

УДК 621.3

Цифровая дифференциальная защита трансформатора

Магер Н. С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент РУМЯНЦЕВ В. Ю.

Силовые трансформаторы в различных конструктивных исполнениях являются одними из важнейших элементов энергосистемы. Существуют как и небольшие трансформаторы высокого напряжения (мощностью до 100 кВА), так и большие трансформаторы мощностью несколько МВА. Помимо большого числа простых двухобмоточных и трехобмоточных силовых трансформаторов также существуют многообмоточные и регулирующие трансформаторы.

Дифференциальная защита трансформаторов применяется для предотвращения аварийных и ненормальных режимов работы при возникновении короткого замыкания между фазами, межвитковых коротких замыканий и замыкания одной или более фаз на землю. Дифференциальная защита применяется как основной вид автоматического отключения для мощных трансформаторов и для трансформаторов меньшей мощности, в случае если другие виды защиты не обеспечивают требуемого быстродействия.

Принцип работы дифференциальной защиты заключается в сравнении токов входящих и выходящих из трансформатора, и отключении трансформатора при неравенстве токов. С обеих сторон трансформатора устанавливаются трансформаторы тока, вторичные обмотки которых включены последовательно. Параллельно им подключается токовое реле. Если характеристики трансформаторов тока будут одинаковы, то в нормальном режиме, а также при внешнем коротком замыкании токи во вторичных обмотках трансформаторов тока будут равны, разность их будет равна нулю, ток через обмотку токового реле протекать не будет, следовательно, защита действовать не будет.

При коротком замыкании в трансформаторе и в любой точке защищаемой зоны, например в обмотке трансформатора, по обмотке реле будет протекать ток, и если его величина будет равна току срабатывания реле или больше его, то реле сработает и через соответствующие вспомогательные приборы произведет двустороннее отключение поврежденного участка.

Дифференциальная защита трансформатора обладает рядом дополнительных функций (функцией выравнивания коэффициентов трансформации, учета фазового сдвига группы соединения обмоток силового трансформатора, функцией торможения при бросках тока намагничивания и в случае перевозбуждения) и, тем самым, при расчете уставок и конфигурировании защиты требуется учет некоторых основных положений.

Дифференциальная защита трансформатора может быть применена дифференциальной токовой отсечкой, дифференциальной защитой от коротких замыканий на землю или ограниченной защитой от коротких замыканий на землю.

Принцип действия дифференциальной токовой отсечки основан на том, что если дифференциальный ток в защите превышает данный максимальный ток, то может быть выполнено отключение без какой-либо выдержки времени без оценки величины торможения.

Дифференциальная защита от короткого замыкания на землю выделяют два случая: при КЗ на землю в трансформаторе с глухозаземленной нейтралью, при КЗ на землю в трансформаторе с резистивно-заземленной нейтралью. При КЗ на землю в заземленной обмотке трансформатора протекают токи КЗ, которые могут привести к серьезным повреждениям трансформатора. Со стороны питания соответствующие токи могут быть относительно малыми, если замкнутыми являются несколько витков вторичной обмотки.

Ограниченная защита от КЗ на землю является оптимальным дополнением к фазной дифференциальной защите, в частности, на обмотках трансформатора с резистивно-заземленной нейтралью (ограничение тока повреждения). При установке данной защиты

улучшается чувствительность при КЗ на землю. Защита осуществляет сравнение тока нейтрали с суммой фазных токов присоединения. При реализации защиты на традиционной элементной базе для повышения чувствительности при обеспечении селективности действия применялись так называемые реле направления. Такие реле поляризуют рабочий ток током нейтрали, так что защита достигает своей наибольшей чувствительности, когда рабочий ток и ток в нейтрали ТТ направлены в одну сторону (имеют одну и ту же полярность).

Высокоомная дифференциальная защита на трансформаторах применяется в двух версиях – как дифференциальная защита от КЗ на землю и как дифференциальная защита автотрансформаторов.

Высокоомная ограниченная защита от КЗ на землю часто применяется в англосаксонских странах по причине своей простоты и высокой устойчивости при внешних КЗ в условиях насыщения ТТ. Для реализации защиты необходимо использование отдельных сердечников ТТ с одинаковыми коэффициентами трансформации. Защита обычно устанавливается со стороны заземленных обмоток, соединенных в звезду. Три фазных ТТ и ТТ в нейтрали подключаются параллельно устройству защиты (плюс последовательное сопротивление). Порог срабатывания должен быть задан в диапазоне от 5 до 10 % номинального тока трансформатора. Стабильность функционирования защиты оценивается при максимальном сквозном токе КЗ, который имеет место при самых неблагоприятных условиях.

На автотрансформаторах высокоомная защита может быть применена для реализации защиты гальванически связанных обмоток. Для этой цели должны быть доступны выводы обмоток со стороны нейтрали. Указанное обеспечивает альтернативу стандартной дифференциальной защите. Однако необходимо отметить, что обмотки, соединенные по схеме треугольника, не охватываются данной защитой. При реализации защиты группы мощных трансформаторов иногда применяются оба принципа защиты одновременно.