

УДК 621.3

Газовая защита силовых трансформаторов

Шавкун О.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент ПЕТРУША Ю.С.

Современная электроэнергетическая система (ЭЭС) РБ охватывает значительную территорию, состоит из многих электростанций, линий электропередач и трансформаторов, связана с электроэнергетическими системами соседних стран. Такое количество элементов просто не может работать продолжительное время безотказно: изнашивается оборудование, проявляются природные условия, ошибается дежурный персонал. Тем не менее, тысячи крупных нарушений в ЭЭС ежегодно устраняются устройствами релейной защиты и автоматики (РЗА) практически незаметно для потребителя. ЭЭС спроектированы так, чтобы отказ одного ее элемента не приводил систему к аварии.

Любой элемент в ЭЭС с большей или меньшей вероятностью он может быть поврежден, причем большинство повреждений сопровождается возникновением короткого замыкания (КЗ). Режим КЗ опасен для энергосистемы: устойчивая работа ЭЭС может быть нарушена, из-за существенного искажения параметров режима энергосистемы потребители электроэнергии теряют электропитание, длительное существование токов КЗ разрушает элемент, в котором произошёл повреждение, иногда до неремонтопригодного состояния.

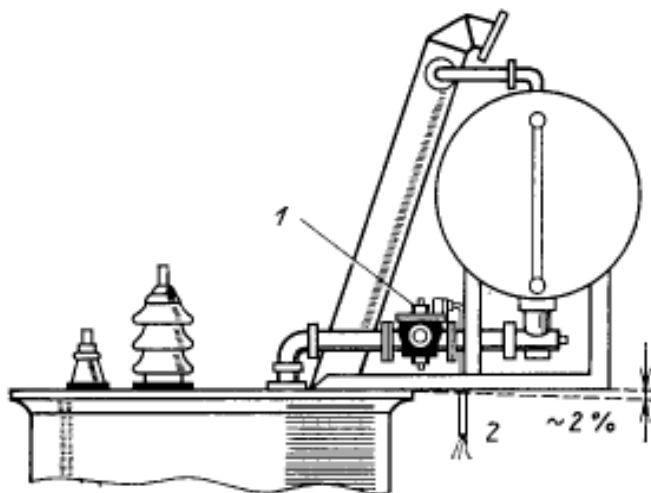
Назначением релейной защиты (РЗ) является выявление поврежденного элемента и быстрее его отключение от энергосистемы. Кроме того, устройства релейной защиты должны предупреждать повреждение элемента энергосистемы в случае возникновения ненормального и опасного для него режима работы.

Силовые масляные трансформаторы – самые дорогостоящие элементы оборудования распределительных подстанций. Трансформаторы рассчитаны на продолжительный срок службы, но при условии, что они будут работать в нормальном режиме и не будут подвергаться повреждениям.

Повреждения, возникающие в силовых трансформаторах, можно разделить на две группы: происходящие в баках и вне бака в соединениях между выключателями и баками. Основными видами внутрибаковых повреждений являются многофазные КЗ, однофазные замыкания и «пожар стали» сердечника, вызываемый вихревыми токами при нарушении изоляции между пластинами сердечника.

«Пожар стали» возникает при нарушении изоляции между листами магнитопровода, что ведёт к увеличению потерь на перемагничивание и вихревые токи. Потери вызывают местный нагрев стали, ведущий к дальнейшему разрушению изоляции. Защиты, основанные на использовании электрических величин, на этот вид повреждения тоже не реагируют, поэтому возникает необходимость в применении специальной защиты от вихревых замыканий и от «пожара стали». Для маслонаполненных трансформаторов такой защитой является газовая, основанная на использовании явлений газообразования. Образование газа является следствием разложения масла и других изолирующих материалов под действием электрической дуги при витковых замыканиях или недопустимого нагрева при «пожаре стали». Электрическая дуга возникает и при многофазных коротких замыканиях в обмотках, поэтому газовая защита является универсальной защитой от всех внутренних повреждений трансформатора.

Общие данные. Баки трансформаторов и автотрансформаторов заполняются маслом, которое используется как для целей изоляции, так и для охлаждения. Бак снабжается расширителем (рис. 1), воздушный объём в верхней части которого сообщается с атмосферой. Бак часто имеет герметически закрытую мембраной выхлопную трубу, предохраняющую его от механических деформаций при взрывообразных выделениях газа. Корпус газового реле врезается в маслопровод между крышкой бака и расширителем так, чтобы не препятствовать циркуляции масла между ними.



1-газовое реле; 2- подвод оперативного тока.

Рисунок 1 – Установка газового реле на трансформаторе (бак трансформатора и труба к маслорасширителю имеют небольшой, примерно 2%, угол наклона к горизонту)

Интенсивность газообразования зависит от характера и размеров повреждения. Газ, образующийся при повреждениях, может использоваться путём установления объёма газа или быстроты его образования, косвенно определяемой скоростью движения масла в трубопроводе к расширителю. Обычно применяют оба способа. При защите же трансформаторов малой мощности или встроенных устройств регулирования напряжения под нагрузкой (размещаются в баке в отдельном кожухе) применяют реле, регулирующее только на быстрое выделение газа.

Процессы, проходящие в маслonaполненном баке работающего трансформатора, могут быть достаточно сложными. На них влияют как внешние факторы (внешние КЗ, колебания почты и т.д), так и внутренние (например, изменения режимов работы системы охлаждения).

Принцип работы. Элементы выполнены в виде плоскодонных алюминиевых чашек, вращающихся вместе с подвижными контактами 4 вокруг осей 3. Эти контакты замыкаются с неподвижными контактами 5 при опускании чашек. В нормальном режиме при наличии масла в кожухе реле чашка удерживается пружинами 6 в положении, указанном на рисунке 2. Система отрегулирована так, что масса чашки с маслом является достаточной для преодоления силы пружины при отсутствии масла в кожухе реле. Поэтому понижение уровня масла сопровождается опусканием чашек и замыканием соответствующих контактов. Сначала опускается верхняя чашка и реле действует на сигнал. При интенсивном газообразовании возникает сильный поток масла и газов из бака в расширитель через газовое реле. На пути потока находится лопасть, действующая вместе с нижней чашкой на общий контакт. Лопасть поворачивается и замыкает контакт в цепи отключения трансформатора, если скорость движения масла и газов достигает определённого значения, установленного на реле. Предусмотрены три установки срабатывания отключающего элемента по скорости потока масла: (V_1 ; $V_1+0,3$; $V_1 +0,6$) м/с. При этом время срабатывания реле составляет $t_c=0,05-0,5$ с. Уставка по скорости потока масла определяется мощностью и характером охлаждения трансформатора.

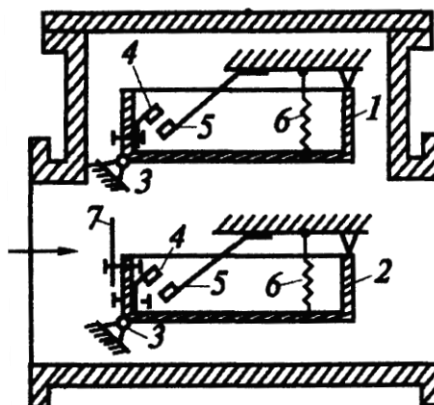


Рисунок 2 – Газовое реле защиты трансформатора

Общая оценка и область применения. Защита до последнего времени являлась единственной, построенной не на электрическом принципе действия. Постепенно конструкции газовых реле совершенствовались и продолжают совершенствоваться.

Достоинства газовой защиты являются: высокая чувствительность, позволяющая реагировать практически на все опасные повреждения внутри бака; весьма небольшое для неэлектрического принципа время срабатывания (0,1-0,15 с) при больших скоростях масла; простота выполнения, а также способность защищать трансформатор при недопустимом понижении уровня масла при любых причинах.

Защита имеет следующие недостатки: значительное время срабатывания при медленном газообразовании, что не позволяет отнести её к быстродействующим; не реагирует на повреждения, возникающие вне бака, но в зоне между трансформатором и выключателем (на вводных втулках, соединениях с выключателем), поэтому не может быть единственной защитой от внутренних повреждений; при использовании защиты в районах с возможными землетрясениями могут возникать затруднения с выполнением её действия на отключение.

В настоящее время газовая защита используется очень широко. Её применение считается обязательным на всех силовых трансформаторах мощностью выше 6300 кВ·А, а также мощностью 1000-4000 кВ·А, не имеющих дифференциальной или другой быстродействующей защиты.

Литература

1. Федосеев, А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. /А.М. Федосеев – 2-е изд.-Москва: Энергоатомиздат, 1992. 451-454с.
2. Андреев, В.А., Релейная защита и автоматика систем электроснабжения/В.А. Андреев – 4-е изд. –Москва: Высшая школа, 2006. - с.458-461.
3. Степанчук, К.Ф. Техника высоких напряжений. /К.Ф. Степанчук 2-е изд.- Минск: Высшая школа, 1982. - с.159-163
4. Сергеенков, Б.Н. Электрические машины. Трансформаторы. /Б.Н. Сергеенков – Минск: Высшая школа, 1989. – с.144-147.