

Центр подготовки кадров энергетики

К.В.Елецкий

***Релейная защита энергосистем
для оперативного персонала***

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2005

Елецкий К.В. Релейная защита энергосистем для оперативного персонала. – Второе издание Центра подготовки кадров энергетики, Санкт-Петербург, 2005 г.

Учебное пособие предназначено для слушателей групп повышения квалификации по курсу «Оперативно-диспетчерское управление энергосистемами».

Учебное пособие может быть использовано в практической работе оперативно-диспетчерского персонала АО-энерго, электростанций и ПЭС.

Учебное пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Оперативно-диспетчерское управление энергосистемами».

Научный редактор д.т.н., проф. Г.В.Меркурьев

Оглавление

Общие требования к устройствам релейной защиты и автоматики	3
1. Дифференциально-фазная высокочастотная защита линий (ДФЗ)...	5
2. Дистанционная защита.....	12
3. Дифференциальная защита шин.....	14
4. Защита от замыканий на землю (МТ ЗНП)	17
5. Защита от замыканий на землю с проверкой направления мощности нулевой последовательности на параллельной линии (поперечная направленная земляная защита)	20
6. Защита от непереключения фаз выключателя (ЗНФ)	21
7. Защиты генераторов	24
8. Защита трансформаторов и автотрансформаторов	30
Литература	35

Общие требования к устройствам релейной защиты и автоматики

В процессе эксплуатации на электрооборудовании электростанций и в электрических сетях могут возникать повреждения и ненормальные режимы работы. По условиям обеспечения бесперебойной работы неповрежденной части энергосистемы время отключения повреждений должно составлять десятые и даже сотые доли секунды. Очевидно, что оперативный персонал не в состоянии в требуемое столь малое время отметить, оценить возникший аварийный режим и принять меры к его ликвидации. Поэтому электроустановки обеспечиваются автоматически действующими устройствами – релейной защитой.

Основным назначением релейной защиты является автоматическое отключение поврежденного элемента от остальной части энергосистемы. Релейная защита должна реагировать также на опасные ненормальные режимы работы электрооборудования.

К устройствам релейной защиты предъявляются следующие основные требования:

1. **Селективность (избирательность)** – способность устройств релейной защиты отключить при повреждении только поврежденный участок, сводя до минимума объем отключенного электрооборудования.

2. **Быстродействие.** Отключение повреждения должно производиться с минимально возможным временем для уменьшения объема повреждения, сохранения устойчивости работы энергосистемы и уменьшения продолжительности снижения напряжения у потребителей.

Допустимое время отключения к.з. по условию сохранения устойчивости зависит от ряда факторов. Наиболее важным из них является величина остаточного напряжения на шинах электростанций и узловых подстанций. Чем ниже напряжение, тем быстрее нужно отключить к.з.. Наиболее тяжелыми по условию устойчивости являются трехфазные и двухфазные к.з. на землю в сетях с глухозаземленными нейтралами.

Требования к времени действия защиты от ненормальных режимов зависят от их последствий. Часто ненормальные режимы носят кратковременный характер и ликвидируются сами. В таких случаях быстрое отключение не является необходимым. Поэтому отключение оборудования должно производиться только тогда, когда возникает

действительная опасность для электрооборудования, т.е. в большинстве случаев с выдержкой времени.

3. Чувствительность. Для того, чтобы устройство релейной защиты реагировало на изменения параметров аварийного или ненормального режима (увеличение тока, снижение напряжения и т.д.), оно должно обладать определенной чувствительностью в пределах основной зоны действия, а также (для резервных защит) – с учетом зоны, обеспечивающей дальнейшее резервирование. Чувствительность устройств защиты проверяется при различных видах повреждений с учетом минимально возможного реального режима работы участка энергосистемы.

4. Надежность. Устройство релейной защиты должно обладать определенной надежностью, т.е. безотказно действовать при повреждениях и ненормальных режимах, для которых оно предназначено и не должно действовать в режимах, когда работа данного устройства не предусматривается. Надежность также обеспечивается возможным упрощением схемы, конструкции, качеством изготовления аппаратуры и монтажа, качеством эксплуатационного обслуживания.

1. Дифференциально-фазная высокочастотная защита линий (ДФЗ)

1.1. Назначение и краткое описание защиты

ДФЗ применяется в качестве основной защиты линий электропередачи напряжением 220 кВ и выше (а в некоторых случаях и для защиты линий 110 кВ) в связи с высокими требованиями к РЗ этих линий по быстродействию, чувствительности и селективности, которым не удовлетворяют другие защиты. ДФЗ действует при всех видах к.з. и не реагирует на перегрузки и качания. При неполнофазных режимах защита не действует на отключение линии, что позволяет использовать защиту на линиях, оборудованных устройствами ОАПВ. Защита обладает абсолютной селективностью, т.е. отключает к.з. на защищаемой линии и не реагирует на внешние к.з.

В состав защиты входят два комплекта, установленные по концам защищаемой линии. В комплект защиты, установленной на каждом конце линии, входят:

- релейная часть;
- приемопередатчик;

- конденсатор связи;
- в.ч.заградитель.

Питание цепей переменного тока ДФЗ осуществляется от трансформаторов тока защищаемой линии и трансформаторов напряжения шин или линии.

1.2. Принципы действия защиты

Принцип действия защиты – сравнение фаз токов прямой и обратной последовательностей, протекающих по концам защищаемой линии. В защите имеются три основных органа:

- орган пуска;
- орган управления в.ч.передатчиком (орган манипуляции);
- орган сравнения фаз токов.

Орган пуска

Орган пуска при всех видах повреждений на линии пускает в.ч.передатчик, подключает к приемопередатчику орган сравнения фаз токов. Пусковой орган представляет собой комбинированный фильтр токов (напряжений) обратной последовательности. Пусковой орган обладает высокой чувствительностью и производит пуск в.ч.передатчика не только при к.з. на защищаемой линии, но и при к.з. на смежных линиях.

Орган управления в.ч.передатчиком (орган манипуляции)

Для осуществления защиты с использованием только одного в.ч.канала трехфазные системы сравниваемых токов двух концов линии преобразуются посредством фильтров токов прямой и обратной последовательности в однофазное напряжение, которое подается в орган управления в.ч.передатчиком. При к.з. в.ч.передатчики с обеих сторон линии пускаются в работу примерно с одинаковой несущей частотой, управляются (манипулируются) при помощи указанного выше напряжения манипуляции, осуществляя периодические открывания и закрывания передатчика с частотой 50 Гц. Таким образом, осуществляется манипуляция в.ч. токов токами к.з. В результате токи высокой частоты передаются при к.з. не непрерывно, а в виде прерывистых в.ч.сигналов. Длительность и отсутствие каждого из этих сигналов равна половине периода промышленной частоты. Фаза манипу-

лированных сигналов соответствует фазе тока к.з. на конце линии, где установлен передатчик.

Орган сравнения фаз токов

Сравнение фаз токов осуществляется в в.ч.приемниках. Органы манипуляции включены таким образом, что передатчики концов линии при внешних к.з. работают в разные полупериоды промышленной частоты, создавая в совокупности непрерывный в.ч.сигнал. При наличии на линии непрерывного в.ч.сигнала орган сравнения фаз токов не действует. При к.з. на защищаемой линии передатчики концов линии работают в одни и те же периоды промышленной частоты, на линии возникает прерывистый в.ч.сигнал, и органы сравнения фаз токов срабатывают, подготавливая цепь отключения. Таким образом, орган сравнения фаз токов определяет, где находится место повреждения – в зоне действия защиты или вне ее.

1.3. Выполнение в.ч.каналов по ЛЭП

Передача в.ч.сигналов производится по проводам линий электропередач. Для осуществления такой передачи производится высокочастотная обработка фаз линий, заключающаяся в установке по концам защищаемого участка в.ч.заградителей и конденсаторов связи. Наименьшее количество аппаратуры требуется при обработке фаза-земля. Высокочастотный канал состоит из проводов ЛЭП, в.ч.заградителей, конденсаторов связи, фильтров присоединения, в.ч.кабеля и приемопередатчиков. В.ч.заградитель препятствует распространению в.ч.сигналов за пределы защищаемого участка. Конденсатор связи создает путь для токов высокой частоты и изолирует приемопередатчик от высокого напряжения. Фильтр присоединения служит для пропускания токов в.ч. только рабочей полосы частот.

1.4. Преимущества и недостатки защиты

Основными преимуществами ДФЗ являются быстроедействие, абсолютная селективность, достаточно высокая чувствительность, надежность, несмотря на относительную сложность выполнения.

Основные недостатки ДФЗ: высокая стоимость и сложность, обусловленные наличием в.ч.приемопередатчиком.

1.5. Работа защиты при к.з.

1.5.1. Внешние к.з.

При внешнем к.з. токи по концам защищаемой поврежденной линии сдвинуты на угол, близкий 180° (рис.1), поэтому работа в.ч.передатчиков происходит не одновременно, и они посылают в.ч.сигналы, сдвинутые (по фазе) на половину периода промышленной частоты. При суммировании этих в.ч.сигналов на линии получается непрерывный в.ч.сигнал. Поэтому орган сравнения фаз не срабатывает, и защита не действует на отключение.

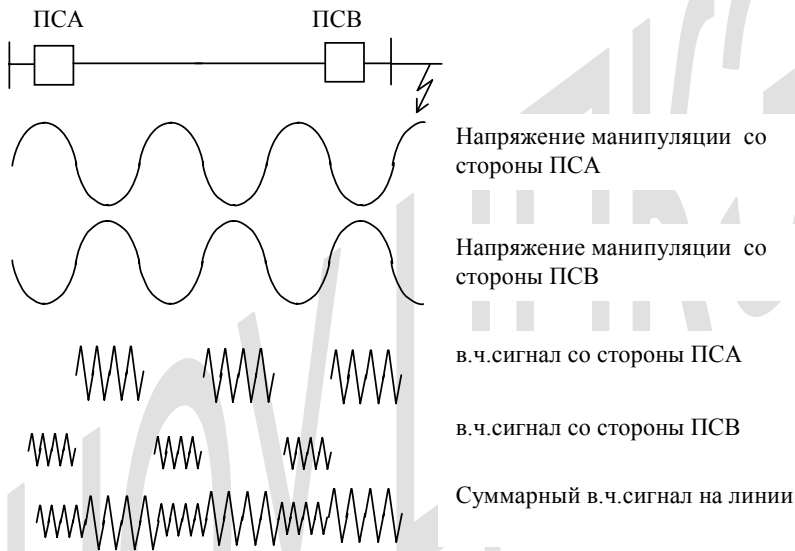


Рис.1.

1.5.2. К.з. на защищаемой линии

При к.з. на защищаемой линии токи по концам линии совпадают по фазе. Передатчики работают одновременно и посылают в.ч.сигналы, совпадающие по фазе. Поэтому сигналы накладываются друг на друга, образуя между этими сигналами паузы (рис.2). Перерывы в токе приема фиксируются органом сравнения, который подготавливает цепь отключения.

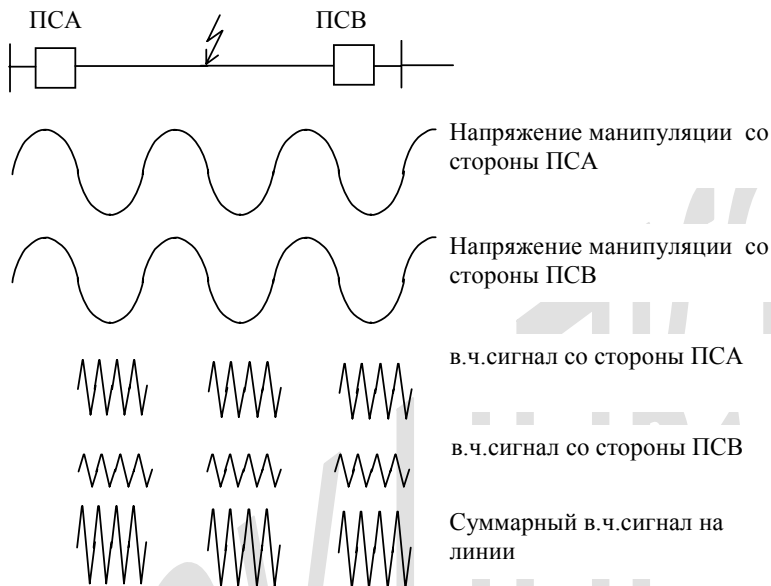


Рис.2.

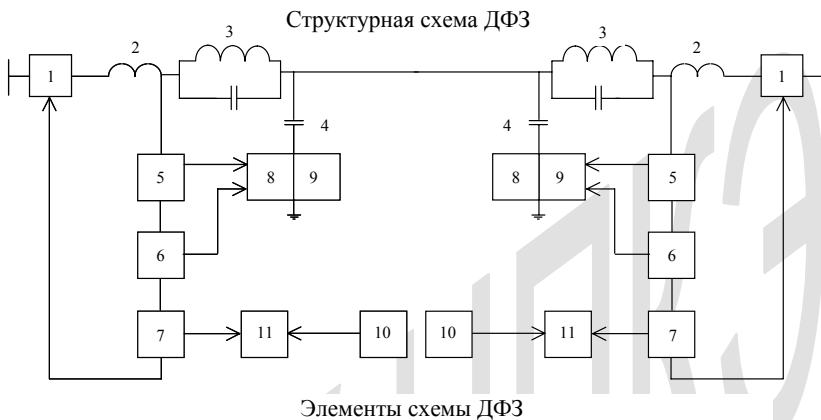
1.6. Цепи питания защиты

Питание цепей переменного тока осуществляется от трансформаторов тока защищаемой линии и трансформаторов напряжения шин или линии. Неисправность цепей трансформаторов тока может привести к мгновенному действию защиты на отключение выключателей данного конца линии. При неисправности цепей напряжения ложного действия защиты типов ДФЗ-2, ДФЗ-201, ДФЗ-402, ДФЗ-504 не происходит. Защиты типов ДФЗ-401 и ДФЗ-503 могут ложно срабатывать при неисправности цепей напряжения и при появлении указанной неисправности автоматически выводятся из действия.

Исчезновение оперативного тока защиты может привести к неселективному отключению линии на противоположном конце.

1.7. Цепи сигнализации

Пуск защиты сопровождается срабатыванием указательного реле «Пуск защиты». Это реле срабатывает при к.з. на защищаемой линии и может срабатывать при к.з. на смежных линиях и неполнофазных режимах.



- | | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| 1. Выключатель | 7. Орган подготовки цепи отключения |
| 2. Трансформатор тока | 8. ВЧ передатчик |
| 3. Заградитель | 9. ВЧ приемник |
| 4. Конденсатор связи | 10. Орган сравнения фаз |
| 5. Орган пуска | 11. Орган разрешения отключения |
| 6. Орган манипуляции | |

Срабатывание указательного реле «Вызов» происходит при запуске в.ч.передатчика на противоположном конце линии при отсутствии пуска защиты на данной стороне и служит вызовом оперативному персоналу для обмена в.ч. сигналами.

Указательное реле «Вызов» может срабатывать также от в.ч.помех на линии. Действие ДФЗ на отключение сигнализируется указательным реле «Срабатывание защиты».

1.8. Ввод защиты в работу

В цепи отключения выключателей от защиты установлены накладки. Накладки установлены также в цепи пуска УРОВ и в цепи пуска осциллографа. При наличии ОАПВ пуск УРОВ выполняется от внешних выходных реле и накладка «пуск УРОВ» от ДФЗ разомкнута.

1.9. Эксплуатация защит оперативным персоналом

1. Ввод и вывод ДФЗ производится одновременно с двух сторон.

2. ДФЗ выводится из действия с двух сторон одновременно в следующих случаях:

- при отключении более допустимого величины тока приема при запуске передатчика с одного конца;
- при снижении тока покоя при номинальном напряжении оперативного тока;
- при отсутствии снижения тока покоя при обмене в.ч. сигналами;
- при появлении тока приема, превышающего допустимый, при запуске приемопередатчиков с обеих сторон одновременно.

2.1. При неисправностях в.ч. канала:

исчезновение оперативного тока на приемопередатчике. Обратный ввод защиты при этом может быть произведен не ранее, чем через 5 минут (для приемопередатчиков, выполненных на электронных лампах) после восстановления питания в.ч. поста.

2.2. При неисправности релейной части любого комплекта защиты (в том числе при исчезновении питания оперативным током релейной части ДФЗ).

2.3. При необходимости заземления нижней обкладки конденсатора связи.

2.4. При выводе защиты в проверку.

2.5. При появлении сигнала «Пуск защиты», если он не убирается.

3. Перед операциями с крышками испытательных блоков в токовых цепях ДФЗ должна быть выведена из действия на той стороне, где выполняются переключения в токовых цепях. Нужно иметь в виду, что на время операций с токовыми блоками ДФЗ на противоположной стороне линии становится неселективной. Если операции с токовыми

блоками требуют продолжительного времени, ДФЗ должна быть выведена из действия с 2-х сторон.

4. При появлении сигналов «Вызов» ДФЗ выводить из действия не требуется.

2. Дистанционная защита

2.1. Назначение и краткое описание защиты

Дистанционными называются защиты с относительной селективностью, выполняемые с использованием реле сопротивления. Реле сопротивления реагируют на отношение напряжения, поданного на реле к току в реле. Работа этих реле определяется местоположением к.з. по отношению к месту их включения. Это отношение пропорционально расстоянию до места повреждения - дистанции, что и определило название защиты.

Реле сопротивления включаются на линейное напряжение и разность фазных токов и предназначены для действия при междуфазных к.з.. При к.з. напряжение, подаваемое на реле, обычно снижается, а ток в реле возрастает. С учетом этого в схемах защиты используются реле минимального сопротивления, реагирующие на снижение сопротивления.

Дистанционная защита - защита с ограниченной селективностью, выполняемая по ступенчатому принципу. Как правило, регулировка дистанционной защиты выполняется следующим образом.

1-я зона защиты без выдержки времени защищает только часть линии (примерно 85%) считая от места установки защиты. При к.з. на части линии (примерно 15%), примыкающей к шинам противоположной подстанции, действует 2-я зона дистанционной защиты с выдержкой времени.

3-я зона дистанционной защиты является резервной и резервирует защиту собственной линии и защиты присоединений, отходящих от шин противоположной подстанции. По принципу действия дистанционная защита - это направленная защита.

Так как реле сопротивления срабатывают при снижении сопротивления - при неисправностях в цепях напряжения защита может ложно сработать. Для исключения этого в схемах дистанционной защиты имеется устройство контроля цепей напряжения, которое выводит из действия защиту при нарушениях в цепях напряжения.

Явления, называемые качанием, возникают при нарушении синхронной работы генераторов системы. Качания сопровождаются возрастанием тока и снижением напряжения в сети. На эти изменения дистанционная защита реагирует так же, как и на к.з. В зависимости от расстояния до центра качаний напряжение на реле сопротивления будет различным и чем ближе к центру качаний, тем напряжение будет ниже. Период качаний зависит от степени расхождения скоростей синхронных генераторов. При качаниях возникают условия для неправильных, хаотических действий дистанционных защит, которые приводят к тяжелым авариям. Весьма важным поэтому является бездействие этой защиты при качаниях. Основным способом исключения ложного действия дистанционной защиты при качаниях является применение специального устройства блокировки при качаниях - выводящего из действия дистанционную защиту при возникновении качаний.

Для осуществления отключения к.з. на линии без выдержки времени при оперативном включении выключателя линии или при АПВ выполняется автоматическое ускорение 2-й или 3-й зоны дистанционной защиты.

На линии, оборудованной устройствами передачи команд телеотключения (ТО), как правило, выполняются цепи ускорения действия 2-й или 3-й зон дистанционной защиты при отключении линии на противоположном конце. Выполнение ускорения дистанционной защиты по ТО с обеих сторон линии позволяет отключать без выдержки времени междуфазные к.з., возникающие в любом месте линии.

На некоторых линиях для ускорения отключения к.з. выполняется оперативное ускорение 2-й или 3-й зоны дистанционной защиты. Указанное ускорение вводится в действие при выводе основной защиты линии.

В некоторых случаях дистанционная защита устанавливается в схемах защит автотрансформаторов. В этом случае дистанционная защита резервирует защиты автотрансформатора и защиты отходящих линий.

Как правило, дистанционная защита действует на отключение 3-х фаз линии. Но иногда, на линиях оборудованных устройствами ОАПВ, некоторые зоны дистанционной защиты могут действовать на пуск ОАПВ.

2.2. Эксплуатация дистанционной защиты оперативным персоналом

Оперативный персонал должен следить за исправностью цепей напряжения, включая трансформатор напряжения. При появлении сигнала, свидетельствующего о неисправности цепей напряжения, оперативный персонал должен вывести из действия дистанционную защиту, и, в общем случае, пуск УРОВ от дистанционной защиты и принять меры к определению повреждения и восстановлению цепей напряжения.

3. Дифференциальная защита шин

3.1. Назначение и краткое описание защиты

Схема электрических соединений электростанций и подстанций имеют большое разнообразие, определяемое номинальным напряжением, назначением и надежностью. На шинах электростанций и подстанций могут быть различные виды повреждений. К основным причинам повреждений на шинах относятся: ошибочные действия эксплуатационного персонала с шинными разъединителями, перекрытие вводов выключателей из-за дефектов изоляции, перекрытие изоляции при грозах и загрязнениях, поломка изоляторов разъединителей. Повреждения на шинах могут иметь серьезные последствия:

- значительное снижение напряжения на шинах, что может привести к расстройству технологических процессов на большей части предприятий,

- потеря устойчивости системы;
- повреждение и выход из строя оборудования.

Для предотвращения и ослабления последствий этих воздействий необходимо отключать к.з. на шинах распредустройства за минимальное время с помощью соответствующих устройств защиты.

Основная защита, применяемая в качестве защиты шин - дифференциальная токовая защита. Принцип ее действия - сравнение фаз токов в присоединениях защищаемых шин. В условиях нормальной работы и при внешних коротких замыканиях в защите протекает ток небаланса. При к.з. на шинах в дифференциальных реле ДЗШ протека-

ет сумма токов всех питающих к.з. присоединений, т.е. ток к.з. В этом случае ДЗШ срабатывает на отключение.

Ток срабатывания ДЗШ выбирается больше, чем максимальный ток небаланса.

Основными достоинствами дифференциальной защиты являются: быстрдействие в сочетании с селективностью; принципиальная простота реализации, действие при всех видах коротких замыканий.

Одним из недостатков дифференциального принципа является возможность ложного срабатывания при обрыве соединительных проводов. Для устранения этого недостатка ток срабатывания выбирают несколько большим, чем рабочий ток наиболее мощного присоединения.

По подобной схеме построена дифференциальная защита одиночной системы шин. Для двойной системы шин используется один комплект ДЗШ, в который входят также избирательные органы, которые предназначены для выбора поврежденной системы шин. ДЗШ - абсолютно селективная защита. Зона ее действия ограничена трансформаторами тока. ДЗШ действует на отключение всех питающих присоединений. Для быстрейшего восстановления питания потребителей в случае успешного АПВ ДЗШ не действует на отключение тупиковых присоединений. Для контроля исправности токовых цепей применяются устройства автоматического и ручного контроля. Автоматическое устройство постоянно контролирует исправность токовых цепей ДЗШ и при появлении неисправности действует на сигнал и на автоматический вывод из действия ДЗШ. Для ручного контроля используется миллиамперметр, подключаемый для измерения тока небаланса при помощи кнопки.

Рассмотрим наиболее часто встречающуюся схему - ДЗШ двойной системы шин. Токовые цепи всех присоединений каждой системы шин собираются в свой дифференциал. При переводе какого-то присоединения на другую систему шин необходимо токовые цепи этого присоединения перевести в другой дифференциал, а также цепи отключения переводимого присоединения выполнить от выходных реле соответствующего дифференциала. Перед переводом присоединения на другую систему шин ДЗШ вводится с нарушенной фиксацией и ДЗШ в этом режиме действует на отключение обеих систем шин. Если при переводе какого-либо присоединения на другую систему шин нет возможности перевести токовые цепи этого присоединения в другой дифференциал, ДЗШ остается в работе с нарушенной фиксацией. При подготовке ОВ к включению, его токовые цепи подключаются в диф-

ференциал той системы шин, на которую предполагается подключить ОВ. Распространяется действия ДЗШ на отключение ОВ в соответствии с предполагаемой схемой включения. Для замедления действия ДЗШ при опробовании СШ включением МШВ или ОВ, в схеме ДЗШ вводится замедление действия ДЗШ для отключения без выдержки времени выключателя опробуемого присоединения (МШВ или ОВ) и с выдержкой времени - на отключение всех питающих к.з. присоединений, если МШВ или ОВ не отключился. Замедление действия ДЗШ вводится в действие, если опробуемая система шин введена в зону действия ДЗШ.

В связи с тем, что некоторые к.з. на шинах являются неустойчивыми, имеет смысл выключать АПВ шин после действия ДЗШ. АПВ шин выполняется выключателем присоединения, обеспечивающим достаточную чувствительность ДЗШ при включении на к.з.. При недостаточной чувствительности ДЗШ при АПВ шин в схеме ДЗШ на момент опробования шин автоматически вводится в действие специальный чувствительный комплект. АПВ шин вводится в действие от одного элемента. В схеме АПВ данного присоединения вводится контроль отсутствия напряжения на шинах. При отключении этого присоединения контроль отсутствия напряжения вводится в схеме АПВ другого присоединения. Иногда выполняется схема автоматической сборки присоединений - когда контроль отсутствия напряжения на шинах вводится на нескольких присоединениях с разными выдержками времени. При этом АПВ шин происходит от схемы АПВ присоединения, имеющего меньшую выдержку времени.

При неуспешном АПВ данного присоединения АПВ других присоединений блокируется. В случае неполнофазного отключения выключателя производится блокирование АПВ всех присоединений отключенной системы шин. АПВ шин выводится из действия перед операцией с шинными разъединителями.

3.2. Эксплуатация ДЗШ оперативным персоналом

Оперативный персонал один раз в смену при помощи ручного контроля проверяет исправность токовых цепей ДЗШ.

Устройство ручного контроля, как правило, имеет большую чувствительность по сравнению с устройствами автоматического контроля.

ДЗШ выводится из действия в следующих случаях:

1. При появлении сигнала о неисправности токовых цепей или повышении тока небаланса, выявленного при ручном контроле. При появлении сигнала о неисправности токовых цепей не разрешается ручным контролем измерять ток небаланса из-за возможного повреждения миллиамперметра.

2. В случае подключения нового присоединения, токовые цепи которого не подсоединены к схеме ДЗШ или не сфазированы. При этом все переключения ведутся с введенной ДЗШ, а перед включением данного присоединения ДЗШ выводится на время фазировки.

3. В случае взятия под напряжение ячейки присоединения, если трансформаторы тока данного присоединения введены в ДЗШ.

4. В случае мощного действия.

5. При проверках ДЗШ.

4. Защита от замыканий на землю (МТЗНП)

4.1. Назначение и краткое описание защиты

Для защиты линий от коротких замыканий на землю (однофазные и двухфазные) применяется защита, реагирующая на ток и мощность нулевой последовательности. Необходимость специальной защиты от коротких замыканий на землю вызывается тем, что этот вид повреждения является преобладающим, а защита включаемая на ток и напряжение нулевой последовательности, осуществляется более просто и имеет ряд преимуществ.

Защита от замыканий на землю выполняется в виде токовых максимальных защит и отсеков как направленных, так и ненаправленных. Защиты строятся по ступенчатому принципу. Первая ступень защиты защищает часть линии (как правило). Вторая ступень выполняется с выдержкой времени и защищает всю линию. Третья и четвертая ступени - резервируют защиты данной линии, а также защиты линий, отходящих от шин подстанции, примыкающей к противоположному концу линии. В качестве органа направления защиты используются реле направления мощности. Токовые реле МТЗНП и токовая обмотка реле направления мощности включаются в нулевой провод трансформаторов тока на ток нулевой последовательности. Обмотка напряжения реле направления мощности подключается к обмотке трансформатора

тора напряжения, собранной по схеме “разомкнутый треугольник” - т.е. на напряжение нулевой последовательности.

Защита МТЗНП применяется в качестве основной или резервной защиты от коротких замыканий на землю и осуществляет защиту собственной линии и резервирует короткие замыкания на землю на шинах противоположной подстанции и смежных присоединениях. Одна ступень может иметь две выдержки времени. Если нормально ступень с меньшей выдержкой времени выведена, то при вводе ее в действие она может работать неселективно. В некоторых случаях при возникновении неполнофазного режима в сети наиболее чувствительные ступени (3-я и 4-я) могут приходить в действие и неселективно отключать присоединение.

На линиях оборудованных устройствами ОАПВ - в цикле ОАПВ, т.е. после отключения поврежденной фазы, автоматически выводится из действия ступени МТЗНП, которые могут сработать от тока неполнофазного режима. После успешного ОАПВ эти ступени автоматически вводятся в действие.

Для осуществления отключения к.з. на линии без выдержки времени при оперативном включении выключателя линии или АПВ выполняется автоматическое ускорение 2-й или 3-й ступени МТЗНП.

На линии, оборудованной устройством передачи команд телеотключения (ТО), как правило, выполняются цепи ускорения действия 2-й или 3-й ступени МТЗНП при отключении линии на противоположном конце. Выполнение ускорения МТЗНП по ТО с обеих сторон линии позволяет отключать без выдержки времени к.з. на землю, возникающее в любом конце линии.

Обрыв или закорачивание фазы во вторичных цепях ТТ может приводить к ложному действию ступеней защиты не отстроенных от тока нагрузки. По этой причине ступени защиты, не отстроенные от тока нагрузки необходимо выводить из действия при проверках правильности фазировки МТЗНП. Целостность цепей $3U_0$ контролируется специальным реле, действующим на сигнал “неисправность $3U_0$ ”, либо по показаниям милливольтметра один раз в сутки. Обрыв цепи $3U_0$ может привести к отказу, так и к ложному действию направленных ступеней защиты.

4.2. Эксплуатация МТЗНП оперативным персоналом

При обнаружении обрыва цепи $3U_0$ (по результатам замера напряжения небаланса или при появлении сигнала «неисправность цепей $3U_0$ ») выводить МТЗНП не требуется, однако, надо иметь в виду, что направленные ступени могут отказать или действовать неселективно.

Если неисправность устранить не удастся, линию необходимо перевести на другую систему шин с исправным ТН или включить линию через ОВ.

Если защита является резервной, т.е. на линии введена основная защита, а на противоположном конце линии подстанция имеет сборные шины с ДЗШ, можно линию оставить на этой СШ до устранения неисправности. Если одна из ступеней сработала неселективно из-за неполнофазного режима и отключила присоединение, и отключившееся присоединение необходимо включить до устранения неполнофазного режима, то подействовавшую и более чувствительную ступень защиты необходимо вывести из действия. После устранения неисправности выведенные ступени необходимо ввести в действие.

5. Защита от замыканий на землю с проверкой направления мощности нулевой последовательности на параллельной линии (поперечная направленная земляная защита)

5.1. Назначение и краткое описание защиты

Защита применяется на параллельных линиях в сетях с большим током замыкания на землю и позволяет селективно отключать с выдержкой времени (как правило 0.15 с) короткие замыкания на землю в любом месте на любой из параллельных линий.

Защита использует принцип замера направления токов нулевой последовательности на обеих параллельных линиях. Если на обеих линиях эти токи направлены одинаково (от шин или к шинам), то защита бездействует, а если направление этих токов разное (на одной линии - от шин, а на другой линии - к шинам), то защита срабатывает и действует на отключение той линии, по которой ток нулевой последовательности направлен от шин в линию. Защита сохраняет селективность действия, только если линии объединены на обоих концах. В случае работы линий на разные системы шин с отключенным шиносоединительным выключателем, защита может работать неселективно на обоих концах линии. В этом режиме защита должна быть выведена из действия с обеих сторон линий. На подстанции, где произошло отключение шиносоединительного выключателя, защита выводится автоматически блок-контактом этого выключателя. С другой стороны защита автоматически не выводится и должна быть без промедления выведена из действия оперативным персоналом. В схеме защиты предусмотрена накладка для шунтирования блок-контакта шиносоединительного выключателя. Эта накладка должна быть замкнута в режиме, когда обе параллельные линии включены на одну систему шин.

При работе одной из параллельных линий в тупиковом режиме возможно неселективное действие защиты при внешнем к.з. на землю по оставшейся в работе линии.

При неполнофазном режиме в сети защита обеспечивает селективное действие.

Защита, как правило, выполняется на базе защит от замыканий на землю линий (ЭПЗ-1636, ШДЭ-2801(2)). Действие защиты сигнализируется указательными реле, расположенными на указательных панелях. Ввод и вывод защиты производится накладкой. Как правило, от-

дельной накладке для пуска УРОВ защита не имеет, т.к. действует через выходные реле защит от замыканий на землю.

5.2. Эксплуатация поперечной направленной земляной защиты оперативным персоналом

Защита выводится из действия в следующих случаях:

1. Если на одной из параллельных линий или обеих линиях произойдет обрыв цепи напряжения нулевой последовательности, защита обеих линий должна быть выведена из действия только на той стороне, где имеется неисправность цепей напряжения нулевой последовательности.

2. При раздельной работе линий на разные системы шин с отключенным шиносоединительным выключателем - защита должна быть выведена с двух сторон.

3. При отключении с двух сторон одной из параллельных линий или при отключении её только с одной стороны необходимо на линии, находящейся в транзите вывести защиту с двух сторон.

4. На линии, работающей в тупиковом режиме (с отключенным выключателем на одной стороне) следует сохранять защиту на отключение данной линии.

5. При переводе параллельных линий на одну систему шин необходимо замкнуть накладку, шунтирующую блок-контакт шиносоединительного выключателя на данной подстанции.

6. При работах в цепях защиты на одной из параллельных линий защита должна выводиться из действия на обеих линиях на той подстанции, где производится проверка.

6. Защита от непереключения фаз выключателя (ЗНФ)

6.1 Назначение и краткое описание защиты

При включении выключателя, имеющего пофазный привод (воздушные выключатели, масляные выключатели типа У-220 и некоторые другие типы выключателей), возможен режим, когда одна или две фазы остаются в положении «отключено». При этом на присоединении, к которому относится данный выключатель, возникает неполнофазный режим. Неполнофазный режим может сопровождаться протек-

канием несимметричных токов нагрузки, опасных в некоторых случаях для электрооборудования. Для защиты указанного выше режима на выключателях, имеющих пофазный привод, устанавливается защита от непереключения фаз (ЗНФ). Защита приходит в действие при несоответствии положения блок-контактов различных фаз выключателя. При подаче команды на включение выключателя блок-контакты всех фаз выключателя переходят из положения «отключено» в положение «включено». При отказе во включении одной или двух фаз выключателя блок-контакты этой фазы (или фаз) остаются в положении «отключено», а блок-контакт включившейся фазы (фаз) оказывается в положении «включено». Подобное явление может и при неполнофазном отключении выключателя.

Возникшее при этом несоответствие положения блок-контактов фаз выключателя приводит к пуску ЗНФ.

Рассмотрим некоторые варианты выполнения ЗНФ.

1. Линии 110-220кВ (без ОАПВ) без отпаек и двухобмоточные трансформаторы.

Защита выполняется с одной ступенью по времени, действующей на отключение собственного выключателя и нарушение канала быстродействующей защиты для отключения линии на противоположном конце (для ВЛ). Выдержка времени защиты составляет обычно 0,2-0,3с (для отстройки от разновременности включения фаз выключателя).

2. Линии 110-220кВ (без ОАПВ) с отпайками, автотрансформаторы (АТ) и трехобмоточные трансформаторы.

Защита выполняется с двумя выдержками времени: с 1-й выдержкой времени защита действует на отключение собственного выключателя, а со 2-й – по наличию тока нулевой последовательности – на нарушение канала быстродействующей защиты линии или на общие выходные реле АТ и трехобмоточных трансформаторов. От контактов общих выходных реле АТ и трехобмоточных трансформаторов происходит пуск УРОВ.

3. Линии с АОПВ, подключенные через один выключатель.

Защита выполняется с двумя выдержками времени: с 1-й выдержкой времени защита срабатывает при бездействии схемы ОАПВ. При срабатывании схемы ОАПВ 1-я ступень защиты блокируется, и защита действует со 2-й выдержкой времени, отстроенной от времени действия ОАПВ. Защита действует на отключение с запретом АПВ собственного выключателя и на нарушение канала быстродействующей

защиты для отключения линии с противоположной стороны. При наличии на линии канала передачи сигналов телеотключения для передачи команды от ЗНФ для отключения линии с запретом АПВ с противоположной стороны может быть использована одна из команд аппаратуры телеотключения.

4. Линии с ОАПВ, подключенные через два выключателя (схемы многоугольников, полуторные схемы).

В этом случае каждый выключатель присоединения имеет собственную защиту от непереключения фаз, называемую «индивидуальной ЗНФ», выполняемую, как описано в п.1. При неполнофазном включении одного выключателя неполнофазный режим работы присоединения возникает только в том случае, когда второй выключатель отключен. Поэтому для присоединений, имеющих два выключателя одного напряжения, помимо индивидуальной ЗНФ выполняется суммарная (или общая) ЗНФ.

Общая ЗНФ пускается при действии индивидуальной ЗНФ с контролем тока нулевой последовательности и контролем отсутствия тока через другой выключатель. Защита выполняется с выдержкой времени на 0,3 с большей, чем выдержка времени индивидуальной защиты. Общая ЗНФ срабатывает при неуспешном действии индивидуальной защиты, если другой выключатель присоединения находится в отключенном положении, т.е. когда возникает неполнофазный режим на присоединении. Если присоединение раньше было включено через один из выключателей и работает полнофазно, а происходит неполнофазное включение другого выключателя этого присоединения, общая ЗНФ в этом случае не действует. Контакты выходных реле общей ЗНФ присоединения действуют также и на пуск УРОВ. Общая ЗНФ действует на выходные реле присоединения, осуществляя отключение данного присоединения, нарушение канала быстродействующей защиты и при наличии передатчика устройства телеотключения на отключение с запретом АПВ линии с противоположной стороны.

6.2. Действия оперативного персонала при срабатывании ЗНФ

Если при действии ЗНФ неполнофазный режим на присоединении сохраняется, необходимо принять меры по ликвидации этого режима. Для этого можно рекомендовать следующее:

– по возможности выключить выключатель, который зашунтировал бы неполнофазно включенный выключатель;

– если в неполнофазном режиме находится линия без отпаек, указанный режим может быть ликвидирован отключением выключателя линии на противоположной стороне;

– если в неполнофазном режиме находится линия с отпайкой, указанный режим может быть ликвидирован отключением специально выделенного выключателя, включенного последовательно с неполнофазно включенным выключателем. Это может быть междушинный выключатель, после предварительного перевода всех остальных присоединений (кроме неполнофазно включенного) на другую систему шин.

После оперативного отключения линии, в случае, если трансформатор напряжения установлен на линии, целесообразно проконтролировать отсутствие напряжения на фазах отключенной линии. При наличии на какой-либо фазе напряжения, что свидетельствует о неполнофазном отключении выключателя с одной из сторон линии, необходимо принять меры для ликвидации неполнофазного режима.

Неполнофазный режим даже на линии, включенной с одной стороны, представляет опасность для устройств РЗА, которые в этом случае находятся длительно под воздействием напряжения нулевой последовательности. Это происходит при установке трансформатора напряжения на линии. В этом режиме необходимо принять соответствующие меры для ликвидации неполнофазного режима.

7. Защиты генераторов

7.1. Назначение и краткое описание защит

В данном разделе приведен обзор устройств релейной защиты генераторов. В зависимости от типа, мощности генератора набор защит и направление действия может быть различным.

При эксплуатации генераторов возникают различные виды повреждений и ненормальных режимов, приводящих к нарушению работы генераторов.

В статоре генератора могут возникать следующие виды повреждений:

- междуфазные короткие замыкания (к.з.);
- замыкания обмотки статора на землю;
- витковое замыкание.

Повреждения в обмотке статора генератора сопровождается электрической дугой, вызывающей повреждение обмоток и активной стали генератора.

В роторе генератора могут возникать следующие виды повреждений:

- замыкания обмотки ротора на корпус в одной точке;
- двойное замыкание обмотки ротора на корпус.

Защиты генератора, действующие при повреждениях, представляющих непосредственную опасность, действуют без выдержки времени на отключение выключателя, гашение магнитного поля, на остановку турбины и в некоторых случаях - на пуск системы пожаротушения.

Основными ненормальными режимами опасными для генераторов являются:

- сверхтоки внешних к.з. и перегрузок;
- потеря возбуждения;
- повышение напряжения выше допустимых пределов.

7.2. Дифференциальная защита генератора

В качестве основной защиты от междуфазных к.з. в обмотках статора генератора устанавливается продольная дифференциальная защита. Защита реагирует на междуфазные к.з. в генераторе и на выводах. При условии достаточной чувствительности защита может реагировать также на двойные замыкания на землю, когда одна точка замыкания на землю находится в зоне действия дифзащиты генератора.

Зона действия дифзащиты генератора - обмотки статора и обмотка генератора, расположенные между трансформаторами тока дифзащиты.

В нагруженном режиме и при внешних к.з. в дифзащите генератора со стороны фазных выводов и со стороны нуля генератора протекают равные токи, и дифзащита генератора не действует. При междуфазных повреждениях в генераторе в цепях трансформаторов тока

поврежденных фаз со стороны нуля генератора токи возрастают, а со стороны фазных выводов меняют свое направление (эти токи могут отсутствовать, если генератор отключен от сети). В результате в реле поврежденных фаз дифзащиты генератора протекают суммарные токи к.з., что приводит к срабатыванию защиты. На витковые замыкания между витками одной фазы защита не реагирует, т. к. токи повреждения через трансформаторы тока дифзащиты не протекают.

7.3. Поперечная дифзащита генератора

Поперечная защита предназначена для защиты генераторов от витковых замыканий в обмотке статора. Защита устанавливается на мощных генераторах, имеющих параллельные ветви обмотки статора каждой из фаз. Принцип действия защиты - сравнение геометрической суммы токов всех фаз каждой из ветвей статора генератора. В нормальном режиме и при внешнем к.з. сумма токов всех фаз каждой из ветвей равна нулю и защита не действует. При витковом замыкании одной из ветвей сопротивление этой ветви уменьшается. При этом геометрическая сумма токов в ветвях обмоток статора не равна нулю, что приводит к протеканию тока через реле поперечной защиты. Величина этого тока зависит от количества замкнувшихся витков, т.е. защита приходит в действие только при количестве замкнувшихся большим определенной величины. Защита может отказать при небольшом количестве замкнувшихся витков, а также при замыкании между витками разных ветвей одной фазы при одинаковом числе замкнутых витков.

7.4. Защита от замыкания на землю обмотки статора генератора

При замыкании на землю обмотки статора генератора возникает несимметрия напряжений фаз генератора, что приводит к появлению напряжения нулевой последовательности ($3U_0$). Величина этого напряжения зависит от места возникновения замыкания на землю. Чем ближе место замыкания к фазным выводам генератора, тем выше напряжение $3U_0$.

Наиболее широко в качестве защиты от замыканий на землю применяется защита, реагирующая на увеличение напряжения нулевой последовательности более определенной величины. Защита не дейст-

вует при замыканиях на землю в сети высокого напряжения. Недостаток этой защиты - наличие зоны нечувствительности - т.е. при замыкании на землю вблизи нулевых выводов обмотки статора защита не действует.

В качестве защиты от замыканий на землю, осуществляющей защиту всей обмотки статора генератора (100 % защита), используется защита, выполненная с применением реле типа ЗЗГ-1. Принцип действия этой защиты - сравнение напряжения 3-й гармоники на фазных и нулевых выводах генератора для осуществления защиты от замыканий на землю вблизи нулевых выводов генератора, а также контроль уровня напряжения $3U_0$ для защиты от замыканий на землю в остальной части обмотки.

7.5. Защита генераторов от сверхтоков при внешних к.з. и перегрузках

Протекание сверхтоков к.з. через обмотки статора генератора может привести к серьезным повреждениям. Эти защиты являются резервными для дифференциальной защиты генератора, а также для защит внешней сети.

7.5.1. Токовая защита обратной последовательности

Защита действует при несимметричных к.з. в пределах генератора (блока) и при повреждениях на стороне высшего напряжения при отказах соответствующих защит и выключателей. Защита выполняется с выдержкой времени и является резервной защитой генератора сети. Причиной появления опасных токов обратной последовательности являются неотключенные основными защитами несимметричные к.з., обрыв силового провода с созданием режима несимметричной нагрузки, неполнофазная работа выключателей. Время действия защиты определяется тепловой характеристикой генератора. Защита, как правило, выполняется по ступенчатому принципу или с интегральной характеристикой.

7.5.2. Максимальная токовая защита (МТЗ) с блокировкой по напряжению

Защита предназначена для действия при симметричных к.з. и является резервной для дифзащиты генератора и сети высшего напряжения при отказах соответствующих защит. Для исключения действия защиты при симметричных перегрузках защита выполняется с блокировкой по напряжению.

МТЗ с блокировкой по напряжению имеет ряд недостатков: сравнительно низкая чувствительность, усложнение согласования с защитами сети высшего напряжения, возможность действия в асинхронном режиме. Для устранения указанных недостатков в качестве резервной защиты от симметричных к.з. в некоторых случаях используется защита, выполненная на дистанционном реле.

Защита от симметричных к.з. действует с выдержкой времени.

7.6. Защита обмотки ротора от замыкания на землю

Замыкание в одной точке ротора генератора не является опасным режимом, так как в месте замыкания практически равен нулю и нормальная работа генератора не нарушается. Однако при этом повышается вероятность появления второго замыкания обмотки ротора на землю, что приводит к повышению тока обмотки ротора и ее перегреву. Кроме этого, появление двойного замыкания на землю в обмотке ротора приводит к нарушению симметрии магнитного потока и к сильной вибрации. Особенно сильная вибрация появляется в этом режиме у явнополусных генераторов и синхронных компенсаторов.

Защита от замыканий на землю в одной точке, как правило, выполняется на принципе контроля тока от дополнительного источника, подключенного между одним из полюсов обмотки ротора и землей. В нормальном режиме ток от дополнительного источника равен нулю. При замыкании на землю в одной точке обмотки ротора, через место замыкания протекает ток от дополнительного источника, что фиксируется специальным реле.

Защита от замыканий на землю в двух точках выполнена на принципе контроля состояния баланса моста, состоящего из сопротивлений

частей обмотки ротора и резисторов схемы измерений. При появлении замыканий на землю обмотки ротора в одной точке, защита от замыканий на землю в двух точках вводится в действие и срабатывает при появлении второго замыкания на землю.

7.7. Защита ротора от перегрузки током

Перегрузка ротора током возбуждения возникает при работе регулятора или устройства форсировки возбуждения. Длительное протекание увеличенных токов возбуждения могут привести к перегреву обмотки ротора и повреждению изоляции. Наиболее совершенной является защита с интегральной характеристикой типа РЗР - 1. Защита состоит из сигнального органа и органа действующего на развозбуждение и отключение генератора. Выдержка времени действия защиты зависит от величины тока ротора. В некоторых случаях применяются защиты с независимой выдержкой времени, т.е. при повышении тока ротора выше определенной величины защита действует с выдержками времени на развозбуждение и отключение генератора.

7.8. Защита от асинхронного режима

Асинхронный режим генератора возникает в режиме работы генератора без возбуждения. Защита выполняется на реле сопротивления и реагирует на изменение направления реактивной мощности, т.к. при потере возбуждения и переходе в асинхронный режим генератор потребляет реактивную мощность, продолжая нести активную нагрузку.

7.9. Защита от повышения напряжения

Защита предназначена для недопущения повышения напряжения на выводах статора генератора, работающего на холостом ходу более $1,2U_{ном}$. Повышение напряжения может произойти из-за неисправности системы возбуждения. Защита вводится в действия после перевода генератора на холостой ход и выводится из действия после включения

генератора под нагрузку. Ввод и вывод защит осуществляется автоматически. Защита действует на гашение поля генератора.

8. Защита трансформаторов и автотрансформаторов

8.1. Назначение и краткое описание защит

Трансформаторы и автотрансформаторы должны иметь устройства защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- многофазных замыканий в обмотках и на выводах;
- однофазных к.з. в обмотках и на выводах (для сетей с глухозаземленной нейтралью);
- витковых замыканий в обмотках;
- токов в обмотках, обусловленных протеканием через обмотки токов к.з.;
- токов в обмотках, обусловленных протеканием через обмотки токов перегрузки;
- понижения уровня масла;
- частичного пробоя изоляции вводов трансформаторов (АТ) напряжением 500 кВ и выше.

Для шунтирующих реакторов напряжением 500 кВ и выше предусматриваются устройства релейной защиты от следующих видов повреждений:

- различных видов к.з. на землю и на выводах;
- витковых к.з. в обмотках;
- понижения уровня масла;
- частичного пробоя изоляции вводов.

Для трансформаторов мощностью 6,3 МВА и более, а также для автотрансформаторов в качестве защиты от междуфазных к.з. и однофазных к.з. (для сетей с глухозаземленными нейтральями), возникающими внутри корпуса и на выводах, предусматривается дифференциальная токовая защита. Токовые реле дифференциальной защиты включаются на геометрическую сумму токов трансформаторов тока всех сторон трансформатора. В связи с тем, что обмотки трансформатора имеют разную схему соединения («звезда» или «треугольник»),

первичные токи различных обмоток трансформатора между собой могут быть сдвинуты на определенный угол.

Для компенсации этого углового сдвига схема токовых цепей дифзащиты собирается определенным образом, компенсирующим токи небаланса. Дифференциальная защита по току срабатывания отстроена от токов небаланса, возникающего из-за погрешности трансформаторов тока, регулирования, броска тока намагничивания. В связи с тем, что бросок тока намагничивания может иметь достаточно большую величину, для исключения срабатывания дифзащиты при включении трансформатора (АТ) и повышения ее чувствительности устанавливаются специальные реле, не реагирующие на бросок тока намагничивания. Зона действия дифзащиты ограничена трансформаторами тока. При отключении одного из плеч токовых цепей дифзащита становится неселективной и может излишне сработать при внешнем к.з.

Важнейшими преимуществами дифференциальных защит трансформаторов (АТ) являются:

- простота выполнения;
- достаточно высокая чувствительность;
- несрабатывание при внешних к.з.;
- действие при всех видах к.з. в зоне работы.

К недостаткам дифзащиты можно отнести недействие при витковых замыканиях, когда замкнуто небольшое число витков обмотки.

Газовая защита является весьма чувствительной защитой, реагирующей на повреждения внутри трансформатора (АТ), связанные выделением газа или ускоренного перетекания масла или смеси масла с газом из бака в расширитель. Газовая защита реагирует на витковые замыкания, замыкания обмотки на корпус, снижение уровня масла и некоторые другие повреждения. Газовое реле устанавливают на трубопроводе, соединяющем корпус трансформатора с расширителем. При слабом газообразовании срабатывает сигнальный элемент газового реле, при более мощном – отключающий элемент.

Для защиты от повреждений контактов устройств РПН применяются струйные реле. Эти реле устанавливают на трубопроводе между баком переключающего устройства трансформатора и расширителем. При нарушении нормальной работы контактора, связанном с повреждением изоляции, ослаблением пружин механизма, затянувшаяся дуга сопровождается бурным разложением масла и при этом струя масла и газа направляется через струйное реле в расширитель.

Сигнальный элемент у струйных реле отсутствует, а у газовых реле, используемых в качестве струйных, не используется.

Газовая защита основного бака и контактора РПН действует на отключение трансформатора.

На трансформаторах мощностью 1МВА и выше в качестве защиты от токов в обмотках, обусловленных внешними многофазными к.з., должны быть предусмотрены следующие защиты:

- на повышающих трансформаторах с двусторонним питанием – токовая защита обратной последовательности от несимметричных к.з. или МТЗ с пуском по напряжению;
- на понижающих трансформаторах – МТЗ с пуском по напряжению или без него;
- на понижающих автотрансформаторах 330 кВ и выше предусматривается дистанционная защита для действия при внешних многофазных к.з. в случаях, когда это требуется для дальнего резервирования.

На трансформаторах и автотрансформаторах, работающих в сетях с глухозаземленной нейтралью, для резервирования защит отходящих элементов, а для автотрансформаторов и для селективности защит сетей различного напряжения устанавливается ступенчатая токовая защита нулевой последовательности. При необходимости эта защита выполняется направленной. При выводе дифзащиты имеется возможность оперативно ускорить резервные защиты трансформатора.

На трансформаторах и автотрансформаторах для контроля состояния изоляции вводов 500 кВ и выше применяется устройство типа КИВ-500Р (или КИВ-1150). Принцип действия устройства – измерение геометрической суммы трехфазной системы токов, протекающих под воздействием рабочего напряжения через изоляцию вводов 3-х фаз трансформатора (АТ). При исправной изоляции геометрическая сумма токов, входящих в реле типа КИВ, близка к нулю. В случае частичного повреждения изоляции ввода одной из фаз появляется ток небаланса, который фиксируется защитой. Устройство типа КИВ имеет измерительный элемент для оперативного контроля состояния изоляции, а также сигнальный и отключающий элементы.

Для защиты трансформаторов от токов перегрузки устанавливается токовая защита, действующая на сигнал в случае перегрузки по току любой обмотки трансформатора.

Защита от перегрузки действует с выдержкой времени, отстроенной от времени действия резервных защит в примыкающей к транс-

форматору сети для исключения появления излишнего сигнала при к.з. в сети.

8.2. Эксплуатация защиты оперативным персоналом

Токовые цепи всех сторон трансформатора (АТ) должны быть подключены к схеме дифзащиты. Обрыв токовых цепей может привести к излишнему действию дифзащиты при внешнем к.з. Дифзащита трансформаторов (АТ), как правило, не имеет устройств контроля исправности токовых цепей. Как правило, на время операции с токовыми блоками дифзащита не выводится из действия, т.к. ток срабатывания дифзащиты трансформатора превышает номинальный ток трансформатора.

Исключение составляет дифзащита автотрансформатора, а также дифзащита трансформатора, выполненная на реле ДЗТ-21 (23), имеющие, как правило, ток срабатывания меньше номинального тока. В этом случае перед операциями с токовыми блоками дифзащита должна быть выведена из действия.

Отключающий элемент газовой защиты трансформатора должен переводиться на «на сигнал» в следующих случаях:

- при выводе в ремонт или в резерв трансформатора, выключатели которого остаются в работе;
- при неисправности газовой защиты;
- при проверках (на время проверки цепей газовой защиты);
- при работе в масляной системе трансформатора, когда возможны толчки масла или попадания воздуха в масло;
- при доливке масла;
- перед открыванием вентиля или отсечного клапана на маслопроводе расширителя;
- при срабатывании устройства контроля изоляции (УКИГЗ).

При срабатывании газовой защиты на сигнал необходимо:

- сообщить вышестоящему оперативному персоналу;
- произвести немедленный осмотр трансформатора и, если обнаружатся явные признаки повреждения (потрескивания, необычный гул и др.), то трансформатор должен быть отключен немедленно;

– через смотровое стекло проверить наличие газа, обращая внимание на его цвет и количество, отобрать пробу газа для проверки его на горючесть и химический анализ.

При операциях в токовых цепях резервных защит (токовой защиты обратной последовательности и защиты нулевой последовательности) ступени этих защит, не отстроенные от тока нагрузки, необходимо вывести из действия (на время операций).

Литература

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. Релейная защита сетей М.: Энергоатомиздат, 1984.
3. Чернобровов Н.В. релейная защита. М.: Энергия, 1974.

Елецкий К.В.

Релейная защита энергосистем
для оперативного персонала

Учебное пособие

Издание Центра подготовки кадров энергетики,
194223, Санкт-Петербург, а/я 44.
Тираж 250 экз. 2005 г.