}{34,5 \cdot 16} = 0,236$	$\frac{130}{34,5 \cdot 10} = 0,377$	$\frac{0,236 + 0,377}{0,765^2}$	$\frac{3 \cdot 3 \cdot 210 \cdot 0,238 / 100}{3 \cdot 140} = 0,357$	$\frac{50}{57 \cdot 0,357} = 2,457$
		135-205	$\frac{205}{34,5 \cdot 0,238} = 24,967$	3x25+1x16	$\frac{205}{34,5 \cdot 16} = 0,238$	$\frac{205}{34,5 \cdot 10} = 0,371$	$\frac{0,238 + 0,371}{0,765^2}$	$\frac{1,5 \cdot 15 \cdot 210 \cdot 0,238 / 100}{3 \cdot 50} = 0,5$	$\frac{70}{57 \cdot 0,5} = 2,456$
		210-285	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,238} = 34,109$	3x35+1x16	$\frac{285}{34,5 \cdot 25} = 0,236$	$\frac{285}{34,5 \cdot 16} = 0,516$	$\frac{0,236 + 0,516}{0,765^2}$	$\frac{1,5 \cdot 15 \cdot 210 \cdot 0,238 / 100}{3 \cdot 20} = 0,416$	$\frac{55}{57 \cdot 0,416} = 2,319$

- 1) Определение нагрузки см. приложение 2 (СМ2-4)
- 2) Значения допустимых сопротивлений см. приложение 4 (СМ4-3)
- 3) Графики  $q_1 = f(\ell_1)$  и  $q_2 = f(\ell_2)$  см. приложение 5 (СМ5-2-19±21, 24)

Условные обозначения:

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

Алюмин

См. в "наст. таблице и в форме СМ5-1-4"



Определение сечений проводов кабелей ТН ЭХНФ-330, ЭХНДЕ-100-750 на шинах 330-750кВ

Приложение 5

Таблица СМ5-15

Таблица СМ5-16

		Основная обмотка				Кабели по щитам				
Виды учета на линиях	Кабели от ТН до щита	Расчетное сечение провода (атомный)	Принятое сечение мм <sup>2</sup>	Сопротивление провода по принятому сечению	Сопротивление нулевого провода	Σ пр 1 + 2 (Ω)	Расчетное сечение провода	Длина кабеля L <sub>к</sub> (км, м)	Расчетное сечение провода (медь)	
										$\frac{L}{\rho}$ пр до щита
Расчетный	от ТН до панели светящихся	S <sub>сч</sub> = 408 А; Z <sub>пр доп</sub> ΔU = 0,208 Ом; отдельный кабель для расчетного учета								
		110	$\frac{110}{34,5 \cdot 0,208} = 15,329$	3x16 + 1x10						
		175	$\frac{175}{34,5 \cdot 0,208} = 24,386$	3x25 + 1x16						
		180	$\frac{245}{34,5 \cdot 0,208} = 34,44$	3x35 + 1x16						
		250	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,208} = 48,774$	3x50 + 1x25						
		350	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,208}$							
		S <sub>сч</sub> = 408 А; Z <sub>пр доп</sub> ΔU = 0,416 Ом; отдельный кабель для расчетного учета								
		140	$\frac{140}{34,5 \cdot 0,416} = 9,754$	3x10 + 1x6						
		145	$\frac{225}{34,5 \cdot 0,416} = 15,677$	3x16 + 1x10						
		350	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,416} = 24,387$	3x25 + 1x16						
Технический	от ТН до панели ввода	Σ S <sub>нагр</sub> = 2608 А; Z <sub>пр доп</sub> ΔU = 0,192 Ом								
		105	$\frac{105}{34,5 \cdot 0,192} = 15,819$	3x16 + 1x10	$\frac{105}{34,5 \cdot 16} = 0,190$	$\frac{105}{34,5 \cdot 10} = 0,304$	$\frac{0,19 + 0,304}{0,765^2}$			
		165	$\frac{165}{34,5 \cdot 0,192} = 24,911$	3x25 + 1x16	$\frac{165}{34,5 \cdot 25} = 0,191$	$\frac{165}{34,5 \cdot 16} = 0,299$	$\frac{0,191 + 0,299}{0,765^2}$			
		170	$\frac{230}{34,5 \cdot 0,192} = 34,722$	3x35 + 1x16	$\frac{230}{34,5 \cdot 35} = 0,19$	$\frac{230}{34,5 \cdot 16} = 0,417$	$\frac{0,19 + 0,417}{0,765^2}$			
		235	$\frac{330}{34,5 \cdot 0,192} = 49,819$	3x50 + 1x25	$\frac{330}{34,5 \cdot 50} = 0,191$	$\frac{330}{34,5 \cdot 25} = 0,389$	$\frac{0,191 + 0,389}{0,765^2}$			
		330								
		Σ S <sub>нагр</sub> = 3008 А; Z <sub>пр доп</sub> ΔU = 0,167 Ом								
		95	$\frac{140}{34,5 \cdot 0,167} = 24,299$	3x25 + 1x16	$\frac{140}{34,5 \cdot 25} = 0,162$	$\frac{140}{34,5 \cdot 16} = 0,254$	$\frac{0,162 + 0,254}{0,765^2}$			
		145	$\frac{200}{34,5 \cdot 0,167} = 34,713$	3x35 + 1x16	$\frac{200}{34,5 \cdot 35} = 0,165$	$\frac{200}{34,5 \cdot 16} = 0,382$	$\frac{0,165 + 0,382}{0,765^2}$			
		205	$\frac{285}{34,5 \cdot 0,167} = 49,458$	3x50 + 1x25	$\frac{285}{34,5 \cdot 50} = 0,165$	$\frac{285}{34,5 \cdot 25} = 0,330$	$\frac{0,165 + 0,330}{0,765^2}$			
290	$\frac{350}{34,5 \cdot 0,167} = 69,748$	3x70 + 1x35	$\frac{350}{34,5 \cdot 70} = 0,145$	$\frac{350}{34,5 \cdot 35} = 0,289$	$\frac{0,145 + 0,289}{0,765^2}$					
350										

Место установки ТН	Дополнительная обмотка			
	Типы ТН	Направление кабелей	Длина кабелей L <sub>к</sub> (км)	Расчетное сечение провода (медь)
На шинах и линиях	ЭХНФ-330	от ТН до панели ввода	300	$q = \frac{300}{57 \cdot 0,81} = 6,498$
На линиях	ЭХНФ-500			$q = \frac{300}{57 \cdot 1,26} = 4,177$
На шинах и линиях	ЭХНДЕ-500-750			$q = \frac{300}{57 \cdot 0,61} = 8,628$

- 1) Определение нагрузки см. приложение 2 (СМ2-5)
- 2) Значения допустимых сопротивлений см. приложение 4 (СМ4-4)
- 3) Графики q<sub>1</sub> = f(L<sub>1</sub>) и q<sub>2</sub> = f(L<sub>2</sub>) см. приложение 5 (СМ5-2-22-25)

Условные обозначения.

ΔU - падение напряжения в кабеле;  
 Z<sub>пр доп</sub> ΔU - допустимое сопротивление провода по падению напряжения;  
 Z<sub>пр доп</sub> АВ - допустимое сопротивление провода по надежности действия автомата;  
 Σ S<sub>нагр</sub> - суммарная нагрузка;  
 S<sub>рзв</sub> - потребление устройств защиты автоматика;  
 S<sub>изм</sub> - потребление устройств измерения;  
 S<sub>сч</sub> - потребление устройств учета.

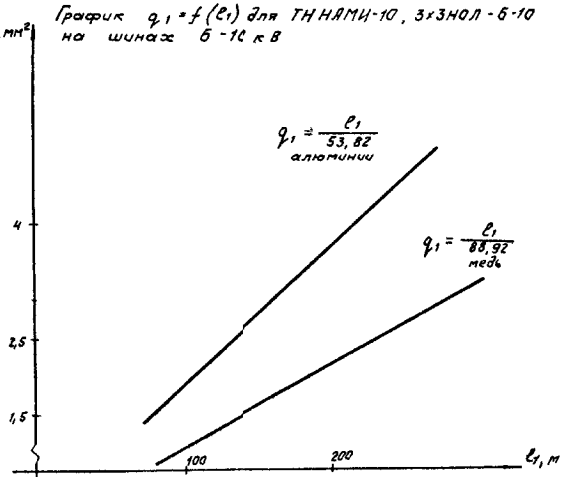
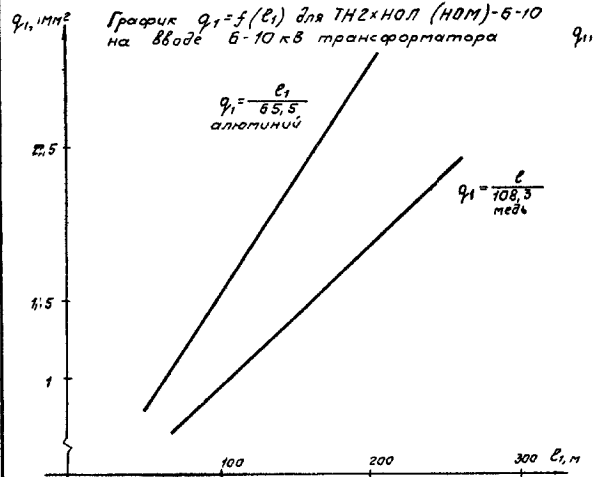
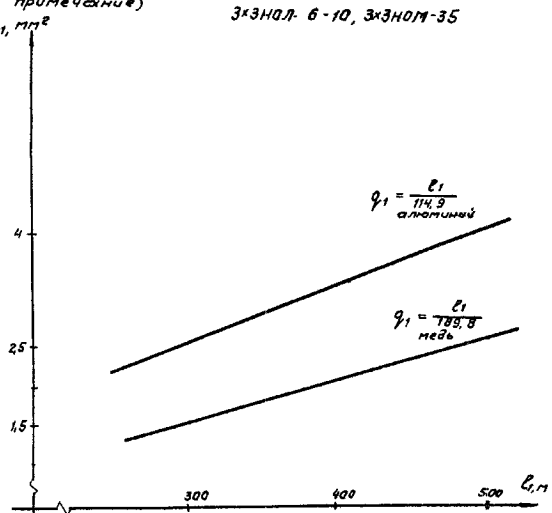
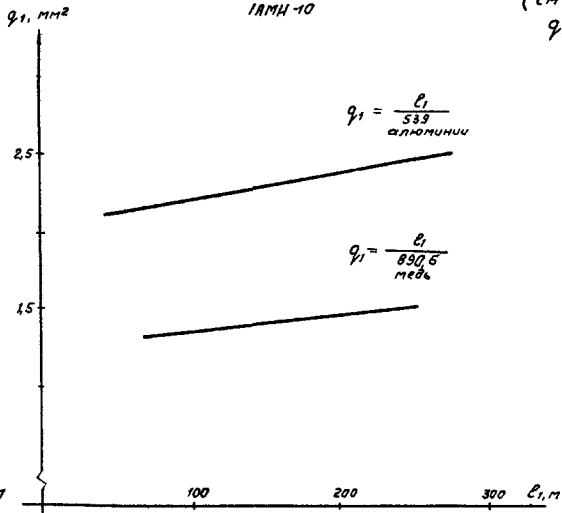
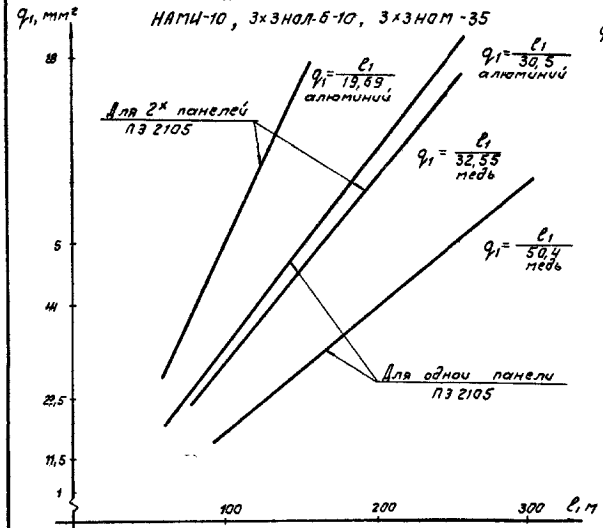
407-03-48481-LMS

Лист 4

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

Основная обмотка

Дополнительная обмотка (см примечание)



Условные обозначения

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

Примечание Кабели для дополнительной обмотки принимаются 1,5 мм<sup>2</sup> - по меди и 2,5 мм<sup>2</sup> - по алюминию

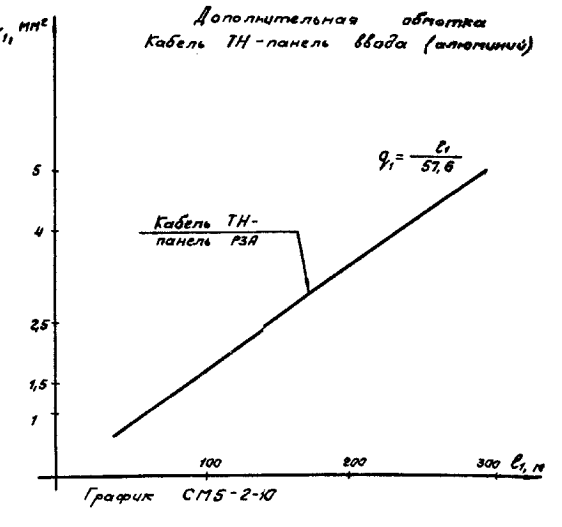
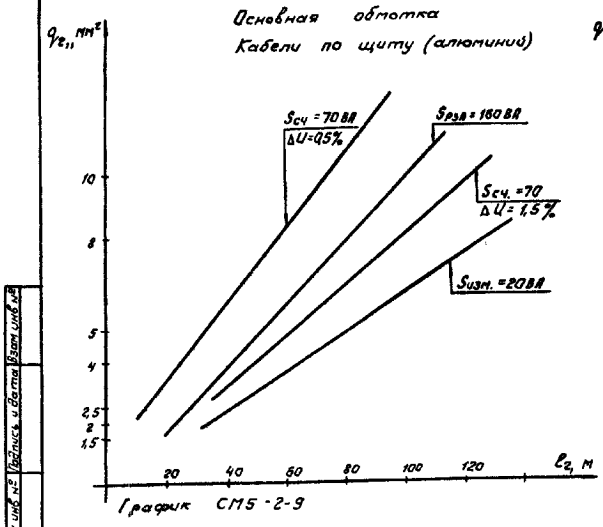
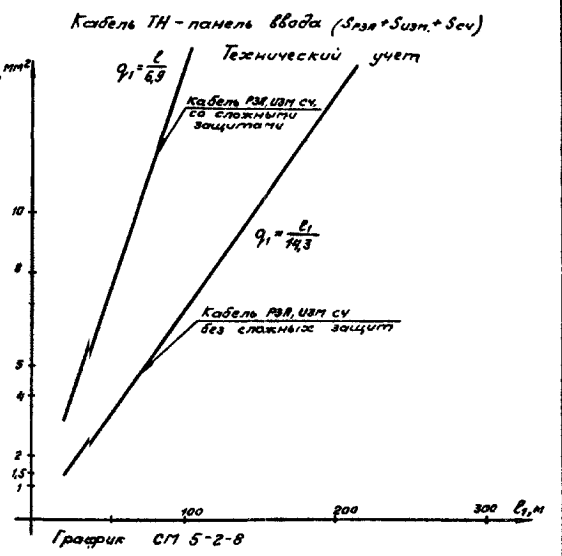
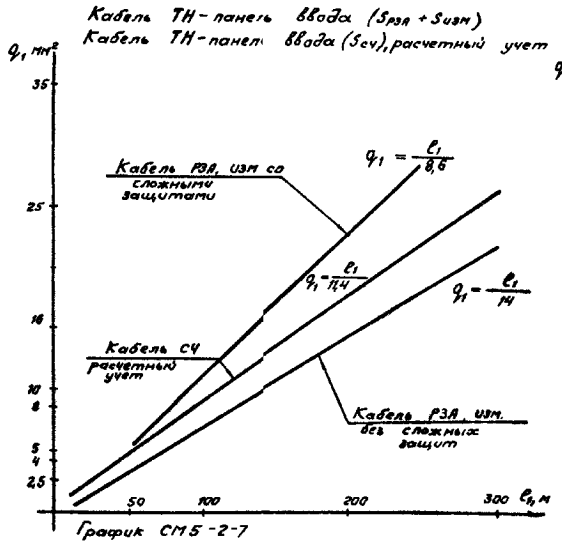
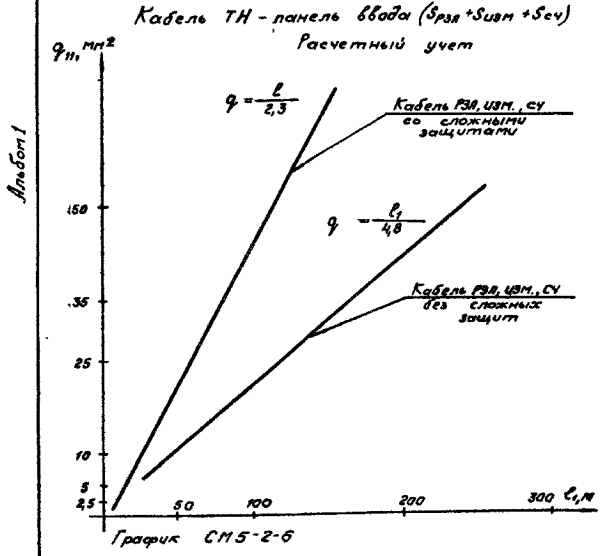
Альбом 1

С.Б. Павлов, Ю.В. Павлов, В.А. Виноградов

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

Приложение 5

Кабели ТН - панель ввода (алюминий)



- Условные обозначения
- $S_{P3A}$  - потребление устройствами P3A;
  - $S_{ИЗМ}$  - 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



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

Лист 1

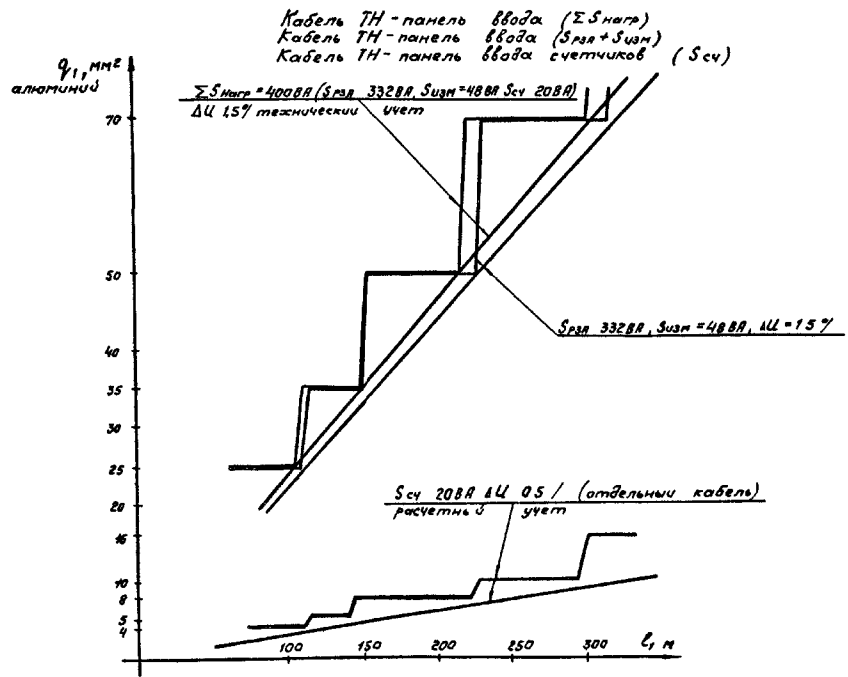


График СМ 5-2 13

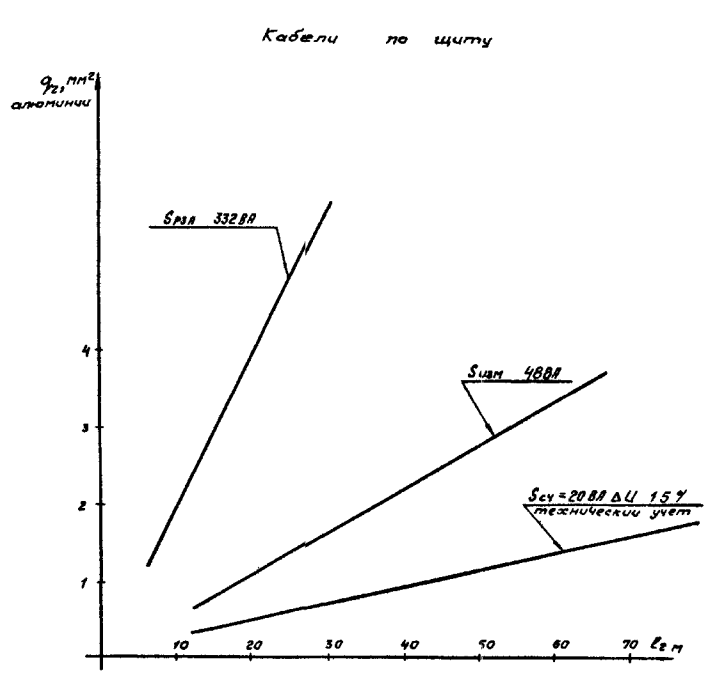


График СМ 5 2 14

Условные обозначения

- $S_{рзв}$  - потребление устройствами РЗА,
- $S_{изм}$  - потребление устройствами изм,
- $S_{сч}$  - потребление устройствами сч,
- - принятое сечение кабеля,
- - расчетное сечение кабеля

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

407-03-48487-СМ5  
 Лист 1 из 2  
 1980 г.

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

Приложение 5

Кабель ТН-панель РПР (S<sub>сч</sub>)

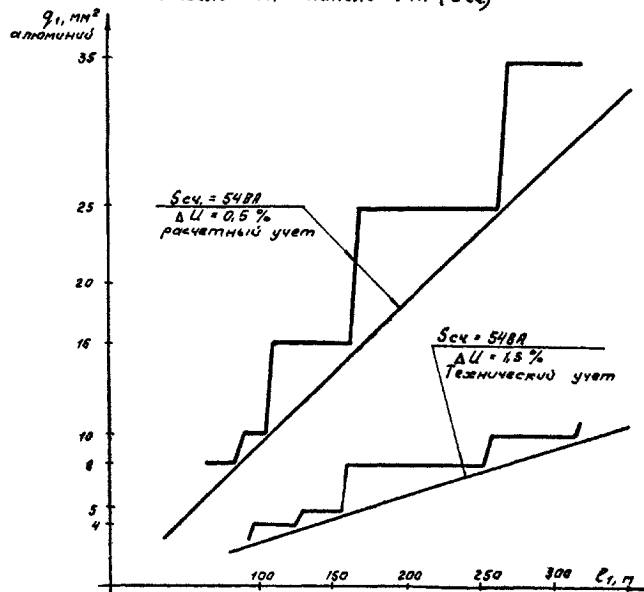


График СМ5-2-15

Кабель ТН-панель РПР (S<sub>рзл</sub> + S<sub>изм</sub>)

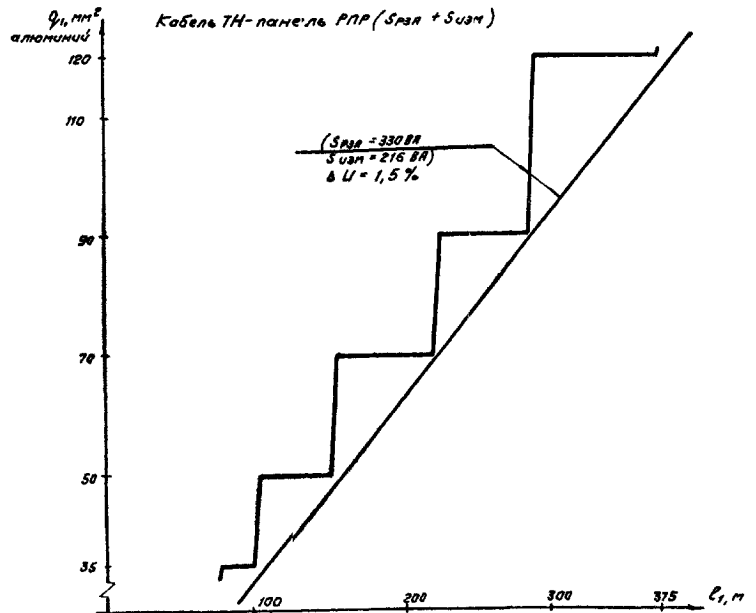


График СМ5-2-16

Дополнительная обмотка  
 Кабель ТН-панель РПР (алюминий)

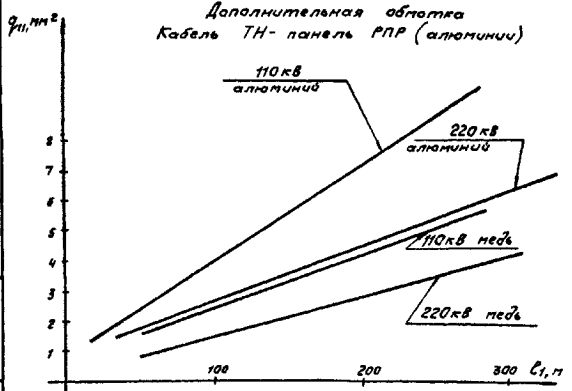


График СМ5-2-17

Кабели по щиту (алюминий)

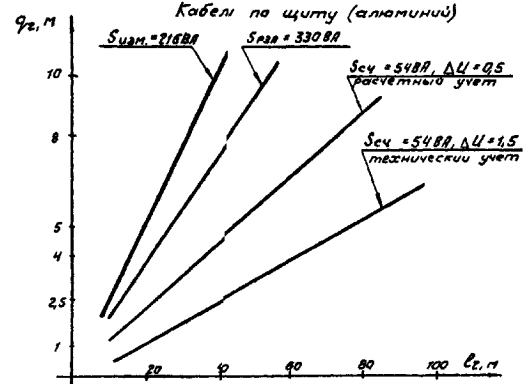


График СМ5-2-18

Условные обозначения

- РПР - реле-повторители разведителей шин;
- S<sub>рзл</sub> - потребление устройствами РЗА;
- S<sub>изм</sub> - потребление устройствами Изм,
- S<sub>сч</sub> - потребление устройствами СЧ;
- l<sub>1</sub> - длина кабеля ТН - щит,
- q<sub>1</sub> - сечение кабеля ТН- щит,
- l<sub>2</sub> - длина кабельных перемычек по щиту,
- q<sub>2</sub> - сечение кабельных перемычек по щиту;
- - принятое сечение,
- - расчетное сечение

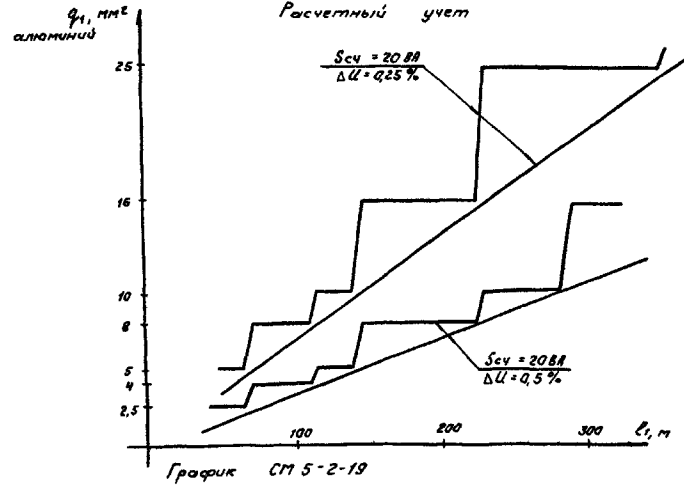
Альбом 1

См. № 107, Таблица 1 и 2, Приложение 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

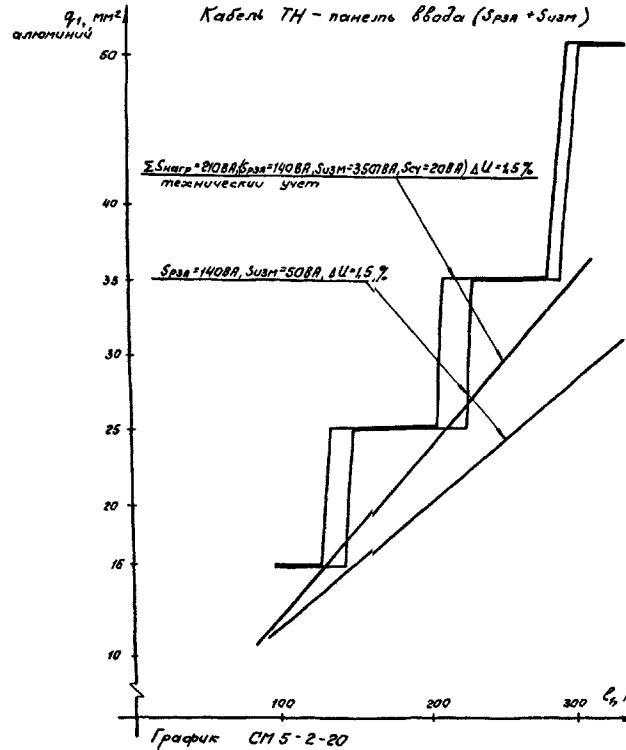
Графики  $q_1 = f(l_1)$  и  $q_2 = f(l_2)$  для ТН ЗХНҚФ-830-750, ЗХНАЕ-500-750 на линиях 330-750 кВ  
Основная обмотка

Приложение 5

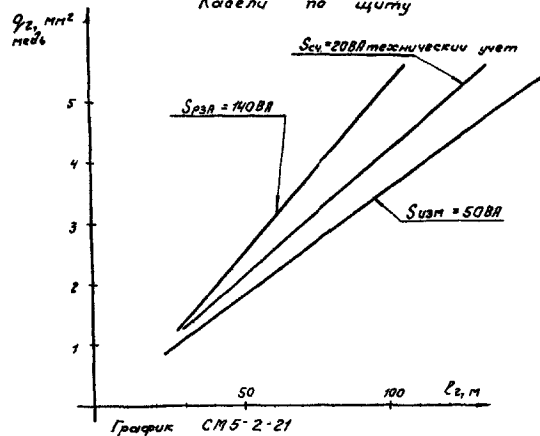
Кабель ТН - панель счетчиков ( $S_{сч}$ )  
Расчетный учет



Кабель ТН - панель ввода ( $\Sigma S_{ввод}$ )  
Кабель ТН - панель ввода ( $S_{рзв} + S_{взм}$ )



Кабели по щиту



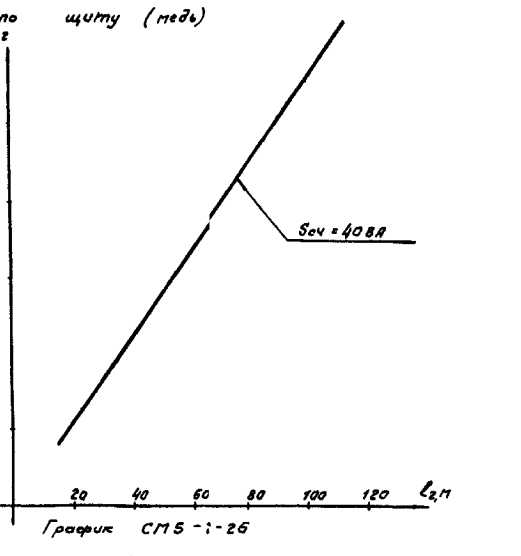
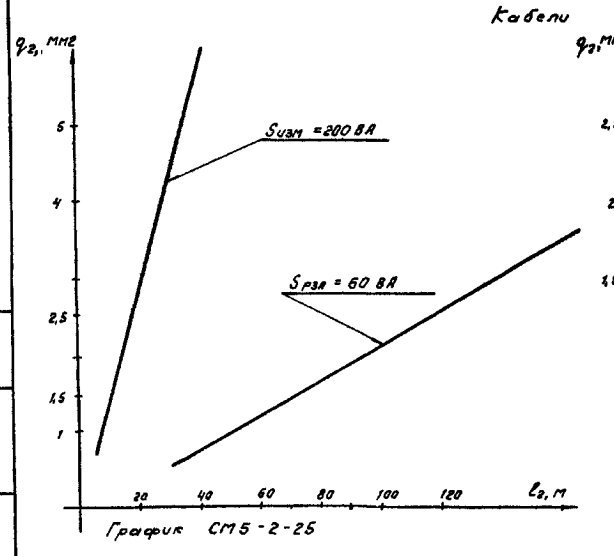
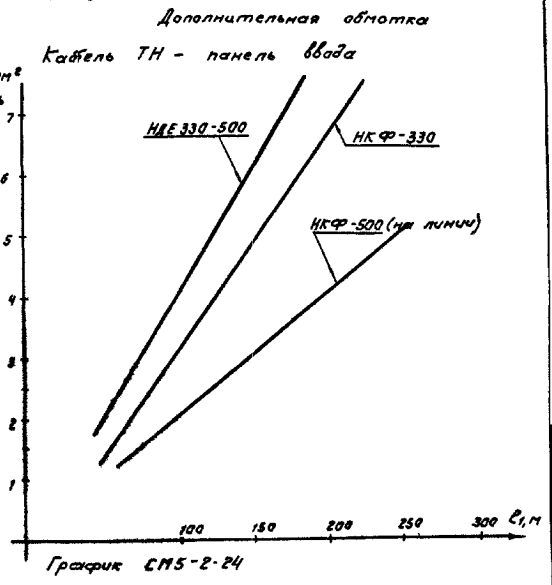
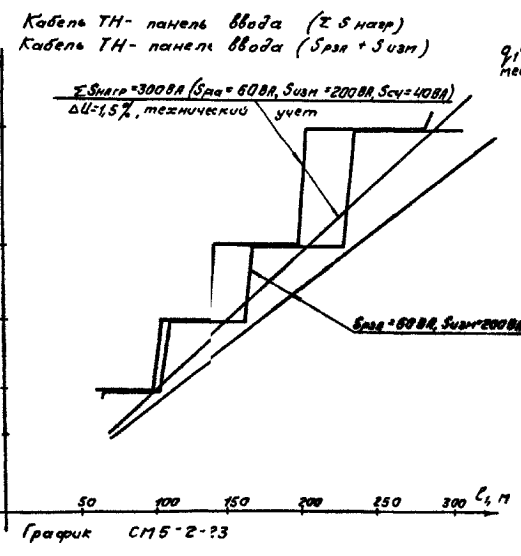
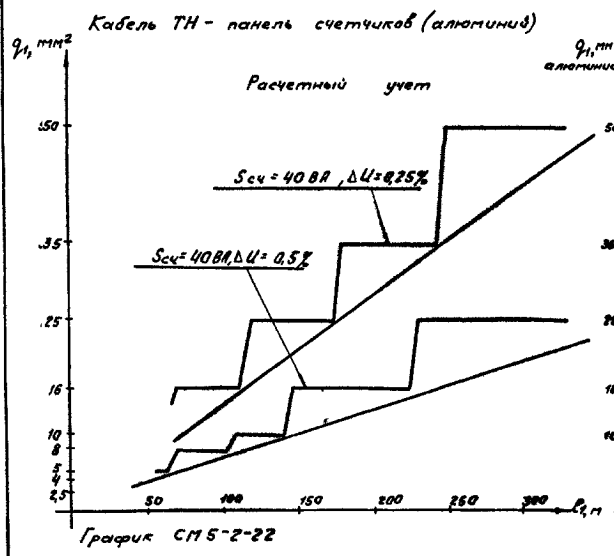
Условные обозначения

$S_{рзв}$  - потребление устройствам РЗА,  
 $S_{взм}$  - потребление устройствами взм,  
 $S_{сч}$  - потребление устройствами сч,  
— - принятое сечение;  
— - расчетное сечение,

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

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

Масштаб 1



- Условные обозначения
- $S_{р3а}$  — потребление устройствами РЗН;
  - $S_{у3м}$  — потребление устройствами УЗМ;
  - $S_{сч}$  — потребление устройствами СЧ;
  - $l_1$  — длина кабеля ТН-щит,
  - $q_1$  — сечение кабеля ТН-щит,
  - $l_2$  — длина кабельных перемычек по щиту;
  - $q_2$  — сечение кабельных перемычек по щиту;
  - — принятое сечение,
  - — расчетное сечение

Шкала по ГОСТ 10000-80