ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ
407-0-105

Унифицированные принципиальные схемы релейной защиты элементов подстанций 330-500 кв (без защиты линий)

Альбом I

Пояснительная записка

4322-01

gost.e-ecolog.ru

ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ
407-0-105

УНИФИЦИРОВАННЫЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДСТАНЦИЙ 330-500 КВ(БЕЗ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ)

Состав проектных материалов

Альбом I. Пояснительная записка
Альбом II. Чертежи

Альбом I

Разработаны институтом
"Энергосетьпроект"
Минэнерго СССР

Утверждены Минэнерго СССР 13 августа 1971г., введены в действие 10 сентября 1971г. Решение № 300

Зам.Главного инженера ин-та Энергосетьпроект /Ю.Борисов/

Начальник отдела РЗАУМ /В.Якушкина/

Начальник СРЗ /Н.Рибель/

Руководитель группы /Т.Мамонтова/

Старший инженер /П.Бергер/

Старший инженер /А.Козис/

Старший инженер /В.Запальская/

Инженер /В.Глускина/

Инженер /И.Пономарева/

Инженер /С.Паршина/

О Г Л А В Л Е Н И Е

стр.

I. Введение 3

II. Характеристика схем первичной коммутации подстанций 4

III. Защита автотрансформаторов. Общие положения 7

IУ. Защита шин для полуторной схемы первичных соединений на напряжении 330-500 кв I9

У. Защита реакторов 500 кв 22

УI. Защита синхронного компенсатора мощностью 50, I00 и I60 Мвар 24

УП. Особенности выполнения схем защиты автотрансформаторов 26

УШ. Приложение I. Защита трехпроводного ввода автотрансформаторов 44

Приложение 2. Выписка из патентного формуляра и Справка о рассмотренных патентных материалах 47-48

407-0-105 aI

I. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа содержит принципиальные схемы релейной защиты элементов схем подстанций 330-500 кв (без защиты линий)

Главные схемы электрических соединений подстанций приняты по типовым решениям № 407-0-96:"Схемы электрических соединений подстанций 35-500кв",разработанному Северо-Западным отделением института "Энергосетьпроект" в 1970году.

Принципиальные схемы релейной защиты разработаны для трехфазных и группы однофазных автотрансформаторов с высшим напряжением 330 и 500кв, синхронных компенсаторов мощностью 50,100 и 160 Мвар, реакторов 500 кв и сборных шин 330-500кв.

В данных типовых решениях на основании ранее проделанных работ (типовые решения № 407-0-16 и типовые решения № 407-0--16/69) разработаны унифицированные принципиальные схемы релейной защиты элементов подстанций 330-500кв, учитывающие новые технические решения.Так например, для защиты трехпроводного ввода автотрансформаторов 3х167Мва и 3х267Мва использовано предложение инженеров ин-та "Энергосетьпроект" (авторское свидетельство № 301779).

Все схемы защит автотрансформаторов и реакторов оборудованы автоматическим пуском устройств пожаротушения.

Защита элементов главной схемы электрических соединений подстанций 330кв выполняется по схемам,рекомендуемым настоящей работой, в том случае, если схемы коммутации этих подстанций соответствуют схемам, приведенным на черт.№ ЭВ-2.Однако, как правило, подстанции 330 кв выполняются по тем же схемам первичных электрических соединений,что и подстанции 220кв. В этом случае необходимо руководствоваться работами отдела РЗАУМ института: "Типовые схемы релейной защиты элементов подстанций на постоянном оперативном токе"(инв.№ 1840ТМ--Т1, Т2,Т3 и Т4).

Типовые рабочие чертежи релейной защиты элементов подстанций 330-500кв в дальнейшем послужат основой выпуска типовых комплектных панелей указанных объектов на отечественных электропанельных заводах.

В работе рассматриваются схемы защиты автотрансформаторов с высшим напряжением 330-500кв, имеющих питание со стороны высшего и среднего напряжений: синхронных компенсаторов мощностью 50, 100 и 160 тыс.квар, реакторов 500кв.

Схемы релейной защиты, устанавливаемой на обходном и шиносоединительном выключателях 110-220кв, даны в работе отдела РЗАУМ института: "Принципиальные схемы дифференциальной защиты двойной системы шин и устройств резервирования при отказе выключателей подстанций 110-220 кв при наличии обходного и шиносоединительного выключателей" (инв.№5406ТМ-ТТ).

Защита элементов собственного расхода подстанций располагается в КРУ и КРУН и выполняется в соответствии с типовой сеткой.

Принятые в работе решения соответствуют "Правилам устройства электроустановок" и основным положениям "Руководящих указаний по релейной защите понижающих трансформаторов и автотрансформаторов". В ряде схем применены комплектные реле, что способствует уменьшению объема релейных щитов.

П. ХАРАКТЕРИСТИКА СХЕМ ПЕРВИЧНОЙ КОММУТАЦИИ ПОДСТАНЦИЙ

На чертеже № ЭВ-2 приведены схемы первичных соединений подстанций 330-500кв, соответствующие типовым решениям № 407-0-96: "Схемы электрических соединений подстанций 35-500 кв," разработанному СЗО ин-та "Энергосетьпроект" в 1970г.

1. Как правило, на подстанциях предусматривается установка двух автотрансформаторов с высшим напряжением 330-500кв. Однако, в первый период развития подстанции возможна установка одного автотрансформатора, а при расширении подстанций и дополнение к двум имеющимся - третьего автотрансформатора. В работе приведены схемы защиты применительно ко всем упомянутым случаям.

2. На напряжении 330-500, 110-220 предусматривается установка только воздушных выключателей, имеющих либо трехфазную, либо пофазную схему управления; со стороны низшего напряжения автотрансформатора 35 или 110 кв - масляных выключателей.

3. На стороне высшего напряжения рассматриваются два варианта схем присоединения автотрансформаторов к сборным шинам: по схеме "шины-автотрансформатор" и по "полуторной" схеме; все разновидности схем 330-500 кв, приведенные в задании, включаются в две отмеченные выше группы.

На стороне среднего напряжения коммутируется двойная система сборных шин или одиночная секционированная система шин с обходной системой полос.

Со стороны низшего напряжения рассматриваются пять вариантов схем электрических соединений -

- одиночная секционированная система сборных шин 35 кв;
- две рабочие системы шин 35 кв;
- блок-синхронный компенсатор-обмотка низшего напряжения автотрансформатора;
- две одиночные секционированные системы шин со сдвоенными реакторами на вводах 6-10 кв;
- одиночная секционированная система шин 6-10 кв с реакторами на вводах.

4. Автотрансформаторы, однофазные и трехфазные, имеют устройство регулирования напряжения под нагрузкой, располагаемое в баке, не сообщающемся с баком главного автотрансформатора.

Также рассмотрен вариант регулирования напряжения с помощью вольтодобавочного трансформатора для автотрансформатора напряжением 330/220/35 кв мощностью 240000 ква.

Автотрансформаторы могут быть снабжены линейными добавочными трансформаторами, включенными на стороне низшего напряжения автотрансформатора.

5. Трансформаторы напряжения установлены:

а) на линиях 330-500 кв для схем "шины-автотрансформатор",
б) на шинах 330-500 кв для "полуторных" схем;
в) на шинах 110-220 кв;
г) в цепи автотрансформатора со стороны низшего напряжения (10 или 35 кв) до выключателя устанавливается

трансформатор напряжения с дополнительной обмоткой с целью осуществления контроля изоляции.

6. Трансформаторы тока устанавливаются по одному комплекту в цепи каждого воздушного выключателя. Масляные выключатели имеют трансформаторы тока, встроенные во вводы выключателей.

Автотрансформаторы имеют встроенные трансформаторы тока со стороны трех напряжений и в нейтрали.

7. В системах 500-110 кв имеются генерирующие источники, обеспечивающие надежное питание потребителей и стабильное питание места повреждения при коротких замыканиях.

На напряжении 35 кв генерирующие источники отсутствуют или настолько незначительны, что могут не учитываться при разработке защиты подстанций 330-500 кв.

8. При разработке схем защиты учитывалось, что на подстанциях предусматривается постоянное дежурство обслуживающего персонала.

9. Схемы релейной защиты выполнены в предположении наличия на подстанции следующих средств автоматики:

а) на стороне высшего напряжения;

- устройство АПВ на выключателях, выполненное с пуском от несоответствия положения выключателя и ключа управления и с запретом при действии защит от внутренних повреждений автотрансформатора;

б) на стороне среднего напряжения -

- устройство АПВ шин, осуществляемое на выключателе автотрансформатора или заменяющем его обходном выключателе и выполняемое с пуском от несоответствия положений выключателя и ключа управления и с запретом при действии защит от внутренних повреждений автотрансформатора.

При раздельной работе на стороне среднего напряжения предусматривается также устройство АВР на шиносоединительном выключателе 110-220 кв;

в) на стороне низшего напряжения

- устройство АПВ шин, выполняемое на выключателе автотрансформатора с пуском от несоответствия положений выключателя и ключа управления и с запретом при действии защит от внутренних повреждений автотрансформатора и ошиновки 330-500 кв, предусматривается также устройство АВР на секционном выключателе.

III. ЗАЩИТА АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ

Общие положения

I. На автотрансформаторах предусмотрены следующие защиты:

а) дифференциальная токовая защита;

б) дифференциальная токовая защита ошиновки 330-500 кв;

в) дифференциальная токовая защита ошиновки стороны низшего напряжения автотрансформатора;

г) газовые защиты автотрансформатора и устройств регулирования напряжения;

д) токовая направленная или ненаправленная защита обратной последовательности с приставкой для действия при симметричных коротких замыканиях или дистанционная защита для резервирования отключения междуфазных повреждений; максимальная токовая защита на стороне низшего напряжения автотрансформатора с комбинированным пуском напряжения и без него;

е) токовая направленная защита нулевой последовательности на стороне среднего напряжения и токовая направленная или ненаправленная защита нулевой последовательности на стороне высшего напряжения.

ж) максимальная токовая защита от перегрузки с использованием тока одной фазы, действующая на сигнал;

з) контроль изоляции со стороны низшего напряжения автотрансформатора;

и) устройство контроля изоляции вводов 500 кв (КИВ), предназначенное для сигнализации о наличии частичного пробоя конденсаторных вводов автотрансформаторов и реакторов 500 кв,

не требующего немедленного отключения, и для отключения автотрансформатора и реактора с поврежденным вводом до того, как произойдет полный пробой изоляции.

2. Для схем соединений на напряжении 330-500 кв предусматривается отдельная дифференциальная защита ошиновки 330-500 кв. Указанное позволяет осуществлять АПВ ошиновки 330-500 кв и иметь полноценную защиту ошиновки в случае вывода автотрансформатора из работы и отделения его разъединителем от ошиновки 330-500 кв.

В схемах предусмотрен чувствительный комплект защиты ошиновки для действия при неуспешном АПВ или от питающего элемента, включаемого первым, в предположении, что основная дифференциальная защита ошиновки оказывается в этом режиме нечувствительной. В случае неуспешного АПВ ошиновки 330-500 кв осуществляется одновременный централизованный запрет АПВ выключателей всех присоединений 330-500 кв и выключателя 110-220 кв автотрансформатора. Дифференциальная защита ошиновки подключается к трансформаторам тока, встроенным во втулки 330-500 кв автотрансформатора, поэтому защита реагирует на повреждения втулок, которые, как правило, бывают устойчивыми. При таких повреждениях запрет АПВ ошиновки 500 кв обеспечивается при срабатывании КИВ-500 на отключение автотрансформатора.

Статистические данные говорят о высокой надежности втулок 330 кв, поэтому сочли возможным в схемах не осуществлять пуск противопожарной автоматики от защиты ошиновки 330 кв; при этом производится АПВ ошиновки 330 кв при действии ее защиты.

В схемах предусмотрено действие УРОВ-330-500 кв через выходные промежуточные реле дифференциальной защиты ошиновки, так как опыт эксплуатации выявил достаточно высокую эффективность АПВ после срабатывания УРОВ. При выводе из действия дифференциальной защиты ошиновки 330-500 кв цепи от УРОВ должны заводиться на выходные промежуточные реле защит автотрансформатора.

3. Дифференциальная защита автотрансформаторов типа АОДЦТН-167/500 и АОДЦТН-267/500, имеющих трансформатор тока, встроенный в цепь компенсационной обмотки, выполняется с использованием реле типа РНТ.

Дифференциальная защита всех прочих типов автотрансформаторов выполняется на реле типа ДЗТ или РНТ.

В последнее время признано целесообразным соединять трансформаторы тока в дифференциальной защите автотрансформаторов в "звезду", что упрощает переключения в цепях переменного тока при переводе дифференциальной защиты автотрансформатора с выносных трансформаторов тока в цепи выключателя стороны среднего напряжения 110-220 кв на трансформаторы тока обходного выключателя, соединенные также в звезду. Одновременно достигается более четкая блокировка в цепях пуска устройств автоматического пожаротушения от дифференциальных защит автотрансформатора и ошиновки 330-500 кв при выборе поврежденной фазы автотрансформатора.

Кроме того, соединение трансформатора тока в "звезду" в дифференциальной защите автотрансформатора дает существенное повышение чувствительности защиты к однофазным и двойным замыканиям на землю.

Токи небаланса третьей гармоники, которые могут существовать в нулевом проводе трансформаторов тока дифференциальной защиты, соединенных в "звезду", не приводят к неправильным срабатываниям дифференциальной защиты автотрансформатора, что подтверждается опытом эксплуатации.

Принято решение производить самоудерживание выходных промежуточных реле защит автотрансформатора для обеспечения надежного действия УРОВ 330-500 кв при прерывистом действии газовой защиты автотрансформаторов, а также осуществлять дополнительный токовый контроль путем включения трехфазного токового реле в цепи трансформаторов тока, встроенных во втулки 330-500 кв автотрансформатора.

4. В схемах предусмотрена отдельная дифференциальная защита цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора, использующая трансформаторы тока, встроенные в бак автотрансформатора и вольтодобавочного агрегата в случае наличия последнего. Указанное вызвано недостаточной чувствительностью дифференциальной защиты автотрансформатора к коротким замыканиям на стороне низшего напряжения. Защита выполняется с использованием реле типа ДЗТ с включением тормозной обмотки в цепь трансформаторов тока выключателей низкого напряжения для обеспечения максимальной чувствительности защиты к повреждениям в зоне. В защите используются трансформаторы тока трех фаз для быстрого отключения двойных замыканий на землю в системе низкого напряжения автотрансформатора в случае расположения одного места замыкания на земле на ошиновке низкого напряжения автотрансформатора.

5. Газовые реле главного бака автотрансформатора и регулирующего устройства действуют через свои сигнальные реле и переключающие устройства. В схемах предусмотрена возможность перевода действия отключающего контакта газовой защиты на сигнал с помощью накладки.

6. Пуск противопожарного устройства производится пофазно для групп однофазных автотрансформаторов и реакторов 500 кв при действии защит от внутренних повреждений: газовой защиты, дифференциальной защиты автотрансформатора (реактора) и дифференциальной защиты ошиновки 330-500 кв при одновременном ее срабатывании с контролем исправности высоковольтных втулок (КИВ-500). Как было отмечено выше, дифференциальная защита высоковольтной ошиновки 330-500 кв включается на встроенные в высоковольтные втулки автотрансформаторов (реакторов) трансформаторы тока. Эксплуатацией отмечено значительное число пожаров, связанных с повреждением высоковольтных маслонаполненных втулок автотрансформатора (реактора) 500 кв. Такие повреждения входят в зону действия упомянутых дифференциальных защит ошиновок 500 кв.

Индикатором поврежденной фазы является соответствующее промежуточное реле. Система диодов позволяет осуществить авто-

номное действие перечисленных защит на промежуточные реле. Выходные цепи, идущие к устройству пожаротушения для однофазных автотрансформаторов или реакторов, позволяют запускать установку пожаротушения лишь при однофазных повреждениях, т.к. запасы воды и уровень водяного напора в системе пожаротушения недостаточны для эффективного действия устройства при одновременном повреждении двух или трех фаз автотрансформатора (реактора). Рекомендуемая настоящей работой схема соединений трансформаторов тока дифзащиты автотрансформаторов и реакторов и дифференциальной защиты высоковольтной ошиновки 500 кв в "звезду" позволяет четко произвести выбор поврежденной фазы при однофазных коротких замыканиях, используя принцип циклической блокировки, позволяющей блокировать пуск пожаротушения при любых многофазных повреждениях автотрансформатора (реактора).

Вопросы выполнения схем пуска установок пожаротушения подробно рассмотрены в работах ОРЗАУМ института "Разработка основных положений по осуществлению пофазной защиты трансформаторов большой мощности. Проектные предложения",инв.№4004ТМ-ТI и "Пофазная защита трансформаторов большой мощности. Рабочие чертежи", инв.№ 4006ТМ-ТI.

При схеме первичных электрических соединений на напряжении 500 кв "шины-автотрансформатор" и одновременной коммутации на эти шины через свой высоковольтный выключатель реактора 500 кв необходимо при осуществлении пуска устройств пожаротушения от дифференциальной защиты ошиновки 500 кв точно определять поврежденный объект (автотрансформатор или реактор), ибо дифференциальная защита ошиновки 500 кв включается на встроенные в высоковольтные втулки автотрансформатора и реактора трансформаторы тока и срабатывает при повреждении втулок как автотрансформаторных, так и реакторных. Одновременно целесообразно блокировать пуск установки пожаротушения при повреждениях на самой ошиновке 500 кв. Повреждения высоковольтных втулок 500 кв автотрансформатора и реактора, как правило, связаны с возникновением относительно медленно развивающегося теплового пробоя втулок. В настоящее время для контроля уровня изоляции втулок 500 кв используется блок-реле контроля изоля-

ции втулок 500 кв (КИВ), имеющие сигнальный и отключающий органы, позволяющие до разрушения втулок, связанного с полным нарушением изоляции последних, получить сигнал о понижении уровня изоляции, а затем, при развитии повреждения, отключать объект. Одновременное срабатывание дифференциальной защиты ошиновки 500 кв и устройства КИВ автотрансформатора или реактора позволяет точно фиксировать в схемах пуска устройств пожаротушения поврежденный объект - автотрансформатор или реактор.

В устройстве КИВ необходимо предусмотреть выведение на ряд зажимов блок-реле контакта $РТ2_I$, что дает возможность в схемах защит автотрансформаторов и реакторов осуществлять пуск установки автоматического пожаротушения при срабатывании дифференциальной защиты ошиновки 500 кв с контролем одновременного действия и отключающего реле устройства КИВ.

Обеспечение селективного пуска установок пожаротушения при действии дифференциальной защиты ошиновки 500 кв позволило отказаться от установки дорогостоящих высоковольтных выносных трансформаторов тока в цепи выключателей 500 кв шунтовых шинных реакторов.

Цепи, идущие к схеме автоматического запуска установки пожаротушения, выполнены в соответствии с работой У.О.ЭСП "Система автоматического пожаротушения трансформаторов мощностью 200 Мва и выше воздушно-механической пеной". №407-3-197.

7. Для резервирования отключения междуфазных коротких замыканий на шинах высшего и среднего напряжения и на отходящих от этих шин линиях, а также для резервирования основных защиты автотрансформатора предусматривается токовая защита обратной последовательности, установленная со стороны 330-500 кв.

В том случае, если автотрансформатор со стороны высшего напряжения имеет собственные выключатели: резервная токовая защита обратной последовательности выполняется направленной.

Направление действия принимается в сторону высшего напряжения, в предположении, что выдержки времени резервных защит линий высшего напряжения имеют время срабатывания ниже выдержек времени резервных защит ЛЭП среднего напряжения. Направленность защиты обеспечивает селективность при коротких замыканиях в сети любого напряжения.

При отсутствии выключателей в цепи автотрансформатора со стороны высшего напряжения направленность в данной защите не предусматривается, т.к. требуемая селективность обеспечивается резервными ступенями защит линий высшего напряжения. В этом случае защита имеет три выдержки времени: с первой выдержкой времени, большей выдержек времени резервных защит сетей 330-500 кв и 110-220 кв, защита действует на отключение шиносоединительного выключателя стороны среднего напряжения, со второй выдержкой времени - на отключение выключателя стороны 110-220 кв автотрансформатора, с третьей - на выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора. Такое выполнение защиты обеспечивает сохранение связи между сторонами высшего и среднего напряжений при внешних коротких замыканиях на стороне высшего напряжения. Указанная последовательность может быть изменена, т.е. оперативно можно накладкой выводить из действия цепи на отключение шиносоединительного выключателя стороны среднего напряжения.

В проекте также приведены схемы направленной токовой защиты обратной последовательности и дистанционной защиты, используемые для защиты от междуфазных к.з. Описание этих схем защит дано ниже в разделе "Особенности выполнения схем защиты автотрансформаторов".

Дополнительно к токовой защите обратной последовательности в схеме предусмотрена приставка для действия при симметричных повреждениях: токовое реле, включенное на ток одной фазы, с пуском по напряжению. Реле напряжения подключается к трансформатору напряжения, установленному на стороне низшего напряжения автотрансформатора. При наличии на стороне низшего напряжения автотрансформатора источников питания, например, синхронного компенсатора, в целях повышения чувствительности

используется пуск защиты по напряжению от Т.Н. стороны среднего напряжения. В этом случае для обеспечения действия приставки при трехфазных коротких замыканиях в зоне между выключателем среднего напряжения и автотрансформатором предусматривается шунтирование контактов реле напряжения при отключенном положении выключателя 110-220 кв. Для указанной цели используются контакты реле положения "включено" выключателя автотрансформатора и обходного, а также контакты реле-повторителей положения обходного разъединителя. При этом следует отметить, что в случае отключения выключателя стороны среднего напряжения вследствие шунтирования пуска по напряжению защита превращается в максимальную токовую. Однако, указанное является допустимым, поскольку в этом режиме через рассматриваемую защиту проходит ток нагрузки только стороны низшего напряжения, максимальное значение которого, как правило, не превышает тока срабатывания токового реле защиты.

8. Для резервирования основных защит цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора, а также для резервирования отключения коротких замыканий на шинах 10-35 кв предусмотрена максимальная токовая защита с пуском и без пуска по напряжению. Защита с первой выдержкой времени действует на отключение выключателей стороны низшего напряжения, а со второй - на общие выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора.

9. Для резервирования отключения замыканий на землю на стороне среднего напряжения предусмотрена токовая направленная защита нулевой последовательности, которая имеет три ступени по току для облегчения согласования защит линий 500 кв и 220 кв. Для осуществления рассматриваемой защиты использовано комплектное реле КЗ-15, состоящее из реле мощности, трех реле тока, двух реле времени и промежуточного реле. Для создания выдержки времени грубой ступени дополнительно к КЗ-15 устанавливается реле времени. Промежуточное реле является выходным реле резервных защит на стороне среднего напряжения, действующим на отключение ШСВ. Параллельно этому выходному реле включено реле времени, которое проскальзывающим контак-

том с t = 0,5 сек пускает промежуточное реле, отключающее выключатель автотрансформатора или обходный выключатель 110-220 кв. Упорный контакт этого реле времени действует на группу выходных реле защиты автотрансформатора.

По соображениям, изложенным в п.6 данного раздела, предусмотрено шунтирование контакта реле мощности при отключении выключателей 110-220 кв.

На это же промежуточное реле действует и резервная защита от междуфазных коротких замыканий.

10. Для резервирования отключения замыканий на землю на стороне высшего напряжения, как правило, предусматривается ненаправленная, двухступенчатая токовая защита нулевой последовательности, первая ступень которой выполняется на реле типа РНТ. Применение реле с БНТ вызвано тем, что из-за большой постоянной времени вторичных цепей в нулевом проводе трансформаторов тока стороны 330-500 кв автотрансформатора, соединенных в "звезду", при неодновременном включении в работу фаз линии 330-500 кв появляются значительные по величине и времени существования апериодические токи. Реле типа РНТ позволяет осуществить отстройку защиты от них и при введении ускорения на стороне 330-500 кв автотрансформатора сохранить селективность защиты.

Защита действует на общие выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора.

В том случае, если автотрансформатор со стороны высшего напряжения имеет собственные выключатели: "полуторная" система сборных шин - защита выполняется направленной. Защита при этом действует с первой выдержкой времени на отключение выключателей 500 кв, а со второй - на выходные реле защит автотрансформатора.

11. Максимальная токовая защита от перегрузки, как правило, устанавливается только со стороны высшего напряжения; в том случае, если возможна перегрузка общей части обмотки автотрансформатора, защита от перегрузки предусматривается также и со стороны этой обмотки.

12. Схемы защиты, содержащие цепи напряжения, выполнены в предположении, что:

а) на трансформаторах напряжения 10 и 35 кв, оборудованных предохранителями со стороны высшего напряжения, предусмотрен общий для всех цепей данного трансформатора напряжения контроль исправности цепей напряжения;

б) на трансформаторах напряжения 110-500 кв предохранители отсутствуют, в связи с чем сигнал о неисправности цепей напряжения указанных трансформаторов подается от блок-контактов автомата в цепях напряжения.

Для осуществления контроля изоляции обмотки низшего напряжения предусматривается трансформатор напряжения с дополнительной обмоткой, устанавливаемой до выключателя низшего напряжения; контроль выполнен с действием на сигнал с выдержкой времени.

13. В схемах показаны цепи, связывающие защиту автотрансформатора с устройствами резервирования при отказе выключателей на сторонах высшего и среднего напряжений.

При этом предполагается, что устройство резервирования при отказе выключателей выполнено действующим:

а) при коротких замыканиях в автотрансформаторе с отказом выключателя рассматриваемой стороны - на отключение всех выключателей, примыкающих к данной системе шин;

б) при коротких замыканиях на шинах с отказом выключателя автотрансформатора - на отключение всех выключателей автотрансформатора без запрещения последующего АПВ;

в) при коротких замыканиях в автотрансформаторе с отказом в действии выключателя общего с линией и при коротких замыканиях в зоне между этим выключателем и трансформаторами тока - на отключение указанной линии через панель резервных защит линии с действием на остановку высокочастотного передатчика дифференциально-фазной защиты этой линии.

Направление действия устройства резервирования при отказе в действии выключателя реактора подробно описано в разделе защиты реактора.

Реле тока УРОВ, контролирующие отказ выключателя 110-220 кв автотрансформатора, устанавливаются на панели защиты автотрансформатора.

14. Во всех приведенных схемах выполнено оперативное ускорение резервных защит как со стороны высшего, так и среднего напряжений. Указанное ускорение предусмотрено на случай режима работы с выведенной защитой шин стороны 110-220 кв или ошиновки 330-500 кв, а также с выведенной дифференциальной защитой автотрансформатора.

Перевод резервных защит от междуфазных коротких замыканий, а также защит от замыканий на землю на реле времени ускорения осуществляется рубильниками.

В схемах защит автотрансформаторов предусмотрено также ускорение защит от внешних коротких замыканий после включения выключателей сторон высшего (для схем ЭВ-7,8), среднего и низшего напряжений автотрансформатора. Пуск цепи ускорения осуществляется контактом реле ускорения выключателя автотрансформатора или заменяющего его обходного выключателя, что определяется положением обходного разъединителя автотрансформатора.

Со стороны среднего напряжения ускоряется защита от внешних междуфазных коротких замыкании и чувствительная ненаправленная защита от замыканий на землю с контролем отсутствия напряжения на шинах 110-220 кв.

В связи с тем, что при неполнофазном отключении выключателя стороны среднего напряжения автотрансформатора может иметь место неправильное действие защит нулевой последовательности смежных элементов, в схеме предусмотрено ускорение резервных защит автотрансформатора в указанном режиме.

Пуск цепи ускорения осуществляется контактом реле неперереключения фаз, включенным параллельно контакту реле ускорения. Защита выполняется двухступенчатой по времени и действует: с первой выдержкой времени на отключение выключателя стороны среднего напряжения, автотрансформатора, со второй - на выходные промежуточные реле.

15. В схемах защиты автотрансформаторов в качестве выходных промежуточных реле применяются реле типа РП-210 и РП-23.

Промежуточные реле типа РП-255 не используются, так как надежное отключение масляных выключателей стороны низшего напряжения при кратковременных замыканиях контактов газовых реле обеспечивается наличием самоудерживания промежуточных реле выходной группы защит автотрансформатора от внутренних повреждений.

В целях увеличения надежности в схемах предусмотрено дублирование действия на отключение выключателей 110-220кв и 10-35 кв от выходных промежуточных реле защиты автотрансформатора и дифференциальной защиты ошиновки 330-500 кв путем одновременного параллельного действия на отключение упомянутых выключателей контактами от двух реле данной группы.

В отношении выключателей 330-500 кв этого не предусматривается, т.к.УРОВ 330-500 кв, пускаемый от защит, осуществляет повторное действие без выдержки времени на отключение выключателя.

16. В выходных цепях каждой из защит предусмотрены указательные реле для сигнализации действия этих защит. В целях упрощения для всех защит, выполненных с двумя выдержками времени, предусмотрено действие на выходные промежуточные реле защиты с большей выдержкой времени через общее указательное реле. Кроме того, указательные реле предусмотрены в цепях ускорения действия резервных защит после включения выключателей, а также в цепях оперативного ускорения.

17. Отключающие устройства для выведения защиты эксплуатационным персоналом предусмотрены:

а) в цепях дифференциальных защит;

б) в цепях токовой защиты обратной и нулевой последовательностей и приставки, действующей при симметричных повреждениях;

в) в цепи максимальных токовых защит стороны низшего напряжения;

г) в цепи отключения шиносоединительного выключателя стороны среднего напряжения от защит автотрансформатора от внешних повреждений;

д) в цепи пуска устройства резервирования при отказе в действии выключателей;

е) в цепи запрета АПВ 110-500 кв от защиты ошиновки высшего напряжения;

ж) в цепи пуска устройства автоматического пожаротушения через КИВ. В выходных цепях остальных защит, а также в цепях отключения должны быть предусмотрены разъемные зажимы.

Цепи отключения и запрета АПВ обходного выключателя от защит автотрансформатора вводятся испытательным блоком.

Аппаратура, относящаяся к защите ошиновки, должна быть размещена на отдельной панели. Постоянный ток к панелям защиты автотрансформатора и ошиновки 500 кв подводится через разъемные зажимы. Для разделения цепей, в случае снятия постоянного оперативного тока с одной из защит, предусмотрены рубильники.

18. Для удобства проверок и испытаний на работающем автотрансформаторе в плечах дифференциальной защиты предусмотрены испытательные блоки; испытательные блоки используются также при замене выключателя 110-220 кв автотрансформатора обходным выключателем.

19. В разработанных схемах вся аппаратура выбрана для напряжения постоянного оперативного тока 220 в.

IУ. ЗАЩИТА ШИН ДЛЯ "ПОЛУТОРНОЙ" СХЕМЫ ПЕРВИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА НАПРЯЖЕНИИ 330-500 КВ

В данном проекте разработана схема релейной защиты шин 330-500 кв для "полуторной" схемы первичных соединений подстанции (черт.№ ЭВ-II).

Каждая из двух систем шин имеет свой индивидуальный комплект защиты, которая выполнена в виде дифференциальной токовой с реле типа РНТ-567/2. Кроме того, в комплект входит чувствительный токовый орган, выполненный на трехфазном реле типа РТ-40/Р-I.

Использование этого реле вместо трех реле типа РНТ-567 возможно по той причине, что коэффициенты трансформации трансформаторов тока всех присоединений одинаковы.

При выполнении схем принято, что после отключения системы шин в случае ее повреждения, первым от устройства АПВ включается один из питающих элементов; при успешном действии АПВ производится последующее, возможно более полное, автоматическое восстановление схемы доаварийного режима, путем включения других элементов. При этом АПВ элемента, включаемого первым, выполняется с проверкой отсутствия напряжения на шинах, а АПВ остальных элементов - с проверкой наличия синхронизма или наличия напряжения на шинах.

Представляется целесообразным, проверку отсутствия напряжения на шинах предусматривать в устройствах АПВ хотя бы двух элементов. Указанное предотвращает отказ в полной сборке схемы в случае неполнофазного включения выключателя элемента, включаемого первым, и последующим отключением его от реле неперключения фаз, поскольку включится второй элемент.

В случае успешного включения первого элемента пуск АПВ второго элемента, имеющего цепь проверки отсутствия напряжения на шинах, будет осуществляться по параллельной цепи - цепи проверки наличия синхронизма или напряжения на шинах.

Схема может быть использована также в случае, когда АПВ шин выполняется только в виде опробования шин, без автоматического восстановления схемы доаварийного режима. Предполагается, что опробование шин будет всегда производиться при наличии связи с другой системой шин (все выключатели цепочки в работе), тем самым обеспечивается достаточная чувствительность защиты.

Схема выполнена с учетом возможных полнофазных и неполнофазных отказов выключателей (отказ одного из выключателей присоединений системы шин при срабатывании защиты шин и отказ в отключении при неуспешном АПВ выключателя элемента). При таких отказах может иметь место многократная подача напряжения на шины от разных присоединений в случае устойчивого повреждения на шинах. Для предотвращения указанного, в рассматриваемой схеме предусмотрены цепи запрета АПВ от реле, фиксирующего повторное срабатывание защиты шин, и от органа напряжения, состоящего из двух реле напряжения, включенных на междуфазные напряжения и имеющих уставку срабатывания порядка $(0,3-0,4)U_{ном}$. Отметим, что для этой цели используются те же реле, что и для контроля отсутствия напряжения на шинах (поз.1РН и 2РН). Орган напряжения вводится в действие после срабатывания защиты шин через время, большее времени отключения всех выключателей от защиты шин и меньшее времени включения от АПВ первого элемента, и действует на выходные промежуточные реле поз.11РП и 12РП, запрещающие АПВ питающих элементов.

При выполнении чувствительного органа вместо цепей реле ускорения используется факт срабатывания защиты шин (реле фиксации действия защиты шин поз.10РП). Введение чувствительного комплекта в действие производится после срабатывания защиты шин через время, большее времени отключения всех выключателей и меньшее времени включения от АПВ первого элемента (реле времени поз.1РВ).

В схеме предусмотрена возможность введения чувствительного токового органа не только при автоматическом, но и при ручном опробовании на случай, если основной комплект защиты окажется нечувствительным к короткому замыканию на шинах, питающему опробующим элементом.

Действие чувствительного органа при ручном опробовании производится с контролем отсутствия напряжения на шинах.

Отсутствие напряжения контролируется двумя реле напряжения, действующими на промежуточное реле типа РП-252 (поз.17РП), задержка на срабатывание которого обеспечивает селективное

действие защиты при трехфазном коротком замыкании на включаемой линии.

Для того, чтобы после опробования шин первым элементом, исключить действие чувствительного органа в цепи ручного опробования во избежание непрезильного его срабатывания при возможных электромагнитных качаниях, эта цепь после успешного опробования первым элементом и появления напряжения на шинах разрывается контактом реле 18РП, имеющим выдержку времени на отпадание.

В функции чувствительного токового реле входит также задача при коротком замыкании на шинах поддержать действие основного комплекта защиты шин на выходные промежуточные реле в случае отказа выключателя элемента со слабым питанием, когда основная защита может оказаться нечувствительной и не сможет дать импульс в схему УРОВ.

В схеме предусмотрено устройство контроля исправности вторичных токовых цепей, выполненное с помощью трехфазного тока типа РТ-40/Р, что позволяет контролировать обрывы не только одной или двух фаз трансформаторов тока присоединений, но и обрывы трех фаз.

У. ЗАЩИТА РЕАКТОРА 500 КВ

В работе рассматривается два варианта включения реактора. В схеме по варианту I реактор коммутируется на шины подстанций 500 кв. Схема по варианту II дана для случая включения реактора на линию.

Независимо от схемы включения на реакторе запроектированы следующие защиты:

а) дифференциальная токовая защита;

б) газовая защита от коротких замыканий внутри кожуха реактора, сопровождающихся выделением газа, и от понижения уровня масла;

в) устройство контроля изоляции вводов 500 кв (КИВ), предназначенное для сигнализации о наличии частичного пробоя конденсаторных вводов реакторов 500 кв, не требующего немедленного отключения, и для отключения реактора с поврежденным вводом до того, как произойдет полный пробой изоляции.

Дифференциальная защита выполнена с использованием 3 реле типа РНТ-566, включенных в фазы. Такое исполнение защиты позволяет обеспечить пофазный пуск установки пожаротушения, несмотря на то, что повреждения в реакторе могут быть только связанными с землей, т.к. реактор-аппарат однофазный и принципиально возможно защиту реактора осуществлять на одном дифференциальном реле, включенном в нулевой провод.

От повреждений внутри бака реактора предусматривается газовая защита. Выполнение выходных цепей газовой защиты имеет некоторые особенности: сигнальные контакты газовых реле могут действовать не только на сигнал, но и на отключение выключателя реактора.

Пуск устройства автоматического пожаротушения реактора производится защитами от внутренних повреждений реактора - газовой и дифференциальной. При повреждениях на втулках реактора, которые не входят в зону действия упомянутых выше защит, пуск устройства пожаротушения производится при срабатывании блок-реле контроля исправности высоковольтных вводов (КИВ-500). В качестве избирателя поврежденной фазы реактора, включенного на линию (вариант I) подстанции, используется дифференциальная защита ошиновки. Если реактор подключается к линии (вариант II), избирательность поврежденной фазы осуществляется тремя реле тока типа РТ-40/П, включенными на фазные токи.

В качестве избирательных органов может быть использована токовая отсечка в трехфазном исполнении. Для обеспечения пуска пожаротушения при включении линии с противоположного конца на короткое замыкание, параллельно контактам токового пускового органа включаются контакты реле напряжения. При наличии ОАПВ на линии выбор поврежденной фазы можно осуществлять с помощью избирательных органов устройства ОАПВ.

Схема предусматривает дублирование действия на отключение выключателя реактора контактами двух выходных промежуточных реле поз.IРП и IОРП.

В схеме проведены мероприятия по резервированию отключения внутренних повреждений в реакторе при действии газовой и собственно дифференциальной защит реактора в случае отказа выключателя 500 кв реактора.

УРОВ реактора построен на принципе запоминания действия защит на время, большее выдержки времени УРОВ и использования двойного токового контроля, осуществляемого реле поз.I,2РТ.

Запоминание действия защит необходимо в связи с возможным кратковременным срабатыванием газовой защиты при внутреннем повреждении реактора.

УРОВ реактора действует на отключение выключателей смежных элементов через выходные промежуточные реле защиты этих элементов с запретом АПВ их выключателей.

В схеме предусмотрена возможность отключения автотрансформатора через группу выходных реле защит автотрансформатора или же через выходные промежуточные реле защиты ошиновки.

К устройствам автоматики реактора идут цепи, запрещающие действие автоматики на включение реактора при срабатывании защит от внутренних повреждений (контакт $IРП_4$).

УI. ЗАЩИТА СИНХРОННОГО КОМПЕНСАТОРА МОЩНОСТЬЮ 50, I00 и I60 тыс.квар

В настоящей работе приведены схемы релейной защиты синхронных компенсаторов мощностью 50 тыс.квар с машинным возбуждением и 50,I00 и I60 тыс.квар с ионным или тиристорным возбуждением.

Практика показывает, что работа мощных синхронных компенсаторов параллельно с нагрузкой нежелательна, так как из-за аварийных и коммутационных переключений в сети меняется уро-

вень напряжения на входе синхронного компенсатора и ухудшается работа последнего. Поэтому вариант работы синхронного компенсатора параллельно с разветвленной распределительной сетью низшего напряжения в проекте не рассматривается, как нежелательный, в связи с этим схемы защиты синхронных компенсаторов не содержат защиту от замыканий на землю.

Согласно заданию технического отдела института "Энергосетьпроект"(чертеж ЭВ-2)в проекте рассмотрены схемы работы синхронных компенсаторов в блоке с автотрансформатором параллельно с реактированным фидером, питающим трансформаторы собственных нужд автотрансформатора и синхронного компенсатора, а также двигатель возбуждения для синхронного компенсатора с машинным возбуждением.

Все рассматриваемые синхронные компенсаторы имеют водородное охлаждение. Это накладывает определенные требования к выполнению защиты от перегрузки, т.к. при отключенном водородном охлаждении компенсатор может нести меньшую нагрузку, чем в режиме с водородным охлаждением. Следует отметить, что хотя синхронные компенсаторы с ионным и тиристорным возбуждениями могут работать в режиме отрицательного возбуждения, контроль нагрузки статора в этом режиме не требуется, т.к. в системе возбуждения обеспечивается ограничение тока возбуждения отрицательной полярности по величине внутреннего угла машины.

Подробное рассмотрение схем защиты синхронных компенсаторов мощностью 50 тыс.квар с машинным возбуждением и 100 тыс.квар с ионным возбуждением приведено в типовых работах института "Энергосетьпроект": "Установка синхронных компенсаторов КСВ--5000-II (инв.№ 3584 том 4) и "Установка синхронных компенсаторов КСВ-100000-II (инв.№ 3588 том 4).

В этой работе отметим только некоторые основные принципы, которые положены в основу разработанных схем защиты.

Во всех схемах предусмотрены следующие защиты:

а) дифференциальная - от коротких замыканий в обмотке статора и на его выводах;

б) минимального напряжения - для отключения С.К. при длительном исчезновении напряжения;

в) максимальная токовая с использованием тока одной фазы - от перегрузки;

г) частотная - для отключения С.К. при снижении частоты;

д) защита от потери возбуждения (снижения возбуждения ниже допустимого предела).

Специальной защиты от замыканий на землю в обмотке статора синхронного компенсатора не предусматривается, т.к. при появлении такого повреждения подается сигнал от защиты напряжения нулевой последовательности автотрансформатора.

УП. ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ ЗАЩИТЫ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ

Чертежи ЭВ-3, ЭВ-4. Схема защиты понижающего автотрансформатора мощностью 3х167 Мва (3х267 Мва) напряжением 500/230/II кв для схем первичных соединений по черт. ЭВ-2, варианты "в", "к" и "з".

I. Схема дана для случая, когда:

а) автотрансформатор коммутируется по схеме шины-автотрансформатор; выключатели 500 кв находятся в цепях линий и имеют схему пофазного управления;

б) со стороны низшего напряжения подключен синхронный компенсатор;

в) автотрансформатор представляет собой группу из трех однофазных автотрансформаторов, оборудованных устройством регулирования напряжения под нагрузкой, которое осуществляется путем изменения числа витков части обмотки среднего напряжения, вынесенной на боковой стержень магнито-провода автотрансформатора.

На этом же стержне сердечника магнитопровода расположена компенсационная обмотка, которая включается параллельно обмотке Н.Н. В зависимости от положения переключателя регулирующего

устройства ток в компенсационной обмотке изменяется от нуля до рабочего максимального значения.

2. Дифференциальная токовая защита автотрансформатора выполнена по предложению инженера Н.Г.Яверина с компенсацией тока небаланса, вызванного наличием встроенного регулирования напряжения под нагрузкой. Это позволило выполнить рассматриваемую защиту автотрансформатора на реле типа РНТ-566.

3. Дифференциальная токовая защита ошиновки 500 кв выполняется на реле типа РНТ-567/2 (РНТ-566). Для обеспечения чувствительности в случае неуспешного АПВ ошиновки защита дополнена чувствительным комплектом, выполненным на реле типа РНТ-567/2 (РНТ-566).

Ток срабатывания чувствительного органа защиты ошиновки должен отстраиваться от токов небаланса при бросках тока намагничивания автотрансформаторов, асинхронном ходе и качаниях, после отключения поврежденной системы шин развизшихся в оставшихся частях системы.

Дополнительный чувствительный комплект защиты ошиновки может быть не отстроен от токов нагрузки, поэтому он вводится в работу только при фиксации срабатывания грубого комплекта защиты. В схеме защиты ошиновки предусмотрен запрет АПВ элементов, присоединенных к данной системе шин, в случае неполнофазного отключения какого-либо выключателя при действии защиты ошиновки, а также в случае неуспешного АПВ.

Аналогичные цепи более подробно описаны в разделе "Схема защиты шин 330-500 кв".

4. Дифференциальная токовая защита ошиновки 10 кв выполнена с реле типа ДЗТ-11. Применение для защиты реле с тормозной характеристикой вызвано условием обеспечения чувствительности рассматриваемой защиты к повреждениям в зоне между выключателями синхронного компенсатора и трансформаторами тока, когда величина тока к.з. ограничена пусковым реактором, а также условием недействия защиты при к.з. за реактором в цепи ответвления к собственным нуждам.

Трансформаторы тока в цепи автотрансформатора включаются на одну рабочую обмотку реле, трансформаторы тока в цепи

синхронного компенсатора включаются на другую обмотку. Тормозная обмотка реле включается на сумму токов трансформаторов тока в цепи синхронного компенсатора и в цепи ответвления к собственным нуждам.

Такое включение тормозной обмотки позволяет обеспечить необходимое торможение как при внешних к.з. на выводах синхронного компенсатора, так и при повреждении за реактором в цепи собственных нужд.

Защита ошиновки 10 кв действует на выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора.

5. В рассматриваемой схеме защиты автотрансформатора предусматривается защита трехпроводного ввода регулировочной обмотки автотрансформатора, выполненная по предложению института "Энергосетьпроект". Необходимость установки этой защиты диктуется конструктивными особенностями автотрансформаторов напряжением 500/220/11-35 кв мощностью 3х167 мва и 3х267 мва. Принципы выполнения защиты и методика выбора ее параметров даны в приложении № I.

6. Для резервирования отключения междуфазных коротких замыканий и замыканий на землю на ошиновке 500 кв, шинах 220 кв и на отходящих от этих шин элементах, а также для резервирования основных защит автотрансформатора, в схеме предусмотрены резервные защиты, выполнение которых описано в разделе "Защита автотрансформаторов. Общие положения".

7. В схеме предусмотрена возможность введения оперативного ускорения резервных защит.

При выводе из действия защиты шин 220 кв ускоряется направленная вторая ступень защиты токовой нулевой последовательности и резервная защита от междуфазных коротких замыканий. их действие рубильником "4Р" переводится на реле времени 6РВ. В этом случае оперативно ускоренные защиты могут действовать на отключение с первой выдержкой времени -шиносоединительного выключателя или своего, а со второй-навыключатели своей стороны 220 кв.

При выводе из действия дифференциальной защиты ошиновки 500 кв или дифференциальной защиты автотрансформатора оперативно ускоряются:

защита от междуфазных коротких замыканий;

защита от замыканий на землю стороны 500 кв.

В этом случае ускоренные защиты действуют на отключение автотрансформатора через группу выходных промежуточных реле.

8. В схеме предусмотрено ускорение резервных защит после включения выключателя автотрансформатора стороны 220 кв: ненаправленной чувствительной ступени защиты от замыканий на землю в сети 220 кв и защиты от междуфазных коротких замыканий.

9. Защита от перегрузки автотрансформатора выполнена с помощью двух реле тока (2РТ, 10РТ), включенных на фазный ток трансформатора тока стороны основного питания и на трансформатор тока, встроенный в общую часть обмотки автотрансформатора.

10. Максимальная токовая защита, установленная на трансформаторах тока 10 кв, встроенных в выводы автотрансформатора, является резервом к дифференциальной защите ошиновки низшего напряжения и к защитам отходящих элементов 10 кв, выполнена на комплекте защиты типа КЗ-12.

11. Схема предусматривает действие газовой и дифференциальных защит ошиновки 500 кв и автотрансформатора на специальные промежуточные реле, осуществляющие автоматический пуск устройства пожаротушения. Выполнение автоматического пожаротушения подробно описано в разделе "Защита автотрансформаторов. Общие положения" и в разделе "Защита реактора 500 кв".

Чертежи ЭВ-5, ЭВ-6, ЭВ-14.

Схема защиты понижающего автотрансформатора мощностью 3х167 мва (3х267 Мва) напряжением 500/230/10,5 кв для схем первичных соединений по листу ЭВ-2, варианты "а", "е", "з".

Особенности схемы первичных соединений автотрансформатора;

а) на напряжении 500 кв подстанция коммутируется по схеме "треугольник";

б) со стороны низшего напряжения установлен синхронный компенсатор мощностью 100 Мвар и выше;

в) автотрансформатор представляет собой группу из трех однофазных автотрансформаторов, имеющих отдельные баки для устройства Р.П.Н.

Специфика схем основных и резервных защит.

I. Дифференциальная токовая защита автотрансформатора выполнена с компенсацией тока небаланса, вызванного наличием встроенного регулирования напряжения под нагрузкой по предложению инж.Шверина Н.Г. Такое решение позволило применить в схеме дифференциальное реле типа РНТ-566.

2. Предусматривается отдельная дифференциальная токовая защита ошиновки 500 кв, выполненная на реле тока типа РНТ-566.

В защите предусмотрен чувствительный комплект, необходимый для ликвидации повреждений в случае неуспешного АПВ ошиновки. Чувствительный комплект защиты ошиновки, как правило, не отстраивается от максимального тока небаланса при внешних коротких замыканиях, поэтому он вводится в работу только при фиксации срабатывания грубого комплекта защиты. Аналогичные цепи более подробно описаны в разделе "Схема защиты шин 330-500 кв.".

3. Дифференциальная токовая защита ошиновки 10 кв выполнена на реле типа ДЗТ-11. Применение реле с тормозной характеристикой вызвано условиями:

а) отстройки защиты от токов небаланса сквозных коротких замыканиях на выводах синхронного компенсатора;

б) отстройки защиты от токов коротких замыканий за реактором в цепи ответвления к собственным нуждам;

в) необходимостью обеспечения чувствительности защиты к коротким замыканиям в зоне между выключателями синхронного компенсатора и трансформаторами тока, когда величина тока к.з. ограничена пусковым реактором.

Защита ошиновки 10 кв действует на выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора.

4. В рассматриваемой схеме защиты автотрансформатора предусматривается защита трехпроводного ввода регулировочной обмотки автотрансформатора, выполненная по предложению института "Энергосетьпроект" на реле тока типа МЗТ-II с тормозной характеристикой. Рабочая обмотка подключается на сумму токов (3 Io) трансформаторов тока, встроенных в цепь компенсационной обмотки. Тормозная обмотка подключается согласно параллельно в нулевой провод трансформаторов тока 500 и 220 кв таким образом, чтобы при внешних коротких замыканиях на землю токи в тормозной обмотке складывались.

Чтобы обеспечить требуемую селективность при сквозных к.з. с использованием имеющейся тормозной характеристики реле, устанавливается промежуточный трансформатор тока в цепи трансформаторов тока 220 кв с коэффициентом трансформации, равным I/2.

При работе автотрансформатора с отключенным выключателем со стороны 220 кв возможно неселективное действие указанной защиты при внешних коротких замыканиях на землю. В этом случае работу защиты блокирует реле тока нулевой последовательности. Включение данной блокировки осуществляется оперативным персоналом.

5. В ряде случаев на автотрансформаторах большой мощности с высшим напряжением 330-500 кв целесообразно в качестве резервной предусматривать дистанционную защиту от междуфазных коротких замыканий. Указанное обусловлено следующим:

- большие мощности автотрансформаторов не всегда позволяют обеспечить требуемую отстройку вторых ступеней дистанционных защит примыкающих ЛЭП от шин смежного напряжения подстанций;

- зоны резервирования при использовании дистанционного принципа будут выше, чем при применении токовых защит с пуском по напряжению;

- применение фильтровых резервных защит в некоторых системах малоэффективно из-за значительных несимметрий нормального режима, требующих загрубления этих защит.

Кроме этого применение дистанционных защит на автотрансформаторах, как правило, улучшает условия дальнего резервирования в сетях среднего и высшего напряжений. Это объясняется тем, что отключение мощных питающих ветвей, которыми являются автотрансформаторы 330-500 кв при повреждениях в прилегающих сетях, можно обеспечить дистанционной защитой более реально, чем с помощью токовой защиты.

При разработке схемы дистанционной защиты одним из основных условий являлось требование использования релейного оборудования уже освоенного производства на Чебоксарском электроаппаратном заводе. Комплектной панели дистанционной защиты, уже имеющейся в номенклатуре ЧЭАЗ"а, которая полностью удовлетворяла требованиям резервной защиты автотрансформаторов в настоящее время нет. Однако, представилось возможным разработать схему защиты с использованием отдельных реле и комплектных устройств, уже выпускаемых заводом.

Институт "Энергосетьпроект" ведет согласование с ЧЭАЗ"ом по техническим требованиям на данную защиту с тем, чтобы к моменту завершения всей работы по созданию комплектных унифицированных панелей защит автотрансформаторов 330-500 кв эта защита была включена в номенклатуру завода.

Предлагаемая защита представляет собой двухступенчатую ненаправленную дистанционную защиту, которая содержит три дистанционных органа (1РС, 2РС, 3РС), каждый из которых включен на разность токов трансформаторов тока, встроенных в выводы среднего напряжения автотрансформатора, и фазное напряжения трансформатора напряжения со стороны низшего напряжения автотрансформатора и имеет две регулируемые уставки по I и по II ступеням.

Характеристика дистанционного органа в осях R, X представляет окружность с центром в начале координат.

Обе ступени выполняются с выдержками времени.

В схеме предусмотрено устройство, блокирующее защиту при качаниях, используемое также в качестве пускового органа защиты. Блокировка при качаниях выполнена на токовом принципе:

в качестве основного реагирующего органа использовано поляризованное реле, включенное на фильтр токов обратной последовательности; для повышения чувствительности блокировки при двухфазных к.з. на землю предусматривается возможность дополнительного присоединения основного элемента к цепям тока нулевой последовательности.

Для контроля цепей напряжения запроектировано устройство типа КРЕ-I2.

Выбор параметров срабатывания рассматриваемой защиты в проекте предлагается следующий:

а) первая ступень защиты согласовывается по уставке с первыми ступенями защит линий среднего напряжения и действует на отключение выключателей в следующей последовательности:

- с первой выдержкой времени порядка 0,5-0,7 сек - на отключение шиносоединительного выключателя сборной системы шин среднего напряжения;

- последующей ступенью, с временем действия 0,8-I,0 сек - на отключение выключателя автотрансформатора со стороны среднего напряжения;

- с последней выдержкой времени действия, равной I,5-I,7 сек, подается сигнал на отключение всех выключателей автотрансформатора.

Действие первой ступени защиты с выдержками времени от 0,5 "до I" блокируется контактами промежуточных реле устройства блокировки при качаниях.

Использование в первой ступени выдержки времени от I,5" до I,7" не контролируемой блокировкой при качаниях, позволяет обеспечить ускорение отключения при переходе однофазных замыканий в междуфазные.

б) Вторая ступень защиты отстраивается по уставке от минимального значения сопротивления нагрузки, проходящей через автотрансформатор. Выдержка времени второй ступени принимается на ступень выдержки времени больше времени срабатывания резервных защит в сетях среднего и высшего напряжений.

В проекте предлагается выполнить токовую защиту обратной последовательности с пуском от замыкающего контакта пускового реле блокировки при качаниях и осуществляется с помощью реле времени /поз.4РВ/. Выдержка времени токовой защиты обратной последовательности принимается на ступень выдержки времени больше времени срабатывания соответствующих резервных защит смежных элементов.

Целесообразно отметить некоторые детали выполнения схемы защиты.

Трансформатор напряжения, питающий цепи напряжения защиты, установлен на низкой стороне автотрансформатора и после отключения автотрансформатора снимается напряжение с дистанционных органов (отсутствует тормозной момент в магнитоэлектрических реле). В таком режиме возможен случай, когда кратность тока срабатывания в магнитоэлектрическом реле при коротком замыкании, предшествующем отключению автотрансформатора, будет мала, и тогда возможно, что контакты магнитоэлектрического реле останутся в замкнутом состоянии (залипшем). Очевидно, что в этом случае защита не возвратится в исходное состояние и при включении автотрансформатора защита может сработать ложно. Для устранения указанного, в цепи оперативного тока последовательно с контактами реле дистанционных органов подключается контактная система трехфазного токового органа, контакты которого размыкаются при отключении короткого замыкания и тем самым снимают питание с оперативных цепей.

В схеме блокировки защиты при качаниях предложено не использовать реле напряжения, обеспечивающее быстрый возврат блокировки в исходное положение после отключения короткого замыкания. Указанное объясняется желанием повысить селективность защиты в случае возможных качаний при ликвидации коротких замыканий.

В схеме предусмотрена возможность ускорения второй ступени защиты после АПВ и при опробовании шин среднего напряжения. Для этого используется реле ускорения (поз.4РП), получающее сигнал от цепей управления выключателями среднего напряжения (основного или обходного) через переключающее устройство /поз.4П/.

При ускорении второй ступени защиты необходимо реле сопротивления переключать на уставку этой ступени до включения выключателя, что осуществляется включением контакте реле ускорения в цепь реле переключения дистанционного органа с первой на вторую ступень (реле поз.$IPП_р$).

В схеме защиты, черт.№ ЭВ-6, автотрансформатора, в цепях оперативного ускорения дистанционной защиты сочли целесообразным применить ускорение ее первой ступени. Указанное вызвано необходимостью для этой цели использовать ступень дистанционной защиты, контролируемой при качаниях (выдержка времени 0,2-0,3 сек).

Вторая ступень защиты, более чувствительная, ускоряется при автоматическом или оперативном опробовании шин среднего напряжения.

В цепях ускорения при неполнофазном включении или отключении фаз выключателя ускоряется токовая защита обратной последовательности, так как при неполнофазном отключении (включении) фаз выключателя со стороны среднего напряжения возможно недействие дистанционного органа.

6. Для резервирования отключения замыканий на землю на ошиновке 500 кв, шинах 220 кв и на отходящих от этих шин линиях предусмотрены следующие защиты:

а) на стороне среднего напряжения направленная токовая защита нулевой последовательности, которая имеет три ступени по току для облегчения согласования с защитами 500 кв. Защита выполнена с использованием комплектной защиты КЗ-15, с дополнением его реле времени для создания выдержки времени чувствительной ступени защиты.

Промежуточное реле является выходным реле резервных защит на стороне среднего напряжения, действующим на отключение Ш.С.В.

б) на стороне 500 кв предусматривается ненаправленная двухступенчатая токовая защита нулевой последовательности, токи срабатывания которой выбираются из условий согласования с соответствующими ступенями защит смежных элементов.

Защита выполнена на реле тока типа РНТ-566 (первая ступень) и реле тока типа РТ-40 (вторая ступень защиты). Применение реле с БНТ вызвано тем, что из-за большой постоянной времени вторичных цепей в нулевом проводе трансформаторов тока, соединенных в"звезду", при неодновременном включении в работу фаз линии 500 кв появляются значительные по величине и времени существования апериодические токи. Реле РНТ-566 позволяет осуществить отстройку защиты от них и при введении ускорения на стороне высшего напряжения автотрансформатора сохранить селэктивность защиты.

Защита действует на отключение автотрансформатора.

При оперативном ускорении, автоматическом и оперативном опробовании шин среднего напряжения ускорение защиты от замыканий на землю сделано аналогично другим схемам.

7. Для резервирования отключения повреждений на стороне низшего напряжения автотрансформатора предусмотрена максимальная токовая защита, отстроенная по току от тока короткого замыкания синхронного компенсатора при внешних к.з. и от его пускового тока.

Защита подключается к трансформаторам тока, встроенным в выводы I0 кв автотрансформатора и выполнена с помощью комплекта защиты типа КЗ-I2. Указанная защита с меньшей выдержкой времени действует на отключение выключателей синхронного компенсатора, а с большей - на выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора.

Защита реактора в цепи ответвления к собственным нуждам выполняется: а) токовой отсечкой; б) максимальной токовой защитой, согласованной по току и времени с защитами трансформатора собственных нужд. Защита выполняется на реле типа КЗ-I3 и с меньшей выдержкой времени действует на отключение выключателя в цепи ответвления к собственным нуждам, а с большей - на отключение всех выключателей автотрансформатора.

Все вопросы осуществления пожаротушения, защиты от перегрузки и цепи ускорения аналогичны решениям, принятым в схеме чертежа № ЭВ-3,4.

Черт.№ ЭВ-7, ЭВ-8. Схема защиты понижающего автотрансформатора 330-500/121-242/11 кв для схем первичных соединений по листу ЭВ-2, варианты "г", "е", "д".

I. Схема дана для случая, когда:

а) автотрансформатор со стороны 330-500 кв коммутируется по "полуторной" схеме соединений и имеет один выключатель, общий с ЛЭП 330-500 кв, а вторым подсоединяется к шинам 330-500 кв. Выключатель, общий с ЛЭП, имеет схему пофазного управления;

б) со стороны низшего напряжения предусматривается установка сдвоенного реактора 10 кв;

в) автотрансформатор представляет из себя группу из трех однофазных автотрансформаторов, имеющих также отдельные баки для устройства РПН - устройства встроенного регулирования напряжения под нагрузкой;

г) автотрансформатор может быть снабжен линейным добавочным трансформатором, включенным на стороне низшего напряжения автотрансформатора.

2. Дифференциальная токовая защита автотрансформатора выполняется на реле типа ДЗТ-11 с одной тормозной обмоткой, подключенной к выносным трансформаторам тока 110-220 кв. Выводы обмотки 330-500 кв автотрансформатора и соединения с шинами 330-500 кв охватываются отдельной дифференциальной токовой защитой ошиновки 330-500 кв, выполненной на реле типа РНТ.

Особенности выполнения дифференциальной защиты ошиновки 330-500 кв подробно изложены в разделе "Защита автотрансформаторов. Общие положения" и в разделе "Схема защиты шин 330-500 кв).

3. Дифференциальная токовая защита ошиновки 10 кв выполнена на реле типа ДЗТ-11 с одной тормозной обмоткой, включенной на трансформаторы тока в цепи выключателей 10 кв разветвлений реактора. Использование реле с торможением позволяет повысить чувствительность защиты к повреждениям в зоне.

4. Для резервирования отключения коротких замыканий на шинах 330-500 и 110-220 кв и на отходящих от этих шин элементах, а также для резервирования основных защит автотрансформатора в схеме предусмотрена токовая защита обратной последовательности, обладающая направленностью в сторону 330-500 кв.

Указанное осуществлено из предположения, что выдержка времени резервных защит в сети 330-500 кв ниже, чем выдержка времени соответствующих защит в сети среднего напряжения. Защита выполняется с двумя выдержками времени для обеспечения большей селективности. При срабатывании органа направления мощности обратной последовательности защита действует с первой выдержкой времени на выходные промежуточные реле резервных защит стороны 330-500 кв, отключая выключатели 330-500 кв автотрансформатора, а со второй выдержкой времени - на выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора.

При коротких замыканиях в сети 110-220 кв защита обратной последовательности действует с первой выдержкой времени на отключение шиносоединительного выключателя 110-220 кв, со второй - на выключатель 110-220 кв автотрансформатора, с третьей - на выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора.

Приставка, предназначенная для действия при трехфазных коротких замыканиях, выполненная в виде максимальной токовой защиты с пуском по напряжению, действует через общее с токовой защитой обратной последовательности от коротких замыканий в сети 110-220 кв реле времени.

Схема предусматривает также установку максимальных токовых защит в цепях выключателей 10 кв на разветвлениях реактора с комбинированным пуском напряжения. Защиты выполнены на комплектах защиты типа КЗ-12 и действуют с первой выдержкой времени на отключение своих выключателей 10 кв, а со второй - на выходные промежуточные реле защит автотрансформатора. Предусмотрена возможность ускорения действия этих защит при включениях выключателей 10 кв автотрансформатора. Модификация применяемых комплектных защит заключается в том, что должны быть выведены на зажим защиты колки мгновенного контакта реле времени для использования их в цепях ускорения после включе-

ния выключателей стороны низшего напряжения.

Для указанных максимальных токовых защит используются пусковые органы напряжения, питаемые от трансформаторов напряжения, соответственно, I и II секции шин 10 кв.

5. Выполнение оперативного и автоматического ускорения резервных защит подробно изложены в разделе "Защита автотрансформаторов. Общие положения".

6. Защита от перегрузки установлена только со стороны основного питания и действует на сигнал.

7. Запуск устройства автоматического пожаротушения описан в разделах "Защита автотрансформаторов. Общие положения" и "Защита реактора 500 кв".

Чертеж № ЭВ-9, ЭВ-10. Схема защиты понижающего трехфазного автотрансформатора напряжением 330/220/35 кв для схем первичных соединений по чертежу ЭВ-2, варианты "в","е", "и".

I. Схема защиты дана для случая, когда:

а) автотрансформатор со стороны 330 кв коммутируется на шины 330 кв по схеме "шины-автотрансформатор". Выключатели 330 кв находятся в цепях линий;

б) со стороны среднего напряжения предусматриваются две рабочие и обходная системы шин 220 кв и имеется возможность замены выключателя стороны 220 кв обходным выключателем;

в) со стороны низшего напряжения 35 кв предусматривается одиночная секционированная система шин;

г) автотрансформатор трехфазный, все три фазы располагаются в одном баке;

д) регулирование напряжения осуществляется с помощью вольтодобавочного агрегата. Специально для регулирования напряжения на шинах 35 кв на напряжении 35 кв устанавливается линейный добавочный трансформатор;

в) для защиты на сторонах высшего, среднего и низшего напряжений используются выносные трансформаторы тока и встроенные во втулки автотрансформатора.

2. Дифференциальная токовая защита автотрансформатора выполняется трехфазной, на реле типа ДЗТ-II с одной тормозной обмоткой. Реле присоединяются к трансформаторам тока, встроенном во втулки автотрансформатора, и к выносным трансформаторам тока выключателя 220 кв. Включены трансформаторы тока защиты по схеме "звезда".

3. Дифференциальная токовая защита ошиновки 330 кв выполняется на реле типа РНТ-567/2 (РНТ-566). Для обеспечения чувствительности в случае неуспешного АПВ ошиновки защита дополнена чувствительным комплектом, выполненным на реле того же типа. Ток срабатывания чувствительного органа защиты ошиновки должен отстраиваться от тока небаланса при бросках тока намагничивания автотрансформатора, асинхронном ходе и качаниях, развившихся в оставшихся частях системы после отключения поврежденной системы шин. Чувствительный комплект защиты может быть не отстроен от токов нагрузки и поэтому его вводят в работу только при фиксации срабатывания грубого комплекта защиты (реле 6РП). Время, на которое запоминается первоначальное срабатывание защиты ошиновки (уставка на упорном контакте реле времени 2РВ) должно быть меньше времени АПВ элемента, включаемого вторым.

В схеме защиты ошиновки предусмотрен запрет АПВ элементов, присоединенных к данной системе шин, в случае неполнофазного отключения какого-либо выключателя при действии защиты ошиновки (контакты реле $1РН_I$ и $2РН_I$), а также в случае неуспешного АПВ (по цепочке из контактов $2РВ_I$, $2РП_2$, $3РП_2$).

4. Дифференциальная защита последовательной обмотки вольтодобавочного трансформатора включается на трансформаторы тока, встроенные со стороны нейтралей вольтодобавочного трансформатора и главного автотрансформатора. Трансформаторы тока соединены в "звезду". Защита выполнена трехфазной и использует реле с насыщением. Необходимость установки этой защиты объясняется тем, что дифференциальная токовая защита автотрансфор-

матора не реагирует на повреждения в последовательной обмотке вольтодобавочного трансформатора.

5. Дифференциальная защита возбуждающей обмотки вольтодобавочного трансформатора и ошиновки 35 кв включается к трансформаторам тока, встроенным в главный автотрансформатор со стороны обмотки низшего напряжения, а также к трансформаторам тока в цепи возбуждающей обмотки вольтодобавочного агрегата и к трансформаторам тока в цепи выключателя 35 кв. Защита выполнена на реле типа ДЗТ-II с включением тормозной обмотки к трансформаторам тока выключателя 35 кв, что дает возможность повысить чувствительность защиты к повреждениям в зоне. В зону действия защиты входят выводы 35 кв главного автотрансформатора, ошиновка 35 кв, возбуждающая обмотка вольтодобавочного трансформатора и линейный добавочный трансформатор.

6. Для резервирования отключения коротких замыканий на шинах 330 и 220 кв и на отходящих от этих шин элементах, а также для резервирования основных защит автотрансформатора в схеме предусмотрена токовая защита обратной последовательности. Защита имеет три выдержки времени. С первой выдержкой времени защита действует на отключение шиносоединительного выключателя, со второй – на отключение выключателя 220 кв и с третьей выдержкой времени – на выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора.

Дополнительно к токовой защите обратной последовательности предусмотрена приставка для действия при симметричных повреждениях: токовое реле (IPT), включенное на ток одной фазы с пуском по напряжению. Реле напряжения подключается к трансформатору напряжения, установленному на стороне низшего напряжения автотрансформатора.

7. Для резервирования отключения замыканий на землю в системе высшего напряжения предусмотрена ненаправленная двухступенчатая токовая защита нулевой последовательности, первая грубая ступень которой выполнена на реле типа РНТ. В схеме предусмотрено ускорение данной ступени (реле 7РВ).

Защита действует на общие выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора.

8. Для резервирования отключения замыканий на землю на стороне среднего напряжения предусмотрена токовая направленная защита нулевой последовательности, имеющая три ступени по току для облегчения согласования с защитами линий 330 кв. Для осуществления данной защиты использовано комплектное реле КЗ-I5. Контакт выходного промежуточного реле 2-РП этой защиты действует на отключение шиносоединительного выключателя или на выходное промежуточное реле отключения выключателя стороны среднего напряжения и обходного выключателя (28РП). Упорный контакт реле времени I0 РВ действует на группу выходных реле защиты автотрансформатора.

На это же выходное промежуточное реле 2-РП действует и резервная защита от междуфазных к.з. в сетях 330 и 220 кв.

9. Для резервирования основных защит цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора, а также для резервирования отключения коротких замыканий на шинах 35 кв предусмотрена максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению. Защита выполнена с двумя выдержками времени: с первой выдержкой времени защита действует на отключение выключателя 35 кв, со второй - на выходные промежуточные реле защиты автотрансформатора.

I0. В схеме предусмотрена возможность выделения оперативного ускорения резервных защит.

При выводе из работы дифференциальной защиты ошиновки 330кв ускоряется ненаправленная токовая защита обратной последовательности совместно с приставкой, в виде токового реле от симметричных коротких замыканий, а также первая ступень защиты от замыканий на землю в сети 330 кв. Ускоренные защиты действуют на отключение автотрансформатора через группу выходных промежуточных реле.

То же самое происходит и при выводе из действия дифференциальной защиты автотрансформатора.

При выводе из действия защиты шин среднего напряжения ускоряется вторая направленная ступень защиты нулевой последовательности от замыканий на землю в сети 220 кв и резервная защита от междуфазных коротких замыканий. Переключения производятся рубильником 2Р. Оперативно ускоренные защиты действуют проскальзывающим контактом реле 8РВ на отключение шиносоединительного выключателя, со второй выдержкой времени на отключение выключателя 220 кв и затем на отключение автотрансформатора через выходные промежуточные реле его защит.

II. Кроме этого, в схеме предусмотрено автоматическое ускорение резервных защит после включения выключателя автотрансформатора стороны 220 кв - ненаправленной чувствительной ступени защиты от замыканий на землю в сети 220 кв (27 РП) и защиты от междуфазных коротких замыканий через контакт $4РВ_I$.

I2. Пуск устройства автоматического пожаротушения осуществляется при действии дифференциальной защиты автотрансформатора, дифференциальной защиты последовательной обмотки вольтодобавочного трансформатора, а также от газовых защит автотрансформатора и вольтодобавочного трансформатора. Автоматический пуск устройства пожаротушения автотрансформатора и вольтодобавочного автотрансформатора производится раздельно.

I3. Защита от перегрузки автотрансформатора выполнена с помощью реле тока 2РТ, включенного на фазный ток трансформатора тока стороны высшего напряжения.

Максимальная токовая защита от перегрузки действует на сигнал.

I4. Для осуществления контроля изоляции обмотки низшего напряжения предусматривается дополнительная обмотка у трансформатора напряжения. Контроль выполнен с действием на сигнал с выдержкой времени.

Приложение

л) Защита трехпроводного ввода автотрансформатора

Рассматриваемая защита выполняется на реле тока с тормозной характеристикой типа МЗТ-II. Рабочая обмотка реле включается в нулевой провод звезды трансформаторов тока, встроенных в цепь компенсационной обмотки автотрансформатора. Тормозная обмотка реле включается согласно параллельно в нулевой провод звезды трансформаторов тока на сторонах 500 и 220 кв, т.е. таким образом, чтобы в нагрузочном режиме и при внешнем коротком замыкании токи в тормозной обмотке складывались.

Предварительный расчет показал, что выполнить защиту на реле, выпускаемых промышленностью в настоящее время возможно только при условии уменьшения коэффициента трансформации трансформаторов тока на стороне 220 кв в два раза, что позволяет получить необходимое торможение при внешнем к.з. Для этой цели используются промежуточные трансформаторы тока с $K_T = I/2$. Возможны другие решения, например, параллельное соединение трансформаторов тока стороны 220 кв.

Ток срабатывания защиты выбирается по условию отстройки от тока в реле при обрыве токовых цепей в режиме протекания максимального рабочего тока в цепи компенсационной обмотки

$$I_{с.з.} = K_н \cdot I_{к.о.раб.}$$

где: $K_н$ – коэффициент надежности;

$I_{к.о.раб.}$ – максимальный рабочий ток в цепи компенсационной обмотки согласно техническим условиям на данный автотрансформатор.

Число витков рабочей обмотки реле определяется по выражению:

$$W_{раб.расч.} = \frac{F_{с.р} \cdot n_т}{I_{с.з.}}$$

где $F_{с.р.} = 100$ ав – н.с. (ампервитки) срабатывания реле;

$n_т$ – коэффициент трансформации трансформаторов тока в цепях компенсационной обмотки автотрансформатора.

Числов витков тормозной обмотки реле определяется в режиме минимального торможения при наибольшем рабочем токе.

Этому соответствует один из режимов:

а) повреждение на стороне 500 кв при положении переключателя в точке A_{I3}, при котором все витки регулировочной обмотки обтекаются током стороны 500 кв;

б) повреждение на стороне 220 кв при положении переключателя в точке A_I, при котором все витки регулировочной обмотки обтекаются током нейтрали. Расчетный режим - раздельная работа на шинах 220 кв (например: после действия резервных защит автотрансформатора от замыканий на землю в сети 220 кв).

Расчетным будет случай, в котором максимально отношение рабочего тока к тормозному.

Для случая "а":

$$I_{раб} = 3I_{0\,500} \cdot \frac{I_{к.о.раб.}}{I_{ном\,500}} \cdot \frac{1}{n_{ТТк.о.}}$$

$$I_{торм} = \frac{3I_{0\,500}}{n_{ТТ\,500}} + \frac{3I_{0\,220}}{n_{ТТ\,220}}$$

Для случая "б":

$$I_{раб} = 3I_{0\,нейтр} \cdot \frac{I_{к.о.\,раб}}{I_{ном\,500}} \cdot \frac{1}{n_{ТТк.о}}$$

$I_{торм.}$ - то же, что и для случая "а".

$$W_{торм} = K_н \cdot \frac{I_{раб}}{I_{торм} \cdot tg\alpha} \cdot W_{раб}$$

Чувствительность защиты проверяется в режиме к.з. на вводе, когда кратность тока в рабочей обмотке минимальна и равна 5,8·I ном. При этом ток со стороны высшего (или среднего) напряжения равен по данным завода 0,6·I н. Торможение максимально (при данных коэффициентах трансформации трансформаторов тока), когда весь ток течет со стороны 220 кв.

$$a \cdot W_{раб} = I_{раб} \cdot W_{раб} = \frac{5{,}8 \cdot I_{ном}}{n_{т\,к.о}} \cdot W_{раб}.$$

$$a \cdot W_{торм} = I_{торм} \cdot W_{торм.} = \frac{0{,}6 \cdot I_{ном}}{\frac{n_{т\,220}}{2}} \cdot W_{торм.}$$

Если возможен режим длительной работы с отключенным выключателем 220 кв, необходимо проверить селективность защиты при к.з. на землю на стороне 500 кв. Есть основание опасаться, что селективность в этом режиме не обеспечивается. Поэтому в защите предусмотрено блокирующее реле типа РТ 40/0, включенное на ток нулевой последовательности стороны 500 кв.

Уставка реле – I,5 I ном.

Проверяется селективность защиты при внешнем к.з. на 500 кв и токе, равном I,5 I ном (по тормозным характеристикам защиты).

Контакт блокирующего реле зашунтирован накладкой в нормальном режие работы автотрансформатора.

Для обеспечения пофазного пуска пожаротушения использованы три реле типа РТ-40/0, включенные на трансформаторы тока в цепи компенсационной обмотки, с уставкой 2,5 I раб. (на условий $K_4 \gg 2$ при к.з. на вводе).

С П Р А В К А

о рассмотренных патентных формулярах

При разработке типовых решений инв.№ 407-0-105 "Унифицированные принципиальные схемы релейной защиты элементов подстанций 330-500кв /без защиты линий/ были рассмотрены патентные фонды СССР на 1971г. по классам 21с, 68/01,50,60.

Главный инженер проекта /Н.Рибель/

В Ы П И С К А

из патентного формуляра инв.№ 5443тм-тЭ на "Унифицированные принципиальные схемы релейной защиты элементов подстанций 330-500 кв (без защиты линий)

"Унифицированные принципиальные схемы релейной защиты элементов подстанций 330-500кв (без защиты линий) обладают патентной чистотой в отношении СССР, Болгарии, Венгрии, Польши, Румынии и ОАР.

Дата составления патентного формуляра I июля I97I года.

Цель проверки: Типовые решения.

Составитель выписки: главный инженер проекта

/Н.Рибель/

Дата: I июля I97Iг.

ЦИТП ГОССТРОЯ СССР

Москва. Спартаковская ул.. 2-а. корпус В

Центральный институт типовых проектов просит дать Ваши замечания и предложения по улучшению качества направляемого Вам проекта

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ _____
(номер проекта)

Наименование проекта _____

_____

Проектная организация - автор проекта _____

_____

Замечания о недостатках в проекте не рациональные объёмно-планировочные и конструктивные решения. ошибки. опечатки. поли. графические дефекты и т. п. и предложения по их устранению _____

_____

_____

Подпись должностного лица и наименование организации _____

_____

_____

Дата _____

Тиражировано Свердловским филиалом ЦИТП
620062. г. Свердловск. К-62. ул. Генеральская. 3-а

Заказ 830 Тираж 50 Цена 0-75
Инв. № 11322-0.1 1972 г.

gost.e-ecolog.ru