

УДК 621.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И ТОКОВЫХ ЦЕПЕЙ ЗАЩИТЫ

Башаркевич Я.В.

Научный руководитель – АРТЕМЕНКО К.И.

Трансформатор тока – обычный трансформатор, сердечник и две обмотки, первичная и вторичная. Первичную обмотку, которая содержит небольшое количество витков, включают последовательно в цепь, у которой необходимо измерить ток, а к вторичной, с большим числом витков, подключают амперметр.

К конструктивным особенностям трансформатора тока относятся:

– схемы соединения вторичных обмоток – звезда с нулевым проводом, треугольник, дифференциальные схемы и т. п.;

– значения вторичных нагрузок, при необходимости с учетом их неодинаковости в различных фазах, наличия нелинейных индуктивностей в составе нагрузки и т. п.;

– характеристики намагничивания сердечника с возможностью задания остаточных индукций, учета динамики процесса перемагничивания;

– учет конструктивных особенностей – обычное или каскадное исполнение, наличие немагнитных зазоров в магнитопроводе и др.

Для питания токовых цепей РЗ применяются ТТ простейшей конструкции без каких-либо дополнительных средств уменьшения погрешностей, за исключением витковой поправки. Устройство ТТ этого типа в общем случае с небольшим немагнитным зазором в сердечнике, и схема его включения приведены на рисунке 1.

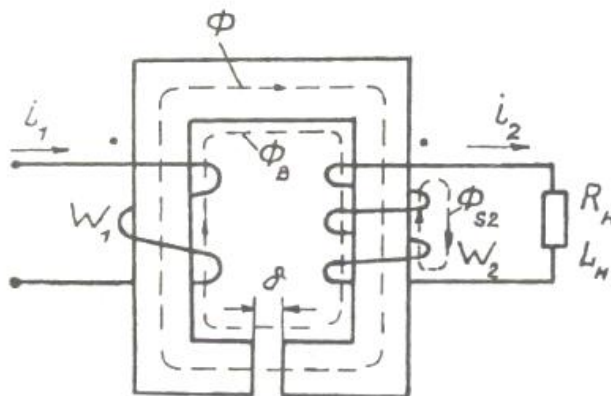


Рисунок 1 – Схема одиночного трансформатора тока

В переходном режиме падение напряжения в нулевом проводе оказывает существенное влияние на форму кривой вторичных токов. Поэтому математическое моделирование трехфазной группы ТТ этого вида необходимо выполнять с учетом сопротивлений нулевого провода и включенных в него нагрузок.

Математическое описание схемы содержит три дифференциальных уравнения равновесия ЭДС в контурах вторичных обмоток и уравнения равновесия МДС в сердечниках ТТ:

$$p y_i = \frac{1}{W_2 S_c} (R_{2j} i_{2j} + R_0 i_0) \quad (j = A, B, C), \quad (1)$$

$$y_j = B_j - \frac{L_{2j}}{W_2 S_c} i_{2j} - \frac{L_0}{W_2 S_c} i_0, \quad (2)$$

$$i_{2j} = \frac{W_1}{W_2} i_{1j} - \frac{l_c}{W_2} H_j, \quad (3)$$

$$i_0 = i_{2A} + i_{2B} + i_{2C}, \quad (4)$$

где $R_{2j} = R_{об} + R_{hj}$; $L_{2j} = L_{об} + L_{hj}$.

Трехфазная группа ТТ с соединением вторичных обмоток в треугольник находят применение в дифференциальных защитах силовых трансформаторов.

Продольная дифференциальная токовая защита электроэнергетического объекта содержит несколько трехфазных групп ТТ, имеющих общую нагрузку дифференциальной цепи. В защитах синхронных генераторов, высоковольтных электродвигателей содержится две, а в защитах сборных шин – более двух групп с соединением вторичных обмоток в звезду. Защиты силовых трансформаторов, автотрансформаторов, блоков генератор – трансформатор содержат несколько групп ТТ с разнородными схемами соединения вторичных обмоток.

В комплексных математических моделях дифференциальных защит целесообразно использовать модель токовых цепей, позволяющую задавать нужную схему соединений каждой трехфазной группы ТТ. Наиболее просто это осуществляется при одинаковых нагрузках отдельных фаз в плече защиты, когда группа ТТ с соединением вторичных обмоток в треугольник.

С целью сокращения объема исходной информации сопротивления дифференциальной цепи и характеристики намагничивания сердечников ТТ, их геометрические размеры в различных фазах каждой трехфазной группы приняты одинаковыми. Для исследования влияния различия этих параметров на токи в плечах защиты и дифференциальной цепи соответствующие математические модели могут быть составлены на базе приведенных выше выражений.

Литература

- 1 Романюк, Ф.А. Информационное обеспечение вычислительного эксперимента в релейной защите и автоматике энергосистем / Ф.А. Романюк, В.И. Новаш. – Минск : ВУЗ-ЮНИТИ, 1998. – 174 с.
- 2 Электрическая часть станций и подстанций : Учеб. для вузов / А.А. Васильев, И.П. Крючков, Е.Ф. Наяшкова и др ; под ред. А.А. Васильева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
- 3 Важнов, А.И. Переходные процессы в машинах переменного тока / А.И. Важнов. – Л. : Энергия, 1980. – 256 с.