

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

Пояснительная записка

СФ 668-01

Госстрой СССР
Центральный институт типового проектирования
Свердловский филиал
620062, г.Свердловск-62, ул.Чебышева,4
Заказ № 67 Изд.№ С90 668-01 тираж 400
Сдано в печать 2.01 1986г цена 0-59

Техническое проектирование рамок

407-03-362.85

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

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.Я.Петров

Главный инженер проекта

Н.Е.Рибель

СФ 668-01

СОДЕРЖАНИЕ АЛЬБОМА

	Стр.
Титульный лист	1
Содержание	2
1. Введение	3
2. Глава I. Принципиальная схема релейной защиты автотрансформаторов с напряжением 500(330)/110-220 кВ (рис.4, листы 6+19)	5
3. Глава II. Принципиальная схема релейной защиты автотрансформаторов с напряжением 500/330 кВ (рис.5, листы 20+31)	20
4. Глава III. Принципиальная схема релейной защиты автотрансформаторов с напряжением 750/330-500кВ (рис.6, листы 32+45)	21
5. Глава IV. Принципиальная схема устройства резервированного отказа выключателей автотрансформатора на сторонах высшего и среднего напряжений при действии защиты автотрансформатора	29

В В Е Д Е Н И Е

В настоящей работе даны схемы релейной защиты автотрансформаторов с высшим 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 СЭО Энергосетьпроекта 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/II+38,5 кВ мощностью 3x83 МВ.А и 3x133 МВ.А и 500/230+330/II+38,5 кВ мощностью 3x167 МВ.А и 3x267 МВ.А;
- с однофазными автотрансформаторами 750/330/I5,75 кВ мощностью 3x333 МВ.А и 750/500/I0+I5,75 кВ мощность 3x417 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	Энергосетьпроект	Стадия	Лист	Листов
ГИИ	Ридель	Энергосетьпроект	РП	1	27
Рук.групп.	Грудичина	Составлено в соответствии с высшим напряжением 500(330)-750кВ с	Энергосетьпроект		
Ст.инже.	Лахомова	использованием устройств на полупроводниковых приборах	г.Москва	1984 г.	

Бланкимальные схемы разработаны с предположения наличия на сторонах высшего, среднего и низшего напряжений следующих схем соединений распределительных устройств:

- На стороне НН 500(330)-750 кВ
 - четырехугольник - 330-7, 500-7, 750-7;
 - автотрансформатор-линия - 330-15, 500-15, 750-15;
 - автотрансформатор-линия с полугорным присоединением линий - 330-15, 500-15, 750-15;
 - полугорная схема - 330-17, 500-17, 750-17.
- На стороне СН 500(330) кВ - полугорная - 500-17.
- На стороне СН 110-220 кВ
 - одна рабочая синхронизированная выключателем и обходная система линий с выключателями в цепях трансформаторов с отдельными секционными и обходными выключателями - 110-12, 220-12;
 - две рабочие и обходная системы линий - 110-13, 220-13.
- На стороне НН 35 кВ
 - одна рабочая синхронизированная выключателем система линий - 35-9.
 - На стороне НН 6-10 кВ
 - одна синхронизированная выключателем система линий - 10(6)-1;
 - две одиночные синхронизированные выключатели системы линий - 10(6)-3;
 - с присоединенными синхронными компенсаторами КСНБ-ЮС-ЛУ1 и КСНБ-50-ЛУ1.
 - 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 регулировочного трансформатора на выводах НН.

Напряжение оперативного постоянного тока - 220 В.

На НС предполагается установка следующих коммутационных аппаратов.

На сторонах высшего и среднего напряжений используются воздушные выключатели с изофазными присоединениями.

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

На напряжении 35 кВ используется воздушные выключатели с трехфазным приводом.

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

Выполнение защиты описано 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 предоставлены 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 называемых 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)

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

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

2. В целях повышения надежности функционирования защит автотрансформатора последние разделены на две группы с питанием их от отдельных автоматов в целях оперативного постоянного тока (СФ-1

и SF-2). Каждая группа защит имеет свои выходные промежуточные реле.

Следует отметить, что раздельная проверка групп защиты не предполагается.

3. Первую группу составляют следующие защиты:

3.1. Дифференциальная токовая защита автотрансформатора.

3.2. Дифференциальная токовая защита цепей стороны высшего напряжения автотрансформатора.

3.3. Защита регулировочной обмотки устройства РИИ. Предусматривается только для групп одnofазных автотрансформаторов напряжением 500/220 кВ мощностью Эх167 и Эх267 МВ.А.

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

4. Вторую группу составляют следующие защиты:

4.1. Главные защиты автотрансформатора, устройства РИИ и линейного регулировочного трансформатора.

4.2. Двухтупенчатые 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 высшего напряжения.

4.4. Токовые направления защиты пuleвой 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 реактивизированного фидера (в варианте подключения на нижней стороне синхронного компенсатора).

5. Схема выполнена с учетом возможности замены выключателей стороны среднего напряжения обходным выключателем.

6. В схемах показаны цепи, симметричные защите 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 или, к которой присоединен автотрансформатор;

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

УРОВ 500(330) кВ выполнено действующим:

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

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

- при х.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, цепей стороны низшего напряжения и ошиновки стороны высшего напряжения.

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

7.1. Дифференциальная защита АКУ, охватывающая автотрансформатор и соединения его со сборными линиями среднего напряжения, выполнена с использованием реле типа ЛБТ-23, имеющего побазовый выход и тем позволяющего замкнуть поврежденную фазу автотрансформатора.

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

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 в предположении, что для выравнивания вторичных токов в цепях дифференциальной защиты необходимо применение автотрансформаторов тока Т1-Т1-9.

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

При замыкании выключателя Q3 обходным зазором переключается с трансформаторов тока Т18 на трансформаторы тока в цепи обходного выключателя П10-220 кВ с помощью испытательных блоков 5G-2, 5G-3 в схеме защиты автотрансформатора и соответствующих испытательных блоков в схеме блока перевода.

7.2. Дифференциальная защита цепей стороны нижнего напряжения автотрансформатора выполнена трехфазной трехрелейной, с дополнительным реле КАУ 2-КАУ 4 типа ДЗТ-II или ДЗТ-III/S.

Ториканая обмотка реле выполнена на сущем токов в цепях синхронного рефлектора или в цепях синхронного компенсатора и рефлектора.

При срабатывании дифференциальные защиты автотрансформатора (АКУ) к цепям его стороны нижнего напряжения (КАУ 2 - КАУ 4) действуют на выходные промежуточные реле первой группы КЛ-1-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 К5G-1-К5G-3, реагирующих на повреждения в кожухах каждой фазы автотрансформатора и имеющих два контакта, действующих на отключение автотрансформатора и на сигнал;
- трех газовых реле К5G-4-К5G-6, реагирующих на повреждения в контакторном объеме РНН автотрансформатора, у которых используется только контакт, действующий на отключение;
- газового реле К5G-7, реагирующего на повреждение в кожухе линейного регуляровочного трансформатора и действующего на отключение и на сигнал;
- реле давления К9Р реагирующего на повреждения в устройстве РНН линейного дозировочного трансформатора.

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

гумировочного граноформатора на сигнал.

9. Все автотрансформаторы, защита которых рассматривается в данной работе, оборудованы установками пожаротушения. Схемы защиты выполнены с учетом указания № С-7392 Министерства СССР от 05.06.80 г. "о применении устройства обнаружения пожара силовых трансформаторов". В соответствии с этим указанием, а также § II-2-56 ПУЭ, осуществление автоматического пуска систем пожаротушения автотрансформаторов должно осуществляться от специально-го "устройства обнаружения пожара для защиты силовых трансформаторов" с контролем отключенного состояния пожароцеменного 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 фиксируемая отключением состояния автотрансформатора и состоящая из последовательно соединенных контактов реле тока УРОВ КА2 и КА4 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. Особенностью 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 называемое 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 излишнего напряжения автотрансформатора.

Задача выполняется с помощью реле ЕАУ1 типа ДЗТ-П/4, включенного на ток кухевой последовательности.

Работая обмотка реле присоединяется к трансформаторам тока ТА9 в цепь компенсационной обмотки, а горючая - к граноформатору.

торам тока оторок ВН и СН таким образом, чтобы при внешних коротких замыканиях токи в обмотках складывались.

В режиме длительной работы с отключенным выключателем ППО-220 кВ защита может наливно срабатывать при к.з. на землю на стороне 330-550 кВ. Для предотвращения указанного в схеме предусмотрено блокирующее реле КА11, питаемое от трансформаторов тока ТА1 стороны ВН и включаемое в работу наливной SX2 в режиме длительного отключения выключателя СН.

II. Насыщениеподобие извода 500 кВ защищаемых автотрансформаторов снабжено устройством контроля их изоляции. Указанное устройство АК1 состоит из блок-реле КИВ-500Р, согласующего трансформатора и разрядников (см. рис.8, лист 48). Оно осуществляет контроль состояния изоляции изводов в процессе эксплуатации и позволяет отключать автотрансформатор до полного пробоя извода.

Устройство реагирует на сумму токов, протекающих под воздушным рабочим напряжением через изоляцию изводов трех фаз. Использованием соответствующих ответвлений первичной обмотки согласующего трансформатора может быть получен минимальный ток извода в блок-реле КИВ-500Р.

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

Ток срабатывания сигнального элемента должен быть равен 5-7% минимального симметричного тока извода. Выдержка времени сигнального элемента (КТ1) должна быть отстроена от максимальной выдержки времени резервных защит крепленияющей сети ВН и СН.

Ток срабатывания отключающего элемента должен быть равен 20-25% минимального симметричного тока извода. Выдержка времени элемента КТ2 должна быть отстроена от быстродействующих защит и может быть рекомендована в пределах 1,2-1,3 с.

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

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

цепь первичной обмотки согласующего трансформатора. Ток срабатывания реле KAI2 принимается равным 60-70 % от номинального токового тока звонка.

При резком изменении тока от нуля до значения, большего тока срабатывания реле KAI2, отключющий элемент будет выведен из действия размыкающим контактом этого реле.

12. Для резервирования отключения многофазных з.з. на стороны высшего напряжения предусмотрена дистанционная защита. Защита выполняется с использованием отдельной панели типа ПЭ 2105. На панели предусмотрены комплекты реле сопротивления типа КРС-2 (первая ступень дистанционной защиты) и типа КРС-3 (вторая ступень дистанционной защиты), устройство блокировки при качаниях типа КРБ-125 (ПЭ2105-4) или КРБ-126 (ПЭ2105-5), устройство блокировки при неисправности цепей напряжения типа КРБ-12.

Защита питается от трансформаторов тока ТAI, встроенных во втулки высшего напряжения автотрансформатора, и от трансформатора напряжения на звонке низшего напряжения автотрансформатора.

Первая ступень используется для резервирования отключений повреждений на линиях и синхроне высшего напряжения, а также для облегчения согласования защит линий среднего напряжения. Вторая ступень используется для обеспечения дальнего резервирования в сеть высшего напряжения. Одновременно защита может частично резервировать основание защиты 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 времязамыкающий контакт реле времени КТ7) срабатывают промежуточные реле К432-К434, КЛ 58, КЛ 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 КЛ 11-КЛ 20 и отключает автотрансформатор. При таком ступенчатом выполнении действий резервных защит обеспечивается разделение систем шин (деление азимутопередачи - для схемы "четырехугольника"), что позволяет избежать полного погашения подстанции, если в действие приходит резервные защиты двух автотрансформаторов. При необходимости отключения одновременно всех выключателей стороны

и высшего напряжения автотрансформатора должна быть включена наработка 5Л15.

Для разогрева отключения многофазных л.э. на стороне СН предусмотрена аналогичная дистанционная защита, питаемая от трансформаторов тока ТА2, встроенных во втулки среднего напряжения автотрансформатора, и от трансформатора напряжения на выводе нашего напряжения автотрансформатора.

С первой задержкой времени обе ступени действуют на промежуточное реле КЛ37, которое отключает минусоединительный и селективный выключатели ПК-220 кВ. Со второй задержкой времени (через временно замкнутые контакты реле времени КЛ14) защита через промежуточное реле КЛ38 отключает выключатели ОЗ или заменяющий его однодной выключатель. С третьей задержкой времени защита действует на выходные промежуточные реле КЛ II-КЛ20 автотрансформатора.

При необходимости отключения выключателя автотрансформатора или заменяющего его однодного выключателя одновременно с минусоединительным и селективным выключателями должна быть включена наработка 5Л17.

13. Для разогрева отключения замыканий на землю на стороне высшего напряжения предусмотрена токовая направленная защита нулевой частоты, питаемая от трансформаторов тока ТА1, встроенных во втулки НН автотрансформатора.

В целях обеспечения возможности сопровождения защит линий среднего напряжения с защитами автотрансформатора рассматриваемая защита включена трехфазной.

Первая ступень защиты (КЛ 9) выполнена с помощью реле типа РТ-40. Вторая ступень (КЛ11), используется также и при усилении защиты (см. ниже), выполнена с реле типа РНГ для отстройки от апериодической составляющей в нулевом проводе трансформаторов тока оторвавшейся после отключения с выключателем и обусловленной разновременностью действий этого фаз.

Для осуществления чувствительной третьей ступени (КЛ 5) в целях уменьшения нагрузки на трансформатор тока применено трехфазное реле типа РТ-40/Р-1 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 (ДХ-2).

Цель напряжения реле запирания мощности КЛ1 рассматриваемой защиты питается от минуса, воспроизводящих напряжение на сторо-

ке ВН для схем "четырехугольные" и "полугорная" или от трансформатора напряжения за шинах для схемы "автотрансформатор-шины". Для обеспечения действий защиты при к.з. на землю в зоне между выключателями и втулками ВН для схем соединений "четырехугольник" и "полугорная" после отключения выключателей Q2 I и Q2 3, когда питаний цепи защиты трансформатор напряжения отделен от места замыкания на землю, контакт реле направления мощности KW1 шунтируется контактом реле KL 58.

Имеется возможность выполнения любой ступени защиты ненаправленной.

Для резервирования отключения к.з. на землю на стороне СИ предусмотрена аналогичная рассмотренной трехступенчатая токовая защита, питаемая от трансформаторов тока TA2, встроенных во втулки среднего напряжения автотрансформатора.

Цепь выходных цепей защиты действует также, как листаниционная защита на стороне среднего напряжения.

Цепь напряжения реле направления мощности KW2 питается от трансформатора напряжения шин 110+220 кВ. Для обеспечения действия защиты после отключения выключателя Q3 или заменяющего его обходного при к.з. на землю в цепях соединения автотрансформатора с шинами 110+220 кВ контакт реле направления мощности KW2 шунтируется контактом реле KL 58.

14. Для резервирования защит цепей стороны внешнего напряжения предусмотрена максимальная токовая защита с комбинированным пуском напряжения. В целях размещения основной и резервной защит цепей стороны внешнего напряжения на разных клеммах трансформаторов тока рассматриваемая защита, питаемая от трансформаторов тока TA4, включена в плечо дифференциальной автотрансформатора. Так как указанное трансформаторы тока соединены по схеме "звезда", защита для исключения ее действия при внешних замыканиях на землю в сети внешнего 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.т., принимается в три раза меньше, чем число витков обмотки, включенной в фазный провод.

Комбинированный пусковой орган напряжения (KV2 I, KV 2 и KL 40) питается от трансформатора напряжения на изводе ВН автотрансформатора. Кроме того, пуск по направлению максимальной токо-

вой защиты может осуществляться от комбинированных пусковых органов напряжения, питаемых от трансформаторов напряжения секций или НН. Предусмотрена возможность пускания цепи пуска по напряжению. С первой задержкой времени защита действует на отключение выключателей Q1, Q4 и Q2, а со второй - на выходные промежуточные реле КЛ II-КЛ 20.

15. Для защиты реактора в цепи трансформатора собственных нужд предусмотрена токовая отсечка в двухфазном двухрелейном исполнении (КА 15, КА 14), действующая на выходные промежуточные реле КЛ II - КЛ 20, и максимальная токовая защита в двухфазном трехрелейном исполнении (КА 15-КА 17, КТ 18), действующая с первой задержкой времени на отключение выключателей Q2 и со второй - на выходные промежуточные реле КЛ II - КЛ 20.

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

При отключении выключателей на вводе к секциям или 6-10 кВ пуск по напряжению пускается различающим контактом реле положения "включено" выключателей Q1 или Q4 (ИДС 1, ИДС 4 соответствен но).

В схеме предусмотрено ускорение максимальной токовой защиты после включения 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 соединений ОРУ "мини-автотрансформатор".

Следует отметить, что нежелательный неполнофазный режим возникает при неполнофазном отключении одного из выключателей высшего напряжения Q2 I или Q2 3 рассматриваемого автотрансформатора, если один из трех остальных выключателей "четырехугольника" или

один из включателей "полуторной" цепочки, к которой подключен рассматриваемый автотрансформатор, отключен (например, для ремонта). 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 непереключения фаз, предусмотренных в схемах управления выключателей. При этом пусковая цепь защиты контролируется с помощью реле схемы управления, характеризующих положение других выключателей. Для "четырехугольника" контролируется отключенное положение выключателя, смежного с отказавшим или противоположного ему. Для "полуторной" схемы при неполнофазном отключении (заключении) выключателя автотрансформатора надо контролировать отключенное состояние одного из двух других выключателей "полуторной" цепочки. Такое выполнение защиты обеспечивает селективное отключение элемента с отказавшим выключателем, а также ликвидацию неполнофазных режимов во всех случаях.

Защита выполнена с выдержкой времени (разе Х14, Х24), обеспечивающей отстройку от действия реле контроля непереключения фаз в схеме управления, что необходимо, поскольку последним может быть ликвидирован неполнофазный режим в случае отказа одной или двух фаз выключателя при его заключении. Защита действует на выходные промежуточные реле К1, II-К1, 20 второй группы.

Предусмотренная в схеме защита от неполнофазного режима, возникшего при отключении (заключении) не всеми фазами выключателя Q3 или замыкания 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 Х11 защите контролируется контактами реле контроля непереключения фаз выключателя Q3 или обходного QВ.

Реле Х11 действует также на выходные промежуточные реле К1, II-К1, 20 второй группы.

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

ти элемента, смкного с отключателем, что может оказатья целесообразным в ремонтном режиме в целях сохранения транзистора на стороне высшего напряжения.

18. Минимальная токовая защита от перегрузки установлена со стороны высшего напряжения автотрансформатора (реле тока KA7) со стороны выходов обмотки автотрансформатора к лейтгриду (реле тока KA8) и со стороны высшего напряжения автотрансформатора (реле тока KA22).

Задита действует на сигнах с выдержкой времени (реле времени КТ16).

19. В схеме предусмотрена возможность оперативного ускорения защит от внешних к.з. на сторонах НН и СН.

При выведении из работы защиты или их ошибок высшего напряжения рубильником 51 вводится оперативное ускорение первой или второй ступени токовой направленной защиты пусковой последовательности от замыканий на землю на стороне НН 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 раз渲дения сети, со второй (через временно замыкающий контакт реле времени КТ7) - на отключение остальных выключателей НН, с третьей (через упорный контакт реле времени КТ7) - на выходные промежуточные реле К4. II - К4. 20 второй группы.

При выведении из работы защиты или ПП-220 кВ рубильником 52 вводится оперативное ускорение первой или второй ступени токовой направленной защиты пусковой последовательности от замыканий на землю на стороне среднего напряжения и первой ступени дистанционной защиты (АК3). При этом по выходным цепям защиты аналогично остальным резервным защитам на стороне СН.

На рис. 51 изображена схема выведения из дна контакта реле времени КТ 6 и КТ 18 (замыкающиеся-1-4 и 3-5). В каждом конкретном случае выбирается требуемый способ ускорения и устанавливаются соответствующие переключатели.

При выведении из действия дифференциальной защиты автотрансформатора АК400 рубильником 53 вводится оперативное ускорение третьих ступеней (ненаправленных) токовых защит пусковой последовательности на сторонах НН и СН и защиты обратной последовательности (ПРБ-126) дистанционной защиты АК2. В этом случае ускоре-

емые защиты действуют на отключение автотрансформатора.

20. В схеме предусмотрено автоматическое ускорение защиты от внешних к.з. при включении выключателей автотрансформатора сторон вида и среднего напряжений от устройства АПВ после отключения внешнего повреждения (например, к.з. на ошиновке или шинах НН, на сборных линиях СН).

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

При включении выключателя Q2 I или Q2 3 (QTI) от устройства АПВ после отключения повреждения на ошиновке или шинах вида напряжения их дифференциальными защитами ускоряется 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 (АК3) при включении выключателей Q2 I или Q2 3 (QTI) с контролем отсутствия напряжения на автотрансформаторе.

При включении выключателя QTI с контролем отсутствия напряжения на шинах НН ускоряется первая или вторая ступень дистанционной защиты на стороне НН (АК2).

В цепи пуска автоматического ускорения (реле КТ5) предусмотрены контакты реле ускорения КЛ 28, КЛ 29, которые, в свою очередь, пускаются контактами реле, фиксирующим отключением положение выключателя, с контролем отсутствия напряжения на автотрансформаторе (реле КЛ 42), а для реле ускорения выключателя автотрансформатора QTI (для "полутройной" схемы электрических соединений) также с контролем отсутствия напряжения на шинах. Реле времени КТ5 действует через реле КЛ 26-КЛ 29 на отключение выключателей Q2 I или Q2 3 (QTI).

При включении выключателя Q3 или заменяющего его обходного выключателя П10-220 кВ от устройства АПВ после отключения повреждения на шинах ускоряются вторая ненаправленная ступень токовой защиты нулевой последовательности (КАТ2), и первая или вторая ступень дистанционной защиты на стороне среднего напряжения (АК3). При включении указанных выключателей от устройства АПВ после отключения повреждения на ошиновке НН ее дифференциальной защитой ускоряется вторая ступень токовой направленной защиты нулевой последовательности от замыканий на землю на стороне вида напряжения автотрансформатора и первой или второй ступени дистанционной защиты.

AB2 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" КОТ этих выключателей. Действие реле KL 54 и KL 55 контролируется органом напряжения KV 1 (KL 39) и органом напряжения KV2 (KL 41), разрешающим действие защиты по цепи ускорения при отсутствии напряжения на линии СН или при отсутствии напряжения на автотрансформаторе.

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

Следует отметить, что в рассматриваемой схеме, в целях упрощения, не предусмотрено автоматическое ускорение защиты от внешних к.з. автотрансформатора при включении Q2 I или Q2 3 на к.з. на линии 500 (330) кВ, сопровождающееся отказом ее защиты; указанное допустимо, поскольку линия такого напряжения, как правило, оборудована двумя быстродействующими защитами и такие отказы защиты маловероятны.

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

Реле питается от трансформатора напряжения, установленного на входе низшего напряжения автотрансформатора. Во избежание неправильного 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 фильтр-реле напряжения обратной последовательности KV2I.

22. В качестве выходных промежуточных реле первой (KL 1-KL 10) и второй (KL 11-KL 20) групп защиты автотрансформатора используются реле типа РС-220.

В схеме выполнено самоудерживание указанных выходных промежуточных реле, обеспечивающее 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 выклю-

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 сработавшем состоянии по цепям замкнутых контактов КЛ 21, КЛ 10 и КЛ 22, КЛ 20.

Автоматическое снятие самоудерживания осуществляется при отпускании дополнительного предусмотренного 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 запрещение 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 пели 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 с цепью ускорения.

24. Для удобства проверок к испытаниям в линиях дифференциальных защит автотрансформатора, ошиновки цепей измеренного напряжения предусмотрены испытательные блоки. Испытательные блоки на стороне СН используются также при замене выключателей Q3 обходными.

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

Кроме того, для удобства проверок и испытаний испытательные блоки установлены в цепях логикционной защиты и защиты регулировочной обмотки устройства РНН.

25. Отключение устройства для выведения защит из работы при неисправностях в их цепях предусмотрено в дифференциальных защитах, токовых защитах нулевой последовательности и максимальных токовых защитах с пуском напряжения.

Глава II.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ АВТОТРАНСФОРМАТОРА 500/330 кВ (рас.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 входной 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 включается на встроенные во вторичные трансформаторы тока.

Распределение защит по трансформаторам тока показано на рисунке 5, лист 21. Для защиты секции 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 нелинейного режима аналогично защитам на стороне высокого напряжения.

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

Глава II.

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

В настоящей главе рассматривается выполнение схемы 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 нейтрали (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 α 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 працедурального 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-92000/150-74/1.

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 к трансформатора для поперечного регулирования напряжения.

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

Схемы разбивки защиты разработаны для случая наличия на стороне высшего напряжения схем "четырехугольника", "полуторной", "шахы-автотрансформатора" 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 (SF1 и SF2). Каждая группа защит имеет свои выходные промежуточные реле.

Следует отметить, что раздельная прозорка группы защит не предполагается.

3. Первую группу составляют следующие защиты:

3.1. Дифференциальная токовая защита автотрансформатора.

3.2. Дифференциальная токовая защита цепей стороны высшего напряжения автотрансформатора.

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

3.4. Устройство контроля и защиты звезд 750 и 500 кВ (КИВ). На звездах 330 кВ КИВ не предусматривается.

3.5. Предусматривается на автотрансформаторе дифференциальные токовые защиты ошиновок 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 РИИ 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 высшего напряжения.

4.4. Токовые направленные залоги кулеров 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 реактивированного 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 низшего напряжения.

5. В схемах показаны цепи, связанные 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 ее 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 ("полуторная" 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 низшего 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, облегчая возможности проверки защит автотрансформатора.

тора при это отключении в случае, когда по условию сохранения транзита выключатели якорного и среднего напряжений автотрансформатора должны быть включены.

6.1. Дифференциальная защита АХВ, охватывающая автотрансформатор, выполнена с использованием реле типа ДЗТ-23, имеющего кофазный выход и тем позволяющего выявить 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 промежуточного торможения АТ1, включаемой на ток стороны низкого напряжения.

Схема выполнена в предположении, что для выравнивания вторичных токов в плачах дифференциальной защиты необходимо применение автотрансформаторов тока Т1, I-T1, 9.

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

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

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

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

6.3. Дифференциальная токовая защита регулировочных обмоток трансформатора поперечного регулирования и устройства РИК продолжительного регулирования включается на трансформаторы тока ТА3 и ТА14, имеющие коэффициент трансформации 200/5 и выполняется с помощью реле КАТ5-КАТ7 типа РИК-565.

При срабатывании перечисленные дифференциальные защиты действуют на включение промежуточные реле первой группы К1-I-K1, 10, которые подают сигналы на отключение выключателей автотрансформатора и запрещение их АИР.

7. Нормальная защита выполнена с учетом наличия:

- трех газовых реле КСГ-I-КСГ-3, реагирующих на повреждения в концах каждой фазы автотрансформатора и имеющих два контакта, действующих на отключение автотрансформатора и на сигнал;

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

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

- трех газовых реле KSG 11-KSG 13, реагирующих на повреждения в контакторном объеме РИН трансформатора поперечного регулирования, у которых используется только контакт, действующий на отключение;

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

- реле давления КУР, реагирующего на повреждения в устройстве РИН линейного добавочного трансформатора.

В схеме предусмотрена возможность переводе действия отключавших 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 высоким напряжением 750 кВ аналогичны АТ 500.

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

10. Для защиты компенсационной обмотки трансформатора поперечного регулирования предусмотрена максимальная токовая защита с горением, выполненная на реле KAW 5-KAW 7 типа ДЗТ II; рабочая обмотка реле включена на ток в цепь компенсационной обмотки трансформатора поперечного регулирования, а тормозная обмотка реле - на ток в цепь 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 звездах компенсационной обмотки. Защита действует на отключение автотрансформатора через выходные промежуточные реле КЛ II-КЛ 20.

11. Для резервирования отключения многофазных з.з. на отрыве высокого напряжения предусмотрена дистанционная защита. Защита выполняется с использованием отдельной панели типа ПЭ2105. На панели

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

Задата питается от трансформаторов тока ТА1, встроенных во втулки высшего напряжения автотрансформатора, и от трансформатора напряжения на звоне нижнего напряжения автотрансформатора.

Первая ступень используется для резервирования отключения повреждений на линиях и отключение 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 основные защиты автотрансформатора.

С первой выдержкой времени обе ступени действуют на промежуточные реле, отличающиеся часть выключателей 750 кВ с целью деления сети, со второй (через временную землянку) 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 КЛ II-КЛ20 второй группы. При таком ступенчатом выполнении действия резервных защит обеспечивается разделение систем шин (деление электроподачи - для схемы "четырехугольника"), что позволяет избежать полного потушения подстанции, если в действии приходят резервные защиты двух автотрансформаторов. При необходимости отключения одновременно всех выключателей стороны высшего напряжения автотрансформатора должна быть включена вакуумная § 15. В этом случае, так как не предусматривается деление систем шин при "полуторной" схеме, должна быть снята цепь отключения выключателя 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 звоне нижнего напряжения автотрансформатора.

С первой выдержкой времени обе ступени действуют на промежуточные реле, которые стакливают 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 390-500 кВ автотрансформатора. С третьей выдержкой времени защита действует на выходные промежуточные реле КЛ.П-КЛ20 автотрансформатора. При необходимости одновременного отключения обоих выключателей автотрансформатора на стороне среднего напряжения должна быть включена накладка 5К17, а цепи на отключение выключателя, общего для двух линий, параллельной цепи сняты.

12. Для резервирования отключений замыканий на землю на стороне высшего напряжения предусмотрена токовая направленная защита нулевой последовательности, питаемая от трансформаторов тока ТА1, встроенных во втулки ВН автотрансформатора.

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

Первая ступень защиты (КЛ3) выполнена с помощью реле типа РТ-40. Вторая ступень (КЛ11), 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 (КЛ 5) в целях уменьшения нагрузки на трансформаторы тока применено трехфазное реле тока типа РТ-40/Р-1 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).

Цель напряжения реле направления мощности КВ1 рассматриваемой защиты питается от шинок, воспроизводящих напряжение на стороне ВН для схем "четырехугольник" и "полуторцовая", или от трансформатора напряжения на шинах для схемы "автотрансформатор-шины". Для обеспечения действия защиты при к.з. на землю в зоне между выключателями и втулками ВН после отключения выключателей стороны ВН, когда питавший цепи защиты трансформатор напряжения может быть отделен от места замыкания на землю, контакт реле направления мощности КВ1 шунтируется контактом реле КЛ 34.

Имеется возможность выполнения любой ступени защиты ненаправленной.

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

направленная защита нулевой последовательности, питаемая от трансформаторов тока TA2, встроенных во втулки среднего напряжения автотрансформатора.

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

Цель напряжения уеле направления мощности KW2 питается от шинок, воспринимающих напряжение на стороне среднего напряжения AT. Для обеспечения действия защиты после отключения выключателя автотрансформатора при к.з. на землю на ошиновке СН автотрансформатора контакт реле направления мощности KW2 шунтируется контактом реле KL-33.

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 заключении) 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 KL-11-KL-20. Однако, при "полуторной" схеме электрических соединений может оказаться целеесообразным в конкретных условиях воздейстовать не на отключение автотрансформатора, а на отключение системы или или смежной линии в зависимости от того, какой выключатель оказался в неполнофазном режиме. При этом надо также задумать АИВ этих элементов. Выбор адреса действия защиты производится обслуживающим персоналом с помощью отключаемых 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 зажимом 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 АВТОТРАНСФОРМАТОРА

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 ЯР0В выключателей ВН и СН нечувствительны к повреждениям на стороне высшего напряжения автотрансформатора в зоне действия его защит, например, за одвоенным реактором или за трансформатором собственных нужд, подключенным к АТ без выключателя. Указанное устройство предложено сотрудниками ОРЭА Энергосистемы проекта (авторы: Запальская В.М., Рудман А.А., Трухова 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 РИ-16-12, указательные реле типа РУ-1-20 с nominalным током 0,025А, резисторы типа О2Б-5 Р=9100 Ом, при этом КЛ_{A,B,C}-КЛ УТ_{A,B,C} - 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 осуществляет блок рассмотриваемого устройства. Фиксация отказа выключателей ВН или СН автотрансформатора определяется реле тока КА1, КА2 и контактами реле-погорелок блокконтактов соответствуующего выключателя, замкнутыми при включенном выключателе. Устройство действует на отключение выключателей элемента, смежного с отказавшим выключателем.