

УДК 621.316.9

Защита трансформаторов

Савченко В.А, Корейво О.В.

Научный руководитель – ГУРЬЯНЧИК О.А.

К повреждениям трансформаторов относят:

- междуфазные КЗ на выводах и в обмотках (последние возникают гораздо реже, чем первые);
- однофазные КЗ (на землю и между витками обмотки, т. е. витковые замыкания);
- «пожар стали» сердечника.

К ненормальным режимам относятся:

- перегрузки;
- токи внешних КЗ;
- недопустимое понижение уровня масла.

Повреждения и ненормальные режимы работы предъявляют определенные требования к устройствам автоматического управления трансформаторами, рассматриваемые ниже.

На трансформаторах устанавливаются следующие защиты:

- защита от коротких замыканий, действующая на отключение поврежденного трансформатора и выполняемая без выдержки времени (для ограничения размеров повреждения, а также для предотвращения нарушения бесперебойной работы питающей энергосистемы);

– защита, от токов внешних КЗ, основное назначение которой заключается в предотвращении длительного прохождения токов КЗ в случае отказа выключателей или защит смежных элементов путем отключения трансформатора;

- защита от перегрузок.

На трансформаторах предусматриваются следующие устройства автоматики:

- автоматическое повторное включение, предназначенное для повторного включения трансформатора после его отключения максимальной токовой защитой;
- автоматическое включение резервного трансформатора;
- автоматическое отключение и включение одного из параллельно работающих трансформаторов;
- автоматическое регулирование напряжения.

Токовые защиты:

Трансформаторы малой мощности до 750 кВА при напряжении 10 кВ и до 3200 кВА при напряжении 35 кВ тупиковых подстанций, а также цеховые трансформаторы обычно коммутируются выключателями нагрузки ВМП. Для защиты таких трансформаторов от внутренних КЗ допускается применение предохранителей. Селективность защиты обеспечивается согласованием время-токовой характеристики предохранителя с характеристиками защит отходящих присоединений со стороны низшего напряжения трансформатора.

Недостатками защит трансформаторов, выполненных с помощью плавких вставок, являются:

- нестабильность их защитных характеристик;
- трудность согласования с защитами смежных участков.

Токовая защита более мощных трансформаторов выполняется с использованием вторичных максимальных реле тока (прямого или косвенного действия). Первой ступенью защиты является токовая отсечка, ток срабатывания которой выбирается большим максимального тока при КЗ за трансформатором. Вторая ступень представляет собой максимальную токовую защиту, выдержка времени которой

согласована с выдержками времени защит отходящих присоединений.

Для повышения чувствительности максимальная токовая защита дополняется пуском от реле напряжения обратной последовательности (при несимметричных КЗ) и от реле минимального напряжения (при симметричных КЗ).

Если трансформатор с высшим напряжением 110 кВ имеет глухозаземлённую нейтраль, то при однофазном КЗ в сети 110 кВ через нейтраль трансформатора будут проходить токи нулевой последовательности, для отключения которых на трансформаторе устанавливается специальная токовая защита нулевой последовательности.

Газовая защита:

Обмотки большинства трансформаторов помещены в бак, залитый маслом, которое используется как для изоляции обмоток, так и для их охлаждения. При возникновении внутри бака электрической дуги КЗ, а также при перегреве обмоток масло разлагается, что сопровождается выделением газа. Это явление и используется для создания газовой защиты.

Защита выполняется с помощью газового реле, установленного в трубе, соединяющей бак трансформатора с расширителем. Газовое реле состоит из кожуха и двух расположенных внутри него поплавков, снабженных ртутными контактами, замыкающимися при изменении их положения. Оба поплавок шарнирно укреплены на вертикальной стойке. Один из них расположен в верхней части, а второй – в центральной. При слабом газообразовании (газ скапливается в верхней частей кожуха реле), а также при понижении уровня масла верхний поплавок опускается, что приводит к замыканию его контактов. При бурном газообразовании потоки масла устремляются в расширитель, что приводит к замыканию контактов обоих поплавков. Контакты верхнего поплавка носят название сигнальных, а нижнего – основных контактов газового реле.

Достоинствами газовой защиты являются простота выполнения, срабатывание при всех видах повреждения внутри бака трансформатора, высокая чувствительность.

Однако газовая защита, не срабатывает при повреждениях вне бака трансформатора. Поэтому она не может быть единственной основной защитой трансформатора.

Продольная дифференциальная защита:

На трансформаторах мощностью более 7,5 МВА в качестве основной защиты устанавливается продольная дифференциальная токовая защита. Принцип действия защиты аналогичен защите линий электропередачи. Однако особенности трансформатора как объекта защиты приводят к тому, что $I_{нб}$ в дифференциальной защите трансформатора значительно больше, чем в дифференциальных защитах других элементов системы электроснабжения. Основными факторами, которые необходимо учитывать при выполнении дифференциальной защиты трансформатора, являются следующие.

– Бросок тока намагничивания при включении трансформатора под напряжение или при восстановлении напряжения после отключения внешнего КЗ.

– Ток намагничивания трансформатора в нормальном режиме работы невелик и составляет 2–3 % номинального тока $I_{т,ном}$. После отключения внешнего КЗ, как и при включении трансформатора под напряжение, возникающий бросок тока намагничивания может превышать номинальный ток $I_{т, ном}$ в 6–8 раз.

– Схемы соединения обмоток трансформатора.

– Несоответствие коэффициентов трансформации ТТ расчетным значениям.

– Регулирование коэффициента трансформации трансформатора. При регулировании коэффициента трансформации трансформатора соотношение между первичными, а следовательно, и между вторичными токами 1ТТ и 2ТТ изменяется, что

также приводит к появлению тока небаланса в дифференциальной цепи защиты.

При отсутствии выключателя на стороне ВН трансформатора:

Для отключения повреждений в понизительных трансформаторах таких подстанций применяются следующие способы:

– установка на выводах высшего напряжения трансформаторов плавких предохранителей;

– установка короткозамыкателей, автоматически включаемых при срабатывании защит трансформатора и вызывающих КЗ, на выводах высшего напряжения, которое ликвидируется затем защитами питающего конца линии;

– передача отключающего сигнала по высокочастотному каналу (на базе проводов линии) или по жилам специального кабеля от защит трансформатора на отключение выключателя питающего конца линий.

Автоматическое включение резервного источника питания при отключении трансформатора:

На подстанциях широкое распространение получили устройства автоматического включения секционного выключателя СВ при исчезновении питания на одной из секций шин низшего напряжения.

Схемы защита трансформатора на переменном оперативном токе.

Автоматическое регулирование коэффициента трансформации:

С целью поддержания требуемого уровня напряжения широко распространено регулирование напряжения U_n у потребителей путем изменения коэффициента трансформации трансформаторов понижающих подстанций, питающих распределительную сеть. Для изменения коэффициента трансформации под нагрузкой трансформаторы оборудуются устройствами РПН (переключение отпаек под нагрузкой). Автоматическое изменение n_T осуществляется специальным регулятором АРКТ, воздействующим на РПН.

В общем случае электрическая сеть, получающая питание от шин подстанции, может быть разветвленной и питать значительное количество нагрузок. При этом наиболее выгодно поддерживать неизменным напряжение в некоторой контролируемой точке, представив разветвленную сеть в виде эквивалентной линии с одной нагрузкой на конце. Поскольку значение напряжения U_n при данном напряжении на шинах $U_{ш}$ зависит от падения напряжения в эквивалентной линии ($U_n = U_{ш} - Z_{э,л} I_n$), то напряжение $U_{ш}$ должно быть тем больше, чем больше нагрузка потребителя. Такое регулирование напряжения получило название встречного регулирования.

Переключение отпаек необходимо производить с выдержкой времени, обеспечивающей отстройку от кратковременных колебаний напряжения (например, при пуске электродвигателей). Поэтому при выходе напряжения у потребителя из зоны нечувствительности регулятора АРКТ через время $t_{cp} = 1-2$ мин воздействует на РПН.