

Типовые проектные решения

407-03-365.85

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ  
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ  
С ВЫСШИМ НАПРЯЖЕНИЕМ 500/330/750 кВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
УСТРОЙСТВ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

Альбом I

Дополнительная записка

СФ 668-01

Госстрой СССР  
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
Свердловский филиал

620062, г.Свердловск-62, ул.Челышева, 4

Заказ № 67 Инв. № 096 668-01 тираж 400

Сдано в печать 2.01 1986 г. цена 0-59

Типовое проектное решение

407-03-365.85

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ  
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ  
С ВЫСШИМ НАПРЯЖЕНИЕМ 500/330/-750 кВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
УСТРОЙСТВ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ  
ПРИБОРАХ

Альбом I

Состав проекта

Альбом I Пояснительная записка

Альбом II Чертежи

Разработаны институтом  
"Энергосетьпроект"

Утверждены и введены  
в действие Минэнерго  
СССР  
протокол № 38  
от 01.II.84.

Зам.главного инженера  
института



С.А.Петров

Главный инженер проекта



Н.Е.Рыбель

сф 668-01

## СОДЕРЖАНИЕ АЛЬБОМА

	Стр.
Титульный лист . . . . .	I
Содержание . . . . .	2
I. Введение . . . . .	3
2. Глава I. Принципиальная схема релейной защиты авто- трансформаторов с напряжением 500(330)/110-220 кВ (рис.4, листы 6+19) . . . .	5
3. Глава II. Принципиальная схема релейной защиты авто- трансформаторов с напряжением 500/330 кВ (рис.5, листы 20+31) . . . . .	20
4. Глава III. Принципиальная схема релейной защиты авто- трансформаторов с напряжением 750/330-500кВ (рис.6, листы 32+45) . . . . .	21
5. Глава IV. Принципиальная схема устройства резервирова- ния отказа выключателей автотрансформатора на сторонах высшего и среднего напряжений при действии защиты автотрансформатора . . . .	29

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящей работе даны схемы релейной защиты автотрансформаторов с высоким напряжением 500(330)-750кВ.

В настоящее время электротехническая промышленность приступила к освоению выпуска устройств релейной защиты на базе интегральных микросхем для подстанционных элементов. Серийный выпуск этой аппаратуры намечается на 1987-1989 годы. Таким образом, еще 5 лет в схемах защит автотрансформаторов будут применяться электромеханические реле, выпускаемые сегодня. В данной работе ориентировались как на электромеханические реле, так и на реле, использующие полупроводниковые элементы, освоенные серийным производством.

В целях успешной индустриализации производства релейных панелей, считалось целесообразным провести максимальную унификацию принимаемых решений при составлении схем защиты. Это обуславливает, как правило, в конкретном случае некоторое незначительное количество неиспользуемой на панелях релейной аппаратуры. Учитывая относительно малое число включаемых ежегодно в работу автотрансформаторов такого класса напряжения, такой перерасход аппаратуры сочли допустимым. Схемы релейной защиты выполнены с учетом типовых схем электрических соединений распределительных устройств 6-750кВ, разработанных СЗО Энергосетьпроект в 1979 году, при этом предполагается, что на подстанциях имеется питание со стороны высшего и среднего напряжений.

Схемы выполняются для подстанций:

- с трехфазным автотрансформатором 500/121/6,6-38,5 кВ мощностью 250 МВ.А;
- с однофазными автотрансформаторами 330/158+230/11+38,5 кВ мощностью 3х83 МВ.А и 3х133 МВ.А и 500/230+330/11+38,5 кВ мощностью 3х167 МВ.А и 3х267 МВ.А;
- с однофазными автотрансформаторами 750/330/15,75 кВ мощностью 3х333 МВ.А и 750/500/10+15,75 кВ мощностью 3х417 МВ.А.

Типы и параметры токоограничивающих реакторов, устанавливаемых в случае необходимости со стороны НН6-10 кВ, должны обеспечивать уровень токов к.з. на шинах 6-10 кВ подстанций, не превышающий 20 кА.

407-03

И. контр.	Ридель	3.10.89			
Гип	Ридель	3.10.89			
Рук. групп.	Грудымова	3.10.89			
Ст. инж.	Лихомов	3.10.89			
			Принципиальные схемы релейной защиты автотрансформаторов с высоким напряжением 500(330)-750кВ с использованием устройств на полупроводниковых приборах		
			Стадия	Лист	Листов
			РП	1	27
			Энергосетьпроект		
			г. Москва 1984 г.		

Принципиальные схемы разработаны с предположением наличия на сторонах высшего, среднего и низшего напряжений следующих схем соединения распределительных устройств:

На стороне НН 500(330)-750 кВ

- четырехугольных - 330-7, 500-7, 750-7;
- автотрансформатор-линии - 330-15, 500-15, 750-15;
- автотрансформатор-линии с полукорным присоединением линий - 330-16, 500-16, 750-16;

- полукорная схема - 330-17, 500-17, 750-17.

На стороне СН-500(330)кВ - полукорная - 500-17.

На стороне СН IIО-220 кВ

- одна рабочая секционированная выключателем и обходная система шин с выключателями в цепях трансформаторов с отдельными секционными и обходными выключателями - IIО-12, 220-12;

- две рабочие и обходная системы шин - IIО-13, 220-13.

На стороне НН 35 кВ

- одна рабочая секционированная выключателем система шин - 35-9.

На стороне НН 6-10 кВ

- одна секционированная выключателем система шин - 10(6)-1;
- две одиночные секционированные выключателями системы шин - 10(6)-3;
- с присоединением синхронных компенсаторов КСББ-10С-11VI и КСББ-60-11VI.

На стороне СН предусматривается параллельная работа, на стороне НН - раздельная.

Автотрансформаторы имеют встроенные устройства регулирования напряжения под нагрузкой.

Для автотрансформатора 750/330 кВ предусматривается установка вольтодобавочного трансформатора для поперечного регулирования.

Дополнительно предусматривается установка линейного регуляторного трансформатора на вводах НН.

Напряжение оперативного постоянного тока - 220 В.

На ПС предполагается установка следующих коммутационных аппаратов.

На стороне высшего и среднего напряжений используются воздушные выключатели с масляными приводами.

На напряжении 110-220 кВ используются также масляные выключатели типа У-110 и У-220.

На напряжении 35 кВ используются воздушные выключатели с трехфазным приводом.

На стороне НН 6-10 кВ предусматривается использование шкафов КРУ с масляными выключателями.

Выполнение защиты ошиновки на напряжении 500(330)-750 кВ рассматривается в работе "Принципиальные схемы защиты шин и ошиновки ОРУ 500-750 кВ на полупроводниковых приборах".

Для удобства пользования в работе представлены отдельно схемы релейной защиты трехфазных и групп однофазных автотрансформаторов напряжением 500(330)/110-220 кВ (рис.4 листы 6-19), группы однофазных автотрансформаторов 500/330 кВ (рис.5, листы 20-31) и группы однофазных автотрансформаторов 750/330-500 кВ (рис.6, листы 32-45). Однако при разработке задания заводу необходимо, как было отмечено выше, стремиться к максимальной унификации панелей защиты автотрансформаторов.

Ниже, в I-III главах дается описание названных схем и рассмотрены особенности каждой из них.

## Глава I.

### ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ С НАПРЯЖЕНИЕМ 500(330)/110-220 кВ (рис.4, листы 6-19)

I. Схема защиты разработана применительно к трехфазным и к группе однофазных автотрансформаторов для случая наличия на стороне высшего напряжения схем "четырехугольника", "полторной", "мини-автотрансформатор" с присоединением линий через два выключателя или с "полторным" присоединением линий (рис.1, листы 1-3), на стороне среднего напряжения - двух рабочих и обходной схем: шин (рис.2).

На стороне низшего напряжения автотрансформатор может работать в блоке с синхронным компенсатором либо через выключатель на шин НН (рис.3).

2. В целях повышения надежности функционирования защит автотрансформатора последние разделены на две группы с питанием из отдельных автоматов в цепи оперативного постоянного тока (СФ1

и SF2). Каждая группа защит имеет свои выходные промежуточные реле.

Следует отметить, что раздельная проверка групп защит не предполагается.

3. Первую группу составляют следующие защиты:

3.1. Дифференциальная токовая защита автотрансформатора.

3.2. Дифференциальная токовая защита цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора.

3.3. Защита регулировочной обмотки устройства РНН. Предусматривается только для групп однофазных автотрансформаторов на напряжении 500/220 кВ мощностью Зк167 и Зк267 МВ.А.

3.4. Устройство контроля и защиты изоляции вводов 500 кВ (КИВ). Для автотрансформаторов с низким напряжением 330 кВ КИВ не предусматривается.

4. Вторую группу составляют следующие защиты:

4.1. Газовые защиты автотрансформатора, устройства РНН и линейного регулировочного трансформатора.

4.2. Двухступенчатые дистанционные защиты от многофазных к.з., устанавливаемые на сторонах высшего и среднего напряжений.

4.3. Максимальная токовая защита с комбинированным пуском напряжения от многофазных к.з. на стороне низшего напряжения.

4.4. Токовые направленные защиты нулевой последовательности от замыканий на землю на сторонах высшего и среднего напряжений.

4.5. Защиты от неполнофазного режима на сторонах высшего и среднего напряжений.

4.6. Защита реактора 10 кВ в цепи реактированного фидера (в варианте подключения на низшей стороне синхронного компенсатора).

5. Схемы выполнены с учетом возможности замены выключателя стороны среднего напряжения обходным выключателем.

6. В схемах показаны цепи, обеспечивающие защиту автотрансформатора с устройствами резервирования выключателей на сторонах 500(330) и 110-220 кВ.

При этом предполагается, что УРОВ стороны среднего напряжения выполняется действующим:

- при к.з. в автотрансформаторе с отказом выключателя - на отключение всех выключателей системы шин, к которой присоединен автотрансформатор;



- при к.з. на линиях с отказом выключателя автотрансформатора - на отключение всех выключателей автотрансформатора (через выходные реле защиты ошиновки ВН, если не требуется запрет АПВ или после действия УРОВ, либо через выходные реле защиты автотрансформатора с запретом АПВ).

УРОВ 500(330) кВ выполняется действующим:

- при к.з. в автотрансформаторе или на ошиновке высшего напряжения с отказом его выключателя на отключение линии или шин, примыкающих к отказавшему выключателю;

- при к.з. на линиях с отказом ее выключателя - на отключение всех выключателей автотрансформатора, примыкающего к отказавшему выключателю (через выходные реле защиты ошиновки с запретом АПВ);

- при к.з. на линиях (полуторная схема) с отказом выключателя автотрансформатора - на отключение всех выключателей автотрансформатора (через выходные реле защиты ошиновки с запретом АПВ).

Необходимо отметить, что наличие в схеме двух групп выходных промежуточных реле потребовало установки двух реле тока УРОВ (КА1 и КА2) на стороне высшего напряжения.

7. Схема предусматривает наличие трех дифференциальных защит автотрансформатора, одной стороны низшего напряжения и ошиновки стороны высшего напряжения.

Последняя позволяет, в случае необходимости, выполнять АПВ ошиновки, облегчает возможность проверки защит автотрансформатора при его отключении в случае, когда по условию сохранения транзита выключателя высшего напряжения автотрансформатора должны быть включены, однако, схема этой защиты, как указывалось выше, в этой работе не рассматривается.

7.1. Дифференциальная защита АЗВ, охватывающая автотрансформатор и соединения его со сборными шинами среднего напряжения, выполнена с использованием реле типа ДЗТ-23, имеющего пофазный выход и тем позволяющего выявить поврежденную фазу автотрансформатора.

Реле обладает высокой чувствительностью (ток срабатывания регулируется в пределах 0,3-0,7 Inom).

Торможение в защите обеспечивается токами от трех групп трансформаторов тока (ТА1, ТА4 и ТА8) с применением приставки дополнительного торможения АТ1, включаемой на ток стороны низшего напряжения.

Схема выполнена с предположением, что для выравнивания вторичных токов в цепях дифференциальной защиты необходимо применение автотрансформаторов тока ТЛ I-ТЛ 9.

Присоединение цепей тока к определенным зажимам устройства АКУ показано условно и определяется расчетом для конкретного случая. Схемы внутренних соединений реле типа ДЗТ-23 приведены на рисунке 7, листы 46, 47.

При замыкании выключателя Q3 обходной защита переключается с трансформаторов тока ТА8 на трансформаторы тока в цепи обходного выключателя П10-220 кВ с помощью испытательных блоков 5С-2, 5С-3 в схеме защиты автотрансформатора и соответствующих испытательных блоков в схеме блока перевода.

7.2. Дифференциальная защита цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора выполнена трехфазной трехрейковой, с использованием реле КAW 2-КАW 4 типа ДЗТ-II или ДЗТ-II/С.

Токовая обмотка реле включена на сумму токов в цепях обходного реактора или в цепях синхронного компенсатора и реактора.

При срабатывании дифференциальной защиты автотрансформатора (АКУ) в цепях его стороны низшего напряжения (КАW/ 3 - КАW/ 4) действуют на выходные промежуточные реле первой группы КЛ I-КЛ 10, которые подают сигналы на отключение выключателей автотрансформатора и запрещение АПЗ выключателей сторон высшего и среднего напряжений.

8. Цепи газовой защиты выполнены с учетом наличия:

- трех газовых реле КSG I-КSG 3, реагирующих на повреждения в кожухах каждой фазы автотрансформатора и имеющих два контакта, действующих на отключение автотрансформатора и на сигнал;
- трех газовых реле КSG 4-КSG 6, реагирующих на повреждения в контакторном объеме РИН автотрансформатора, у которых используется только контакт, действующий на отключение;
- газового реле КSG 7, реагирующего на повреждение в кожухе линейного регулировочного трансформатора и действующего на отключение и на сигнал;
- реле давления КSF реагирующего на повреждение в устройстве РИН линейного добавочного трансформатора.

В схеме предусмотрена возможность перевода действия отключающих контактов газовых реле автотрансформатора и линейного ре-

гулировочного трансформатора на сигнал.

9. Все автотрансформаторы, защита которых рассматривается в данной работе, оборудованы установками пожаротушения. Схемы защиты выполнены с учетом указания № С-7892 Минэнерго СССР от 05.06.80 г. "с применения устройства обнаружения пожара силовых трансформаторов". В соответствии с этим указанием, а также § III-2-56 ПУЭ осуществление автоматического пуска систем пожаротушения автотрансформаторов должно осуществляться от специального "устройства обнаружения пожара для защиты силовых трансформаторов" с контролем оглаженного состояния поврежденного объекта.

В связи с этим, в отличие от имеющего место ранее, в рассматриваемой схеме:

9.1. отсутствуют цепи пуска системы пожаротушения от защиты автотрансформатора от внутренних повреждений и сохранена только цепь фиксированная оглаженное состояние автотрансформатора и состоящая из последовательно соединенных контактов реле тока УРОВ КИ2 и КИ4 и промежуточного реле КЛ 43, характеризующего отсутствие напряжения на защищаемом автотрансформаторе;

9.2. предусмотрена цепь воздействия на выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора от устройства обнаружения пожара.

10. Особенности однофазных автотрансформаторов напряжением 500/220, защита которых рассматривается в составе этой работы, является наличие встроенного со стороны среднего напряжения устройства регулирования напряжения под нагрузкой, выполненного с помощью специальной регулировочной обмотки, вынесенной на боковой стержень магнитопровода автотрансформатора, что позволяет изменением числа витков этой обмотки производить независимое регулирование напряжения только на стороне среднего напряжения.

Для защиты регулировочной обмотки используются встроенные трансформаторы тока ТА 9, установленные в цепи компенсационной обмотки, расположенной также на боковом стержне магнитопровода и включенной параллельно обмотке высшего напряжения автотрансформатора.

Защита выполняется с помощью реле КИWI типа ДЭТ-II/4, включенного на ток нулевой последовательности.

Рабочая обмотка реле присоединяется к трансформатору тока ТА9 к цепи компенсационной обмотки, а тормозная - к трансформа-

токам тока сторон ИИ и СИ таким образом, чтобы при возникших коротких замыканиях токи в обмотках складывались.

В режиме двигателя работы с отключенным выключателем П10-220 кВ защита может возникать обрабатывать при к.з. на землю на стороне 380-550 кВ. Для предотвращения указанного в схеме предусмотрено блокирующее реле КА11, питаемое от трансформаторов тока ТА1 стороны ИИ и включаемое в работу накладкой SX2 в режиме двигателя отключения выключателя СИ.

II. Маслонаполненные извдм 500 кВ защищаемых автотрансформаторов снабжены устройством контроля их изоляции. Указанное устройство АИ состоит из блок-реле КИВ-500Р, согласующего трансформатора и разрядников (см. рис.8, якт 48). Оно осуществляет контроль состояния изоляции вводов в процессе эксплуатации и позволяет отключать автотрансформатор до полного пробоя ввода.

Устройство реагирует на сумму токов, протекающих под воздействием рабочего напряжения через изоляцию вводов трех фаз. Использование соответствующих ответвлений первичной обмотки согласующего трансформатора может быть получен минимальный ток небаланса в блок-реле КИВ-500Р.

Блок-реле КИВ-500Р имеет сигнальный и отключающий органы. При срабатывании чувствительного сигнального элемента (КА1) обслуживающий персонал должен каждые 15 мин. записывать величину тока миллиамперметра КИВ-500Р и в случае прогрессирующего повреждения отключить автотрансформатор с дефектным вводом, не дожидаясь действия отключающего элемента (КА2).

Ток срабатывания сигнального элемента должен быть равен 5-7% номинального емкостного тока ввода. Выдержка времени сигнального элемента (КТ1) должна быть отстроена от максимальной выдержки времени резервных защит прилегающей сети ИИ и СИ.

Ток срабатывания отключающего элемента должен быть равен 20-25% номинального емкостного тока ввода. Выдержка времени элемента КТ2 должна быть отстроена от быстродействующих защит и может быть рекомендована в пределах 1,2-1,8 с.

Отключающий элемент автоматически взводится в действие только после срабатывания реле времени сигнального элемента.

Для исключения ложного действия отключающего элемента КИВ при повреждениях в цепях соединения согласующего трансформатора и вводов предусмотрено блокирующее реле тока КА12, включенное в

цель вторичной обмотки согласующего трансформатора. Ток срабатывания реле КА12 принимается равным 60-70 % от номинального емкостного тока ввода.

При резком изменении тока от нуля до значения, большего тока срабатывания реле КА12, отключающий элемент будет выведен из действия размыкающим контактом этого реле.

12. Для резервирования отключения многофазных т.э. на стороне высшего напряжения предусмотрена дистанционная защита. Защита выполняется с использованием отдельной панели типа ПЗ 2105. На панели предусмотрены комплекты реле сопротивлений типа КРС-2 (первая ступень дистанционной защиты) и типа КРС-3 (вторая ступень дистанционной защиты), устройство блокировки при качаниях типа КРБ-125 (ПЗ2105-А) или КРБ-126 (ПЗ2105-Б), устройство блокировки при неоправданности целей напряжения типа КРБ-12.

Защита питается от трансформаторов тока ТА1, встроенных во втулку высшего напряжения автотрансформатора, и от трансформатора напряжения на вводе низшего напряжения автотрансформатора.

Первая ступень используется для резервирования отключения повреждений на линиях и ошибках высшего напряжения, а также для облегчения согласования защит линий среднего напряжения. Вторая ступень используется для обеспечения дальнего резервирования в сети высшего напряжения. Одновременно защита может частично резервировать основное защитное устройство автотрансформатора.

С первой выдержкой времени обе ступени действуют на группу промежуточных реле, отключающих выключатели Q21 и Q22, либо Q23 (Q21), Q24 в зависимости от положения переключающего устройства 5Х29. Со второй выдержкой времени (через временно замыкающий контакт реле времени КТ7) срабатывают промежуточные реле К132-К134, К1.58, К1.59, которые действуют на отключение всех выключателей автотрансформатора со стороны высшего напряжения.

С третьей выдержкой времени через упорный контакт реле времени КТ7 резервная защита действует на выходную группу промежуточных реле К1.11-К1.20 и отключает автотрансформатор. При таком ступенчатом выполнении действия резервных защит обеспечивается разделение систем шин (деление электропередачи - для схем "четырёхугольника"), что позволяет избежать полного погашения подстанции, если в действие приходит резервная защита двух автотрансформаторов. При необходимости отключения одновременно всех выключателей сторо-

ны высшего напряжения автотрансформатора должна быть включена наладка 5Х15.

Для резервирования отключения многофазных т.з. на стороне СН предусмотрена аналогичная дистанционная защита, питаемая от трансформатора тока ТА2, включенных во втулку среднего напряжения автотрансформатора, и от трансформатора напряжения на вводе низшего напряжения автотрансформатора.

С первой выдержкой времени обе ступени действуют на промежуточное реле КЛ 37, которое отключает шинносоединительный и секционный выключатели ПКО-220 кВ. Со второй выдержкой времени (через временно замыкающие контакты реле времени КТ14) защита через промежуточное реле КЛ 38 отключает выключатель 03 или заменяющий его обходной выключатель. С третьей выдержкой времени защита действует на выходные промежуточные реле КЛ II—КЛ 20 автотрансформатора.

При необходимости отключения выключателя автотрансформатора или заменяющего его обходного выключателя одновременно с шинносоединительным и секционным выключателями должна быть включена наладка 6Х17.

18. Для резервирования отключения замыканий на землю на стороне высшего напряжения предусмотрена токовая направленная защита нулевой последовательности, питаемая от трансформатора тока ТА1, включенных во втулку ВН автотрансформатора.

В целях обеспечения возможности согласования защит линий среднего напряжения с защитами автотрансформатора рассматриваемая защита выполнена трехступенчатой.

Первая ступень защиты (КА 9) выполнена с помощью реле типа РТ-40. Вторая ступень (КАТТ), используемая также и при ускорении защиты (см. ниже), выполнена с реле типа РНГ для отстройки от аварийной фазной составляющей в нулевом проводе трансформаторов тока со стороны ВН, возникающей после операций с выключателями и обусловленной разновременностью действия его фаз.

Для осуществления чувствительной третьей ступени (КА 5) в целях уменьшения нагрузки на трансформатор тока применено трехфазное реле тока типа РТ-40/Р-I с последовательным соединением трех наерченных обмоток его промежуточного трансформатора.

Все ступени защиты действуют на те же выходные реле, что и дистанционная защита на стороне высшего напряжения (АХ-2).

Цель напряжения реле напряжения мощности КWI рассматриваемой защиты питается от шинки, воспроизводящих напряжение на сторо-

не ВН для схем "четыреугольные" и "полудторная" или от трансформатора напряжения на шинах для схемы "автотрансформатор-шина". Для обеспечения действия защиты при к.з. на землю в зоне между выключателями и втулками ВН для схем соединений "четыреугольные" и "полудторная" после отключения выключателей QZ I и QZ 3, когда питающий цепь защиты трансформатор напряжения отделен от места замыкания на землю, контакт реле направления мощности KW I шунтируется контактом реле KI 5B.

Имеется возможность выполнения любой ступени защиты ненаправленной.

Для резервирования отключения к.з. на землю на стороне СН предусмотрена аналогичная рассмотренной трехступенчатая токовая направленная защита, питаемая от трансформаторов тока ТА2, установленных во втулки среднего напряжения автотрансформатора.

Исходным цепям защита действует также, как дистанционная защита на стороне среднего напряжения.

Цепь напряжения реле направления мощности KW2 питается от трансформатора напряжения шин П10+220 кВ. Для обеспечения действия защиты после отключения выключателя Q3 или замкнувшего его обходного при к.з. на землю в цепях соединения автотрансформатора с шинами П10+220 кВ контакт реле направления мощности KW2 шунтируется контактом реле KI 3B.

14. Для резервирования защит цепей стороны низшего напряжения предусмотрена максимальная токовая защита с комбинированным пуском напряжения. В целях размещения основной и резервной защит цепей стороны низшего напряжения на разных ярусах трансформаторов тока рассматриваемая защита, питаемая от трансформаторов тока ТА4, включена в плечо дифзащиты автотрансформатора. Так как указанные трансформаторы тока соединены по схеме "звезда", защита для исключения ее действия при внешних замыканиях на землю в сети высшего и среднего напряжений, выполняется на реле типа РНТ с включением рабочих обмоток в фазу и в нулевой провод.

Для компенсации токов нулевой последовательности, протекающих в реле при внешних к.з., число витков рабочей обмотки реле, включенной в нулевой провод т.е., принимается в три раза меньше, чем число витков обмотки, включенной в фазный провод.

Комбинированный пусковой орган напряжения (KVZ I, KV 2 и KI 40) питается от трансформатора напряжения на входе ВН автотрансформатора. Кроме того, пуск по напряжению максимальной токовой

ной защиты может осуществляться от комбинированных дуговых органов напряжения, питаемых от трансформаторов напряжения секций шин НН. Предусмотрена возможность шунтирования цепи пуска по напряжению. С первой выдержкой времени защита действует на отключение выключателей Q1, Q4 и Q2, а со второй - на выходные промежуточные реле К1.11 - К1.20.

15. Для защиты реактора в цепи трансформатора собственных нужд предусмотрена токовая отсечка в двухфазном двухраелейном исполнении (КА 15, КА 14), действующая на выходные промежуточные реле К1.11 - К1.20, и максимальная токовая защита в двухфазном трехраелейном исполнении (КА 15-КА 17, КТ 18), действующая с первой выдержкой времени на отключение выключателя Q2 и со второй - на выходные промежуточные реле К1.11 - К1.20.

16. Для защиты секций шин НН 6-10 кВ, а также для резервирования отключения коротких замыканий на элементах, присоединенных к этим секциям, в цепях вводов к секциям шин предусмотрены максимальные токовые защиты в двухфазном исполнении с комбинированным пусковым органом срабатывания, питаемым от трансформатора напряжения, установленного на каждой секции шин. Защита устанавливается в комплектном распределительном устройстве 6-10 кВ. С первой выдержкой времени защита действует на отключение выключателей секций шин Q1 и Q4 (через временно замыкающий контакт реле времени КТ 19 и КТ 20), со второй - на выходные реле защиты автотрансформатора (К1.11 - К1.20).

При отключении выключателей на вводе к секциям шин 6-10 кВ пуск по напряжению шунтируется размыкающим контактом реле положения "выключено" выключателей Q1 или Q4 (КЭС 1, КЭС 4 соответственно).

В схеме предусмотрено ускорение максимальной токовой защиты после выключения выключателей.

17. В схеме предусмотрены защиты от неполнофазных режимов, возникающих при отключении (или включении) не всеми фазами выключателей автотрансформатора высшего и среднего напряжений, оборудованных пофазными приводами. Защита не используется при схеме соединения ОРУ "линии-автотрансформатор".

Следует отметить, что нежелательный неполнофазный режим возникает при неполнофазном отключении одного из выключателей высшего напряжения Q2 I или Q2 II рассматриваемого автотрансформатора, если один из трех остальных выключателей "четырёхугольника" или



Один из выключателей "полуторной" цепочки, к которой подключен рассматриваемый автотрансформатор, отключен (например, для резки). В этом случае в цепи защищаемого автотрансформатора появляется ток нулевой последовательности, на который и реагирует рассматриваемая защита от неполнофазного режима, предусмотренная на стороне ВН.

В качестве реагирующего органа защиты на стороне высшего напряжения используется реле тока третьей ступени токовой защиты нулевой последовательности от замыканий на землю (реле тока КА5). Защита срабатывает, если появление тока  $3I_0$  сопровождается действием реле контроля непереклечения фаз, предусмотренных в схемах управления выключателей. При этом пусковая цепь защиты контролируется с помощью реле схемы управления, характеризующих положение других выключателей. Для "четырёхугольника" контролируется отключенное положение выключателя, смежного с отказавшим или противоположного ему. Для "полуторной" схемы при неполнофазном отключении (выключении) выключателя автотрансформатора надо контролировать отключенное состояние одного из двух других выключателей "полуторной" цепочки. Такое выполнение защит обеспечивает селективное отключение элемента с отказавшим выключателем, а также ликвидацию неполнофазных режимов во всех случаях.

Защита выполнена с выдержкой времени (реле КТ4, КТ24), обеспечивающей отстройку от действия реле контроля непереклечения фаз в схеме управления, что необходимо, поскольку последним может быть ликвидирован неполнофазный режим в случае отказа одной или двух фаз выключателя при его замыкании. Защита действует на выходные промежуточные реле КЛ II-КЛ 20 второй группы.

Предусмотренная в схеме защита от неполнофазного режима, возникающего при отключении (выключении) не всеми фазами выключателя Q3 или замыкании его обходного выключателя, выполнена подобно защите, установленной на стороне высшего напряжения. В качестве реагирующего органа защиты используется реле тока третьей ступени защиты от замыканий на землю в сети 110-220 кВ (реле КА5). Цепь пуска реле времени КТII защиты контролируется контактами реле контроля непереклечения фаз выключателя Q3 или обходного QB.

Реле КТII действует также на выходные промежуточные реле КЛ II-КЛ 20 второй группы.

Предусмотрена возможность перевода действия рассматриваемых защит от неполнофазного режима на выходные промежуточные реле защи-

ты элемента, смежного с отключающим выключателем, что может оказаться целесообразным в ремонтном режиме в целях сохранения трансформатора от действия высокого напряжения.

18. Максимальная токовая защита от перегрузки установлена со стороны высшего напряжения автотрансформатора (реле тока КА7) со стороны выводов обмотки автотрансформатора к нейтрали (реле тока КА8) и со стороны низшего напряжения автотрансформатора (реле тока КА22).

Защита действует на сигнал с выдержкой времени (реле времени КТ16).

19. В схеме предусмотрена возможность оперативного ускорения защиты от замыканий к.з. на сторонах ВН и СН.

При извещении из работы защиты или при ошибочном высшем напряжении рубильником §1 вводится оперативное ускорение первой или второй ступени токовой направленной защиты нулевой последовательности от замыканий на землю на стороне ВН и первой ступени дистанционной защиты (АК2). При этом ускорение защиты с первой выдержкой времени (реле времени КТ6) действует на отключение части выключателей высшего напряжения автотрансформатора с целью разделения сети, со второй (через временно замыкающий контакт реле времени КТ7) - на отключение остальных выключателей ВН, с третьей (через ускорный контакт реле времени КТ 7) - на выключение промежуточные реле К1, П1 - К1,20 второй группы.

При извещении из работы защиты или П10-220 кВ рубильником §2 вводится оперативное ускорение первой или второй ступени токовой направленной защиты нулевой последовательности от замыканий на землю на стороне среднего напряжения и первой ступени дистанционной защиты (АК3). При этом по выходным цепям защиты аналогично остальным резервным защита на стороне СН.

На рт. замыкающем панели извещения по два контакта реле времени КТ 6 и КТ 16 (замыкающие - 1-4 и 3-5). В каждом конкретном случае выбираются требуемый способ ускорения и устанавливаются соответствующие перемычки.

При извещении из действия дифференциальной защиты автотрансформатора АКВ рубильником §3 вводится оперативное ускорение третьей ступени (ненаправленных) токовых защит нулевой последовательности на сторонах ВН и СН и защиты обратной последовательности (КРБ-126) дистанционной защиты АК2. В этом случае ускоре-

омые защиты дейстуют на отключение автотрансформатора.

20. В схеме предусмотрено автоматическое ускорение защит от внешних к.з. при выключении выключателей автотрансформатора сторон высшего и среднего напряжений от устройства АПВ после отключения внешнего повреждения (например, к.з. на ошибке или шинах НН, на сборных шинах СН).

Указанное ускорение будет иметь место и при выключении выключателей от руки.

При выключении выключателя QZ I или QZ 3 (QTI) от устройства АПВ после отключения повреждения на ошибке или шинах высшего напряжения их дифференциальными защитами ускорится вторая ненаправленная ступень токовой защиты нулевой последовательности от замыканий на землю в сети НН.

Предусмотрено ускорение первой или второй ступени дистанционной защиты на стороне СН (АКЗ) при выключении выключателей QZ I или QZ 3 (QTI) с контролем отсутствия напряжения на автотрансформаторе.

При выключении выключателя QTI с контролем отсутствия напряжения на шинах НН ускорится первая или вторая ступень дистанционной защиты на стороне НН (АКЗ).

В цепи пуска автоматического ускорения (реле КТ5) предусмотрены контакты реле ускорения КЛ 28, КЛ 29, которые, в свою очередь, пускаются контактами реле, фиксирующим отключение положения выключателя, с контролем отсутствия напряжения на автотрансформаторе (реле КЛ 42), а для реле ускорения выключателя автотрансформатора QTI (для "полусерной" схемы электрических соединений) также с контролем отсутствия напряжения на шинах. Реле времени КТ5 действует через реле КЛ 26-КЛ 29 на отключение выключателей QZ I или QZ 3 (QTI).

При выключении выключателя Q3 или заменяющего его обходного выключателя П10-220 кВ от устройства АПВ после отключения повреждения на шинах ускорится вторая ненаправленная ступень токовой защиты нулевой последовательности (КАТ2), и первая или вторая ступень дистанционной защиты на стороне среднего напряжения (АКЗ). При выключении указанных выключателей от устройства АПВ после отключения повреждения на ошибке НН ее дифференциальной защитой ускорится вторая ступень токовой направленной защиты нулевой последовательности от замыканий на землю на стороне высшего напряжения автотрансформатора и первой или второй ступени дистанционной защиты

AK2 на стороне ВН.

В цепи автоматического ускорения предусмотрены контакты реле ускорения KL 54 и KL 55 выключателей Q3 и обходного QB, которые, в свою очередь, пускаются контактами реле положения "отключено" KOT этих выключателей. Действие реле KL 54 и KL 55 контролируется органом напряжения KV I (KL 39) и органом напряжения KVZ1 и KV2 (KL 41), разрешающим действие защит по цепи ускорения при отсутствии напряжения на шинках СН или при отсутствии напряжения на автотрансформаторе.

Видержки времени в рассматриваемых цепях (KT 5, KT 12) предусмотрены для предотвращения ложного действия токовых защит нулевой последовательности при одновременном выключении фаз выключателя, а также для отстройки от броска тока намагничивания.

Следует отметить, что в рассматриваемой схеме, в цепях упрощения, не предусмотрено автоматическое ускорение защит от внешних к.з. автотрансформатора при выключении Q2 I или Q23 на к.з. на линии 500 (330) кВ, сопровождающееся отказом ее защит; указанное допустимо, поскольку линия такого напряжения, как правило оборудована двумя дисфункциональными защитами и также отказ защит маловероятен.

21. Контроль изоляции цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора осуществляется с помощью реле напряжения KV 5, действующего на сигнал с выдержкой времени реле KT 15.

Реле питается от трансформатора напряжения, установленного на входе низшего напряжения автотрансформатора. Во избежание неправомерного действия устройства контроля изоляции при перегорании предохранителей на стороне высшего напряжения трансформатора напряжения в схеме выполнен разрыв цепи обмотки реле KV5 размыкающим контактом реле KL 45, действующим при срабатывании фиксир-реле напряжения обратной последовательности KVZ1.

22. В качестве выходящих промежуточных реле первой (KL I-KL 10) и второй (KL 11-KL 20) групп защит автотрансформатора используются реле типа PC-220.

В схеме выполнены самодерживание указанных выходящих промежуточных реле, обеспечивающих надежный пуск УРОВ при возможных кратковременных замыканиях контактов газового реле (например, при использовании реле типа РГЧЗ-66 и т.п.), а также при к.з., например, в зоне действия дифференциальной защиты цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора, сопровождающемся отказом выключателя.

чателя последнего, при питании автотрансформатора от линии большой протяженности в минимальном режиме работы системы.

Учитывая возможное наличие у выключателей 500-750 кВ двух соленоидов отключения и то обстоятельство, что защиты действующие на разные выходные группы, резервируют друг друга лишь частично, была предусмотрена цепь пуска одной выходной группы при срабатывании другой. Эта цепь подключается параллельно контактам цепи самоудерживания. Таким образом, при срабатывании любой из защит на отключение автотрансформатора обе выходные группы находятся в обработанном состоянии по цепям замыкающих контактов КЛ 21, КЛ 10 и КЛ 22, КЛ 20.

Автоматическое снятие самоудерживания осуществляется при отпусках дополнительно предусмотренных реле типа РИ-252 (КЛ 21 и КЛ 22). Указанные реле осуществляют также контроль наличия оперативного постоянного тока, соответственно, первой и второй групп защит.

При срабатывании выходные промежуточные реле подают сигналы на отключение всех выключателей автотрансформатора, на возвращение АПВ выключателей высшего и среднего напряжений и на пуск УРОВ.

В целях повышения надежности цепи отключения выключателей от первой и второй групп объединяются на панелях управления.

В целях упрощения цепи пуска УРОВ, а также цепи запрещения АПВ выключателей от первой и второй групп объединяются на панели защит, а далее их связи с соответствующими панелями выполняются одной цепью.

23. В выходных цепях каждой из защит предусмотрены указательные реле для сигнализации действия этих защит.

В целях упрощения для защит, выполненных с двумя выдержками времени, предусмотрено действие их на выходные промежуточные реле через общее указательное реле.

Указательные реле предусмотрены также в цепях ускорения.

24. Для удобства проверок и испытаний в цепях дифференциальных защит автотрансформатора, ошиновки цепей низкого напряжения предусмотрены испытательные блоки. Испытательные блоки на стороне СН используются также при замене выключателя 93 обходным.

Испытательные блоки предусмотрены в цепях напряжения направленных токовых защит нулевой последовательности для удобства проверок и испытаний реле направленной мощности.

Омме того, для удобства проверки и испытаний монтажные блоки установлены в цепях дистанционной защиты и защиты регулирующей обмотки устройства РПН.

25. Отключающие устройства для выведения защит из работы при неоправданностях в их цепях предусмотрены в дифференциальных защитах токовых защитах нулевой последовательности и максимальных токовых защитах с пуском напряжения.

## Глава II.

### ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РЕЗЕРВНОЙ ЗАЩИТЫ АВТОТРАНСФОРМАТОРА 500/330 кВ (рис.5, листы 20-31)

Принципиальная схема защиты автотрансформатора напряжением 500/330 кВ отличается от рассмотренной в главе I в части выполнения цепей защит, связанных с присоединениями на стороне среднего напряжения. Во вводной части пояснительной записки указывалось, что в проекте рассматривается соединение ОРУ 330-500 кВ на стороне среднего напряжения автотрансформатора по схеме "полуторная".

При этом основная дифференциальная защита автотрансформатора на стороне среднего напряжения исключается на встроение во ввод трансформатора тока.

Распределение защит по трансформаторам тока показано на рисунке 5, лист 21. Для защиты ошиновки 330 кВ предусматривается отдельная дифференциальная защита, выполнение которой в данном проекте не рассматривается.

Присоединение автотрансформатора на стороне среднего напряжения по схеме "Полуторная" определяет выполнение резервных защит на этой стороне в части выходных цепей, цепей автоматического ускорения, защиты от неполнофазного режима аналогично защитах на стороне высшего напряжения.

Выполнение схем резервной защиты автотрансформатора на напряжении 500(330) кВ рассмотрено в первой главе.

## Глава II.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РЕГУЛИРОВОЙ ЗАЩИТЫ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ  
НАПРЯЖЕНИЕМ 750/330-500 кВ  
(рис.6, листы 32+45)

В настоящей главе рассматривается выполнение схем защиты автотрансформаторов напряжением 750/330-500 кВ.

I. Отечественная электропромышленность изготавливает два типа таких автотрансформаторов:

- АОДТН-417000/750/500 кВ и
- АОДТН-333000/750/330 кВ.

Эти автотрансформаторы предназначены для связи сетей 750 кВ и 330+500 кВ, имеют устройство регулирования напряжения под нагрузкой, включаемое в нейтраль (продольное регулирование). Кроме того, автотрансформаторы типа АОДТН-333000/750/330 кВ могут дополнительно оборудоваться специальными устройствами для поперечного регулирования напряжений, т.е. изменения фазового угла  $\alpha$  между напряжениями линейных выводов обмоток НН и СН по отношению к земле. Как показали расчеты, поперечное регулирование напряжения в условиях некоторых объединенных энергосистем является наиболее эффективным способом принудительного перераспределения потоков мощности между электропередачей 750 кВ и параллельно работающими с ней линиями 330 кВ. Для поперечного ступенчатого регулирования в нейтрали автотрансформатора АОДТН-333000/750/330 кВ устанавливается специальный трансформатор типа ОДТН-92000/150-74У1.

Для автотрансформаторов 750/500 кВ допускается подключение к обмотке НН нагрузки, при этом величина передаваемой мощности ограничивается допустимыми токами обмоток.

Подключение обмотки НН к источникам питания не предусматривается.

Для автотрансформаторов 750/330 кВ к обмотке НН допускается подключение синхронного компенсатора и трансформатора для поперечного регулирования напряжения.

Необходимо отметить, что при разработке схем защиты названных автотрансформаторов был учтен опыт конкретного проектирования в этой области ряда отделений института, таких как Украинское, Северо-Западное, Тульское.

Схемы релейной защиты разработаны для случая наличия на стороне высшего напряжения схем "четыреугольника", "полуторной", "шины-автотрансформатор" с присоединением линий через два выключателя или с "полуторным" присоединением линий (рис. I листы I-3), на стороне среднего напряжения - "полуторной" схемы.

2. В целях повышения надежности функционирования защит автотрансформатора последние разделены на две группы с питанием их от отдельных автоматов в цепи оперативного постоянного тока (5FI и 5F2). Каждая группа защит имеет свои выходные промежуточные реле.

Следует отметить, что раздельная проверка групп защит не предполагается.

3. Первую группу составляют следующие защиты:

3.1. Дифференциальная токовая защита автотрансформатора.

3.2. Дифференциальная токовая защита цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора.

3.3. Дифференциальная защита регулировочных обмоток трансформатора поперечного регулирования и устройства продольного регулирования для автотрансформатора 750/330 кВ.

3.4. Устройство контроля и защиты вводов 750 и 500 кВ (КВВ). На вводах 330 кВ КВВ не предусматривается.

3.5. Предусматриваемые на автотрансформаторе дифференциальные токовые защиты шинного высшего и среднего напряжений выполняются аналогично защите шин 750-500 кВ; схема ее в настоящей работе не рассматривается.

4. Вторую группу составляют следующие защиты:

4.1. Газовые защиты автотрансформатора, трансформатора поперечного регулирования, устройства РПН и линейного регулировочного трансформатора.

4.2. Двухступенчатые дистанционные защиты от многофазных к.з., устанавливаемые на сторонах высшего и среднего напряжений.

4.3. Максимальная токовая защита с комбинированным пуском напряжения от многофазных к.з. на стороне низшего напряжения.

4.4. Токковые направленные защиты нулевой последовательности от замыканий на землю на сторонах высшего и среднего напряжений.

4.5. Защиты от неполнофазного режима на сторонах высшего и среднего напряжений.

4.6. Защита реактора 10 кВ в цепи реактированного фидера



4.7. Максимальная токовая защита с торможением компенсационной обмотки трансформатора поперечного регулирования для автотрансформатора 750/330 кВ.

4.8. Максимальная токовая защита от перегрузки.

4.9. Контроль изоляции цепей высшего напряжения.

5. В схемах показаны цепи, связывающие защиту автотрансформатора с устройствами резервирования отказа выключателей на сторонах 750 кВ и 330-500 кВ. При этом предполагается, что УРОВ стороны среднего напряжения выполняется действующим:

- при к.з. в автотрансформаторе с отказом выключателя автотрансформатора на отключение всех выключателей системы шин, к которой присоединен автотрансформатор;

- при к.з. в автотрансформаторе с отказом выключателя, общего для линии и автотрансформатора, - на отключение линии, примыкающей к отказавшему выключателю;

- при к.з. на шинах или смежной линии с отказом выключателя автотрансформатора - на отключение всех выключателей автотрансформатора (через выходные реле защиты ошиновки).

УРОВ 750 кВ выполнено действующим:

- при к.з. в автотрансформаторе или на ошиновке высшего напряжения с отказом его выключателя на отключение линии или шин, примыкающих к отказавшему выключателю;

- при к.з. на линии с отказом ее выключателя, общего для линии и автотрансформатора - на отключение всех выключателей автотрансформатора, примыкающего к отказавшему выключателю (через выходные реле защиты ошиновки);

- при к.з. на шинах ("полудторная" схема) с отказом выключателя автотрансформатора - на отключение всех выключателей автотрансформатора (через выходные реле защиты ошиновки).

Необходимо отметить, что наличие в схеме двух групп выходных промежуточных реле потребовало установки четырех реле тока УРСЗ (КА1-КА4) на сторонах высшего и среднего напряжений.

6. В схеме предусмотрены следующие дифференциальные защиты:

- автотрансформатора;

- ошиновки цепей высшего напряжения;

- регулировочных обмоток трансформатора поперечного регулирования и устройства продольного регулирования;

- ошиновок высшего и среднего напряжений автотрансформатора.

Две последние позволяют, в случае необходимости, выполнять АПВ ошиновок, облегчают возможности проверки защит автотрансформа-

гора при его отключении в случае, когда по условиям сохранения транзита выключатели высшего и среднего напряжений автотрансформатора должны быть выключены.

6.1. Дифференциальная защита АЗВ, обеспечивающая автотрансформатор, выполняется с использованием реле типа ДЗТ-23, имеющего боковой выход и тем позволяющего выявлять поврежденную фазу автотрансформатора. Реле обладает высокой чувствительностью (ток срабатывания регулируется в пределах  $0,3-0,7 I_{ном}$ ).

Торможение в защите обеспечивается токами от трех групп трансформаторов тока (ТА1, ТА2, ТА4) с применением приставки дополнительного торможения АПТ, включаемой на ток стороны низшего напряжения.

Схема выполнена в предположении, что для выравнивания вторичных токов в плечах дифференциальной защиты необходимо применение автотрансформаторов тока Т1, Т-Т1, 9.

Присоединение цепей тока к определенным зажимам устройства АЗВ показано условно и определяется расчетом для конкретного случая. Схема внутренних соединений реле типа ДЗТ-23 приведена на рис. 7, листы 1, 2.

6.2. Дифференциальная защита цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора выполнена трехфазной трехрелейной, с использованием реле типа ДЗТ-II (ХАВ 2-ХАВ/4) или ДЗТ-II/3.

Рабочие обмотки реле защит подключаются к трансформаторам тока ТА4, ТА12, ТА5 и ТА6.

Тормозная обмотка реле включена на сумму токов в цепях силового реактора или в цепях синхронного компенсатора и реактора.

6.3. Дифференциальная токовая защита регулировочных обмоток трансформатора поперечного регулирования и устройства НН продольного регулирования включается на трансформаторы тока ТА3 и ТА14, имеющие коэффициент трансформации 2000/5 и выполняется с помощью реле КАТ5-КАТ7 типа РИТ-565.

Для срабатывания перечисленные дифференциальные защиты действуют на выходные промежуточные реле первой группы К1, К1-К1, 10, которые подают сигнал на отключение выключателей автотрансформатора и запрещение их АПВ.

7. План газовой защиты выполнен с учетом наличия:

- трех газовых реле КЗС-1-КЗС-3, реагирующих на повреждения в катушках каждой фазы автотрансформатора и имеющих два контакта, действующих на отключение автотрансформатора и на сигнал;

- трех газовых реле КСГ 4-КСГ-6, реагирующих на повреждения в контакторном объеме РПН автотрансформатора, у которых используется только контакт, действующий на отключение;

- трех газовых реле КСГ 8-КСГ-10, реагирующих на повреждения в кожухах каждой фазы трансформатора поперечного регулирования и имеющих два контакта, действующих на отключение и на сигнал;

- трех газовых реле КСГ II-КСГ-13, реагирующих на повреждения в контакторном объеме РПН трансформатора поперечного регулирования, у которых используется только контакт, действующий на отключение;

- газового реле КСГ-7, реагирующего на повреждение в кожухе линейного регулировочного трансформатора и действующего на отключение и на сигнал;

- реле давления КДР, реагирующего на повреждения в устройстве РПН линейного добавочного трансформатора.

В схеме предусмотрена возможность перевода действия отключающих контактов газовых реле автотрансформатора, трансформатора поперечного регулирования и линейного регулировочного трансформатора на сигнал.

8. Вопросы пуска установки пожаротушения рассмотрены в I главе (п.9) данной работы и для автотрансформаторов с высшим напряжением 750 кВ аналогичны АТ 500.

9. Выполнение контроля и защиты изоляции вводов 750 кВ осуществляется с помощью устройства типа БИВ-500Р. Описание его приведено в п. II главы I.

10. Для защиты компенсационной обмотки трансформатора поперечного регулирования предусмотрена максимальная токовая защита с торможением, выполненная на реле КAW 5-КАW 7 типа ДЗТ II; рабочая обмотка реле включена на ток в цепи компенсационной обмотки трансформатора поперечного регулирования, а тормозная обмотка реле - на ток в цепи регулировочной обмотки трансформатора. Защита принята в трехфазном исполнении с учетом наличия внешних соединений между компенсационными обмотками разных фаз, т.е. с учетом возможности многофазного короткого замыкания на вводах компенсационной обмотки. Защита действует на отключение автотрансформатора через выходные промежуточные реле К1. II-К1.20.

II. Для резервирования отключения многофазных в.з. на стороне высшего напряжения предусмотрена дистанционная защита. Защита выполняется с использованием отдельной панели типа ПЗД105. На пане-

ли предусмотрены комплекты реле сопротивления типа КРС-2 (первая ступень дистанционной защиты) и типа КРС-3 (вторая ступень дистанционной защиты) устройства блокировки при качаниях типа КРС-125 или КРС-126, устройство блокировки при недоисправности цепей напряжения типа КРС-12.

Защита питается от трансформаторов тока ТА1, встроенных во втулки высшего напряжения автотрансформатора, и от трансформатора напряжения на вводе высшего напряжения автотрансформатора.

Первая ступень используется для резервирования отключения повреждений на линиях и ошибочке высшего напряжения, а также для облегчения согласования защит линий среднего напряжения. Вторая ступень используется для обеспечения дальнего резервирования в сети высшего напряжения. Одновременно защита может частично резервировать основную защиту автотрансформатора.

С первой выдержкой времени обе ступени действуют на промежуточные реле, отключающие часть выключателей 750 кВ с целью деления сети, со второй (через временно замыкающий контакт реле времени КТ7 и промежуточные реле - на отключение всех выключателей 750 кВ, а с третьей (через упорный контакт реле времени КТ7) - на выходные промежуточные реле К1, П1-К1, 20 второй группы. При таком ступенчатом выполнении действия резервных защит обеспечивается разделение систем шин (деление электропередачи - для схемы "четырехугольника"), что позволяет избежать полного погашения подстанции, если в действие приходят резервные защиты двух автотрансформаторов. При необходимости отключения одновременно всех выключателей стороны высшего напряжения автотрансформатора должна быть включена накладка § XI.5. В этом случае, так как не предусматривается деление систем шин при "полукорной" схеме, должны быть сняты цепи отключения выключатели параллельной цепи.

Для резервирования отключения многофазных к.з. на стороне СН предусмотрена аналогичная дистанционная защита, питаемая от трансформаторов тока ТА2, встроенных во втулки среднего напряжения автотрансформатора, и от трансформатора напряжения на вводе высшего напряжения автотрансформатора.

С первой выдержкой времени обе ступени действуют на промежуточные реле, которые отключают один из выключателей автотрансформатора 330-500 кВ и выключатель, общий для двух линий, в параллельной цепи из трех выключателей.

Со второй выдержкой времени отключается второй выключатель 330-500 кВ автотрансформатора. С третьей выдержкой времени защита действует на выходные промежуточные реле КЛ II.-КЛ 20 автотрансформатора. При необходимости одновременного отключения обеих выключателей автотрансформатора на стороне среднего напряжения должна быть включена накладка § II 7, а цепи на отключение выключателя, общего для двух линий, параллельной цепи сняты.

12. Для резервирования отключения замыканий на землю на стороне высшего напряжения предусмотрена токовая направленная защита нулевой последовательности, питаемая от трансформаторов тока ТАГ, встроивших во втулки ВН автотрансформатора.

В целях обеспечения возможности согласования защит линий среднего напряжения с защитами автотрансформатора рассматриваемая защита выполнена трехступенчатой.

Первая ступень защиты (КАЗ) выполнена с помощью реле типа РТ-40. Вторая ступень (КАТ), используемая также и при ускорении защиты (см. ниже), выполнена с реле типа РНГ для отстройки от апериодической составляющей в нулевом проводе трансформаторов тока стороны ВН, появляющейся после операций с выключателем и обусловленной разновременностью действия его фаз.

Для осуществления чувствительной третьей ступени (КА 5) в целях уменьшения нагрузки на трансформаторы тока применено трехфазное реле тока типа РТ-40/Р-I с последовательным соединением трех первичных обмоток его промежуточного трансформатора.

Все ступени защиты действуют на те же выходные реле, что и дистанционная защита на стороне высшего напряжения (АК 2).

Цепь напряжения реле направления мощности КВН рассматриваемой защиты питается от шинок, воспроизводящих напряжение на стороне ВН для схем "четыреугольная" и "полуторная", или от трансформатора напряжения на шинах для схемы "автотрансформатор-шина". Для обеспечения действия защиты при к.з. на землю в зоне между выключателями и втулками ВН после отключения выключателей стороны ВН, когда питающий цепи защиты трансформатор напряжения может быть отделен от места замыкания на землю, контакт реле направления мощности КВН шунтируется контактом реле КЛ 34.

Имеется возможность выполнения любой ступени защиты ненаправленной.

Для резервирования отключения к.з. на землю на стороне СН предусмотрена аналогичная рассмотренной трехступенчатая токовая

направленная защита нулевой последовательности, питаемая от трансформаторов тока ТА2, встроенных во вторичке среднего напряжения автотрансформатора.

Защита действует также, как дистанционная защита на стороне среднего напряжения.

Цепь напряжения реле направления мощности KW2 питается от шинки, воспроизводящих напряжение на стороне среднего напряжения АТ. Для обеспечения действия защиты после отключения выключателя автотрансформатора при к.з. на землю на оплывке СН автотрансформатора контакт реле направления мощности KW2 пунтируется контактом реле К1-38.

14. Резервные защиты цепей стороны низшего напряжения рассматриваемых автотрансформаторов выполняются аналогично таковым для АТ500(330)кВ. Их описание дано в главе I.

15. В схеме предусмотрены защиты от неполнофазных режимов, возникающих при отключении (или включении) не всеми фазами выключателей автотрансформатора высшего и среднего напряжений, оборудованных пофазными приводами. Выполнение и действие этих защит рассмотрено в I главе.

В настоящем разделе несколько подробнее рассматривается вопрос о выходном действии указанных защит.

Как указывалось выше, в схеме предусмотрено действие обеих защит на выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора К1. П-К1.20. Однако, при "полуторной" схеме электрических соединений может оказаться целесообразным в некоторых условиях воздействовать не на отключение автотрансформатора, а на отключение системы или смежной линии в зависимости от того, какой выключатель оказался в неполнофазном режиме. При этом надо также запретить АПВ этих элементов. Выбор адреса действия защиты производится обслуживающим персоналом с помощью отключающих устройств.

16. В схеме предусмотрено оперативное и автоматическое усиление резервных защит автотрансформатора. Выполнение этих цепей аналогично рассмотренному в I главе.

Во всем остальном, не оговоренном выше, выполнение схемы защиты автотрансформаторов с низким напряжением 750 кВ аналогично схеме защиты автотрансформаторов 500 (330)/110-220 кВ, рассмотренной в первой главе данной работы.

## Глава IV.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ОТКАЗА  
ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ АВТОТРАНСФОРМАТОРА НА СТОРОНАХ ВЫСШЕГО И  
СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЗАЩИТЫ АВТОТРАНСФОР-  
МАТОРА

В данной главе рассматривается принципиальная схема устройства резервирования отказа выключателей автотрансформатора на сторонах высшего и среднего напряжений, которая может быть предусмотрена дополнительно в тех случаях, когда реле тока УРОВ выключателей ВН и СН нечувствительны к повреждениям на стороне низшего напряжения автотрансформатора в зоне действия его защиты, например, за основным реактором или за трансформатором собственных нужд, подключенным к АТ без выключателя. Указанное устройство предложено сотрудниками ОРГА Энергосетьпроект (авторы: Запальская В.М., Рудман А.А., Урнова О.П. и др. Заявка № 3609278/24-07, решение о выдаче авторского свидетельства от 15.12.83г.).

Устройство содержит два реле тока КА1 и КА2 типа РТ-40/Р-5, реле времени КТ типа РВ-112, промежуточные реле типа РН-16-12, указательные реле типа РУ-1-20 с номинальным током 0,025А, реле-ограничители типа ПЭВ-5 Р-9100 См, при этом КЛ<sub>А,В,С</sub>-КЛ<sub>У</sub> А,В,С - блок-контакты выключателей высшего и среднего напряжений автотрансформатора, замкнутые при включенном выключателе.

Схема устройства работает следующим образом. При повреждении за реактором или в обмотке или в обмотке ВН или на стороне ВН трансформатора собственных нужд и при отказе любого из выключателей ВН и СН автотрансформатора работает защита автотрансформатора, которая осуществляетпуск рассматриваемого устройства. Сигнал отказа выключателя ВН или СН автотрансформатора определяется реле тока КА1, КА2 и контактами реле-повторителей блокконтактов соответствующего выключателя, замкнутыми при включенном выключателе. Устройство действует на отключение выключателей элемента, смежного с отказавшим выключателем.