

ТОКОВАЯ ЗАЩИТА НА ГЕРКОНАХ ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРА ТМ-1000/10

П.Н. Майшев, к.т.н.

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

В данной статье предложена двухступенчатая токовая защита, где герконы используются одновременно в качестве преобразователей тока и реагирующих элементов.

In the paper, a two-stage current protection, where reed switches are simultaneously used as current transducers and respondents, is proposed.

В [1] рассмотрены принципиальные технические решения для реализации токовых защит на герконах для трансформаторов. С использованием этого материала, а также [2, 3], рассчитаны координаты установки герконов для защиты трансформатора ТМ-1000/10, а затем установлена токовая защита в КТПМ-32/1. Рассмотрим некоторые особенности реализации этой защиты.

Для установки выбраны 4 геркона КЭМ-1 с напряженностями H_{CP} срабатывания 1643,5; 1731,3; 1924,8 и 1902,1 А/м. H_{CP} определялись в лабораторных условиях с помощью испытательной катушки. В нее подавался и плавно увеличивался ток до величины, при которой геркон срабатывал. Зная ток срабатывания геркона и параметры катушки, по известной формуле определено значение H_{CP} . В магнитном поле шинопроводов (ошиновка подстанции представляет собой медный прутки диаметром 10 мм) фаз А и С стороны высшего напряжения трансформатора установлено по два геркона. Герконы с меньшими значениями H_{CP} (1643,5 и 1731,3 А/м) выполняют функции реагирующих элементов максимальной токовой защиты (обозначим эти герконы $\Gamma_{АМТЗ}$, $\Gamma_{СМТЗ}$), при этом

$$H_{CP} = k_{OTC} k_{ЗАП} H_{раб. max} = (g_A - g_B) k_{OTC} k_{ЗАП} I_{раб. max} / 2\pi, \quad (1)$$

где k_{OTC} – коэффициент отстройки, для МТЗ на герконах $k_{OTC} = 2$; $k_{ЗАП}$ – коэффициент запуска, зависит от удаленности, процентного содержания в нагрузке и порядка отключения двигателей, по опытным данным для бытовой нагрузки $k_{ЗАП} = 1,3$ [4]; $H_{раб. max}$ – напряженность магнитного поля (МП), создаваемая в расчетной точке, совпадающей с центром тяжести геркона, фазным током $I_{раб. max}$ трансформатора; g_A , g_B – коэффициенты, полученные с помощью элементарной геометрии и закона Био-Савара-Лапласа, $(g_A - g_B)$ определяет срабатывание геркона под действием тока только фазы А, для герконов фазы С необходимо подставить в (1) $(g_C - g_A)$ вместо $(g_A - g_B)$ [1].

Отстройка герконов от токов нулевой последовательности (чтобы они не срабатывали ложно при внешних замыканиях на землю в питающей сети) не производилась, поскольку трансформатор имеет соединение обмоток Δ/Y_n-11 .

Для геркона $\Gamma_{АМТЗ}$ ($H_{CP}=1643,5$ А/м), с учетом того, что $I_{раб. max} = 57,735$ А, по (1):

$$(g_A - g_B) = 68,792 \text{ 1/м}. \quad (2)$$

При этом

$$g_A = \frac{h \cos \gamma + x \sin \gamma}{h^2 + x^2}; g_B = \frac{h \cos \gamma + (x - d) \sin \gamma}{h^2 + (x - d)^2}; g_C = \frac{h \cos \gamma + (x - 2d) \sin \gamma}{h^2 + (x - 2d)^2}, \quad (3)$$

где h – расстояние в вертикальной плоскости от центров поперечного сечения шин проводов фаз A, B, C до горизонтальной плоскости, проходящей через центр тяжести геркона; x – расстояние в горизонтальной плоскости от вертикали $N-N$ (рис. 1), проходящей через центр поперечного сечения шин провода фазы A до центра тяжести геркона; γ – угол между горизонталью и продольной осью геркона, d – расстояние между центрами поперечных сечений шин проводов соседних фаз, по результатам замеров $d = 0,27$ м.

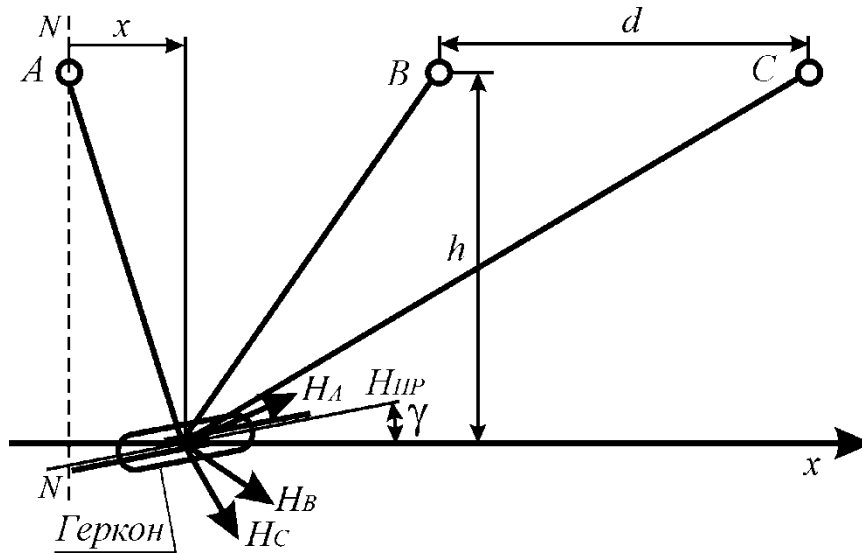


Рис. 1. Расположение герконов относительно шин проводов фаз

Для удобства установки герконов принимаем, что $x=0$ для геркона $\Gamma_{A \text{ МТЗ}}$, и $x = d/2$ для $\Gamma_{C \text{ МТЗ}}$, то есть герконы устанавливаются на одной вертикали с шин проводами фаз A и C . Тогда решая (2), с учетом (3), найдем координаты установки $\Gamma_{A \text{ МТЗ}}$ – $h = 14,5$ мм, $\gamma = 4,6^\circ$. Для $\Gamma_{C \text{ МТЗ}}$ с $H_{CP}=1731,3$ А/м координаты находятся аналогично и, соответственно, равны $h = 13,8$ мм, $\gamma = -4,4^\circ$.

Герконы со значениями $H_{CP}=1924,8$ А/м и $H_{CP}=1902,1$ А/м установлены как реагирующие элементы токовой отсечки (обозначим эти герконы $\Gamma_{A \text{ ТО}}$, $\Gamma_{C \text{ ТО}}$). Напряженность H_{CP} срабатывания герконов $\Gamma_{A \text{ ТО}}$, $\Gamma_{C \text{ ТО}}$ должна быть больше напряженности $H_{KЗ \text{ вн.мах}}^{(3)}$ МП, созданного током $I_{KЗ \text{ вн.мах}}^{(3)}$ при коротком замыкании в конце защищаемого участка, то есть на шинах 0,4 кВ (низшее напряжение трансформатора). Тогда для $\Gamma_{A \text{ ТО}}$

$$H_{CP} = k_{OTC} H_{KЗ \text{ вн.мах}}^{(3)} = (g_A - g_B) k_{OTC} I_{KЗ \text{ вн.мах}}^{(3)} / 2\pi, \quad (4)$$

где k_{OTC} – коэффициент отстройки, для ТО на герконах $k_{OTC} = 1,5$.

Откуда, с учетом того, что $I_{KЗ \text{ вн.мах}}^{(3)} = 791,3$ А и для $\Gamma_{A \text{ ТО}}$ $H_{CP}=1924,8$ А/м по (4) получим:

$$(g_A - g_B) = 10,189 \text{ 1/м.} \quad (5)$$

Решая (5) с помощью (3), получаем для $G_{A TO} x=0$, $h=91,7$ мм, $\gamma = 28,4^0$. Для геркона $G_{C TO}$ расчет выполняется аналогично, при этом $x = d/2$, $h = 92,6$ мм, $\gamma = -28,7^0$.

При этом отсечка отстроена от бросков тока намагничивания.

Герконы установлены в МП шинопроводов на расстоянии 1,5 м от трансформатора с помощью конструкции из полипропилена.

Схемные решения защиты представлены последовательно соединенными цепочками: батарея питания – контакты $G_{A MTЗ}$ ($G_{C MTЗ}$) – расширитель импульсов – реле времени – указательное реле, и батарея питания – контакты $G_{A TO}$ ($G_{C TO}$) – расширитель импульсов – указательное реле. В качестве батареи питания использовались три последовательно соединенных щелочных элемента типа АА. Расширители импульсов и реле времени собраны из полупроводников по типовым схемам [5]. В качестве указательного реле использованы обычные светодиоды. Выдержка времени, устанавливаемая на реле времени (подбиралась емкостью конденсатора), согласована со временем действия вводного автомата присоединений 0,4 кВ и составляет 2 с. Коэффициент чувствительности МТЗ проверялся при КЗ на шинах 0,4 кВ $k_U = 3,3 > 1,5$. Коэффициент чувствительности отсечки проверялся при КЗ на шинах 10 кВ $k_U = 3,4 > 2$. Защита работает только на сигнал, с фиксацией команды до ее сброса. Штатная релейная защита трансформатора ТМ-1000/10 осталась без изменений.

В заключение следует отметить, что защита эксплуатируется в тестовом режиме (работает на сигнал) в течение одного года. За этот период повреждений трансформатора и ложных срабатываний установленной защиты не было.

Литература

1. Майшев П.Н. Токовая защита на герконах для силовых трансформаторов. Материалы Международной научно-практической конференции «Энергоэффективность». Омск, 12-13 мая 2010 г. – с. 84.
2. Инновационный патент № 22075 РК. Устройство токовой защиты силового трансформатора от внутренних и внешних коротких замыканий // Майшев П.Н. Опубл. 15.12.2009. – Бюл. № 12.
3. Клецель М.Я., Мусин В.В. Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты без трансформаторов тока на герконах // Промышленная энергетика – 1990. – № 4. – С. 32–36.
4. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.
5. Дорогунцев В.Г., Овчаренко Н.И. Элементы автоматических устройств энергосистем. – М.: Энергия, 1979. – 520 с.