

Респ. Беларусь, G 01 М 13/02; 2012/ М.А. Прищепов, В.В. Гурин, В.В. Смоленчук, Е.М. Прищепова.

4. Фираго, Б.И. Теория электропривода: учеб. пособ./ Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – Мн.: ЗАО «Техноперспектива», 2004. – 527 с.

5. Черных, И.В. "SimPowerSystems: моделирование электротехнических устройств и систем в Simulink"/ И.В. Черных [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/simpower>. – Дата доступа: 14.11.2012 г.

УДК 631.371: 621.31

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 06.03.2012

СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК Y/Y_N СО СПЕЦИАЛЬНЫМ СИММЕТРИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ (Y/Y_N СУ)

Г.И. Янукович, канд. техн. наук, профессор, И.В. Протосовицкий, канд. техн. наук, доцент, Н.Г. Королевич, канд. эконом. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

Для анализа несимметричных режимов работы трансформаторов с помощью метода симметричных составляющих необходимо построить его схему замещения. В данной статье получены выражения, на основе которых построены схемы замещения трансформатора Y/Y_N СУ для токов прямой, обратной и нулевой последовательности.

It has been stressed in the article that it's essential to have a scheme of substitution for the analysis of dissymmetrical operating regime of transformers with the help of symmetrical components. The expressions have been received on the basis of which the schemes of substitution of the transformer Y/Y_N СУ for currents of straight, reverse and zero succession are based.

Введение

В Белорусском государственном аграрном техническом университете на кафедре электроснабжения была разработана новая схема соединения обмоток трансформатора: «звезда-звезда-нуль с симметрирующим устройством» (Y/Y_N СУ) [1].

Трансформатор с указанной схемой соединения обмоток содержит обмотки высшего напряжения 1, обмотки низшего напряжения 2 и компенсационную обмотку 3, охватывающую все основные обмотки. Один конец компенсационной обмотки подключен к нейтрали обмоток низшего напряжения, а другой конец выведен наружу (рис. 1).

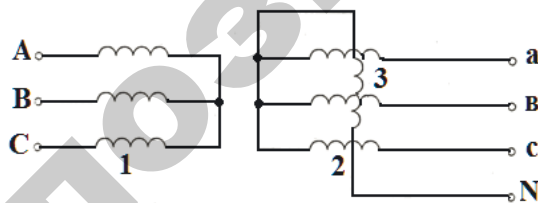


Рисунок 1. Схема соединения обмоток трансформатора «звезда-звезда-нуль с симметрирующим устройством»: 1 – обмотка высшего напряжения трансформатора; 2 – обмотка низшего напряжения трансформатора; 3 – компенсационная обмотка

Сопротивление нулевой последовательности данного трансформатора уменьшается более чем в десять раз, при этом существенно улучшается качество напряжения. Этот трансформатор обладает все-

ми достоинствами трансформатора со схемой «звезда-звезда-разомкнутый треугольник с нулем». Однако он более удобен при его изготовлении. Данный трансформатор улучшает также форму кривой напряжения, так как компенсирует высшие гармонические напряжения, кратные трем, имеющие нулевую последовательность.

Основная часть

Обмотка симметрирующего устройства (СУ) рассматриваемого трансформатора намотана поверх обмоток высшего напряжения и охватывает все три стержня. Она включена встречно обмоткам низшего напряжения. По ней протекает только ток нулевой последовательности, равный утроенной величине тока нулевой последовательности. Этот ток создает встречный компенсирующий магнитный поток нулевой последовательности, создаваемый обмотками низшего напряжения трансформатора. При равенстве потоков от обмотки СУ и обмоток низшего напряжения будет иметь место полная компенсация потоков нулевой последовательности:

$$\Phi_{O_a} + \Phi_{O_b} + \Phi_{O_c} + \Phi_{O_{СУ}} \cdot e^{j180} = 0,$$

где $\Phi_{O_{(a,b,c)}}$ – магнитный поток нулевой последовательности в стержнях магнитопровода трансформатора от фазных обмоток низшего напряжения;

$\Phi_{O_{СУ}}$ – магнитный поток нулевой последовательности от обмотки симметрирующего устройства.

Так как обмотка высшего напряжения соединена в звезду и не имеет нулевого провода, то по ней протекают только токи прямой и обратной последовательности. Токи нулевой последовательности в этой обмотке отсутствуют.

Вторичные токи трансформатора содержат составляющие всех последовательностей. Система токов нулевой последовательности не может трансформироваться в первичной обмотке трансформатора. Трансформируются только токи прямой и обратной последовательности.

Обмотки высшего и низшего напряжения трансформатора будут содержать составляющие всех последовательностей.

Схема замещения рассматриваемого трансформатора в симметричном режиме ничем не отличается от схемы замещения трансформатора «звезда-звезда-нуль». Для несимметричных режимов в работе схемы замещения будут отличаться.

Чтобы получить схему замещения трансформатора $Y/Y_n/3U$, приведенную на рис. 1, согласно законов Киргофа, запишем уравнение для фазы A :

$$\underline{U}_A = -\underline{E}_a + \underline{I}_A \underline{Z}_1, \quad (1)$$

где \underline{E}_a – э.д.с. фазы a , создаваемая основным потоком трансформатора;

\underline{I}_A – ток фазы A ;

\underline{Z}_1 – эквивалентное сопротивление обмотки высшего напряжения трансформатора.

Фазное напряжение обмотки низшего напряжения с учетом действия компенсирующей обмотки для фазы a :

$$\underline{U}_a = -\underline{E}_a + \underline{I}_a \underline{Z}_2 - \underline{I}_{aCV0} \underline{Z}_{CV}, \quad (2)$$

где \underline{Z}_2 – эквивалентное сопротивление обмотки низшего напряжения;

\underline{Z}_{CV} – эквивалентное сопротивление симметрирующей обмотки;

\underline{I}_{aCV0} – ток нулевой последовательности, протекающий по виткам симметрирующей обмотки от фазы a .

Эквивалентные сопротивления обмоток высшего, низшего напряжения и компенсирующих витков симметрирующего устройства определяются по формуле (2.) [2] с учетом соответствующих индексов обмоток данного трансформатора.

Обе части уравнений (1) и (2) разложим на симметричные составляющие.

Получим:

$$\begin{aligned} \underline{U}_A &= \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} + \underline{U}_{A0} = \\ &= -\underline{E}_{a1} - \underline{E}_{a2} - \underline{E}_{a0} + \underline{I}_{A1} \underline{Z}_1 + \underline{I}_{A2} \underline{Z}_1; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_a &= \underline{U}_{a1} + \underline{U}_{a2} + \underline{U}_{a0} = \\ &= -\underline{E}_{a1} - \underline{E}_{a2} - \underline{E}_{a0} + \underline{I}_{a1} \underline{Z}_2 \\ &\quad + \underline{I}_{a2} \underline{Z}_2 + \underline{I}_{a0} \underline{Z}_2 - \underline{I}_{aCV0} \underline{Z}_{CV}, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\underline{E}_{a1}, \underline{E}_{a2}, \underline{E}_{a0}$ – э.д.с. фазы a соответственно прямой, обратной и нулевой последовательности;

$\underline{I}_{a1}, \underline{I}_{a2}, \underline{I}_{a0}$ – токи прямой, обратной и нулевой последовательности, протекающие по обмотке низшего напряжения фазы a .

Из выражения (3) следует:

$$\underline{U}'_A = -\underline{E}'_a + \underline{I}'_A \underline{Z}_1, \quad (5)$$

$$\underline{U}_{A0} = -\underline{E}_{a0}, \quad (6)$$

где $\underline{E}'_a = \underline{E}_{a1} + \underline{E}_{a2}$ – сумма э.д.с. прямой и обратной последовательности обмотки низшего напряжения фазы a .

Аналогично из уравнения (4) следует, что

$$\underline{U}'_{a2} = -\underline{E}'_a + \underline{I}'_{a2} \underline{Z}_2, \quad (7)$$

где $\underline{U}'_{a2} = \underline{U}_{a1} + \underline{U}_{a2}$ – сумма фазных напряжений прямой и обратной последовательности обмотки низшего напряжения трансформатора фазы a ;

и

$$\underline{U}_{a0} = -\underline{E}_{a0} + \underline{I}_{a20} \underline{Z}_2 - \underline{I}_{aCV0} \underline{Z}_{CV}, \quad (8)$$

где \underline{I}_{a20} – ток нулевой последовательности, протекающий по обмотке фазы a .

Напряжение нулевой последовательности обмотки низшего напряжения трансформатора с учетом действия компенсирующих витков представим следующим образом:

$$\underline{U}_{a0} = \underline{U}_{a20} - \underline{U}_{aCV0},$$

где \underline{U}_{a20} – напряжение нулевой последовательности обмотки низшего напряжения фазы a без учета действия симметрирующей обмотки;

\underline{U}_{aCV0} – напряжение нулевой последовательности симметрирующей обмотки фазы a без учета влияния обмотки высшего напряжения.

Теперь уравнение (8) будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{a20} - \underline{U}_{aCV0} &= \\ &= -\underline{E}_{a0} + \underline{I}_{a20} \underline{Z}_2 - \underline{I}_{aCV0} \underline{Z}_{CV}. \end{aligned} \quad (9)$$

Преобразуя последнее выражение, получим

$$-E_{a0} = -I_{a20}Z_2 + U_{a20} + I_{aCY0}Z_{CY} - U_{aCY0} \quad (10)$$

На основании уравнений (5) и (7) (рис. 2, а) построена схема замещения трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Y_nСУ для токов прямой и обратной последовательности, а на основании уравнений (6) и (10) – для токов нулевой последовательности, (рис. 2, б).

Выводы

Имея схемы замещения трансформатора Y/Y_nСУ для токов прямой, обратной и нулевой последовательности, можно исследовать влияние симметрирующего устройства на фазные напряжения вторичной стороны трансформатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трехфазный трансформатор: а.с. 1099328 СССР, 1984/ А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович, Н.Е. Шевчик и др.

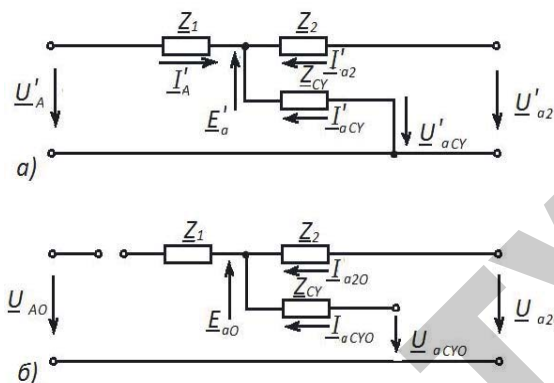


Рисунок 2. Схемы замещения трансформатора Y/Y_nСУ: а - для токов прямой и обратной последовательности; б - для токов нулевой последовательности

2. Янукович, Г.И. Исследование трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-разомкнутый треугольник» с целью использования его в сельских электрических сетях 380/220 В для повышения качества напряжения: дис. ... канд. техн. наук/ Г.И. Янукович. – Минск, 1975.

УДК 621.577

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 29.02.2012

ПУТИ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ТЕПЛОНАСОСНЫМИ УСТАНОВКАМИ

А.Л. Синяков, канд. техн. наук, доцент, И.А. Цубанов, ст. преподаватель (БГАТУ)

Аннотация

Выполнено обоснование применения теплонасосных установок (ТНУ) в системах теплоснабжения и определена ожидаемая экономия электроэнергии при использовании ТНУ для предварительного нагрева теплоносителя.

The explanation of the use of heat pumping machinery in systems of heat supply has been realized and expected economy of electricity while using heat pumping machines for preliminary heating of heat-transfer has been defined.

Введение

При теплоснабжении объектов, удаленных от котельных или требующих высокого уровня автоматизации процессов теплопотребления, все более широко используется электроэнергия для нагрева сред (теплоносителей) в электротехнологиях, системах отопления и горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных зданий [1, 2].

Одним из методов снижения расхода электроэнергии в системах теплоснабжения является создание комбинированных систем, обеспечивающих нагрев теплоносителей, как за счет электроэнергии, так и за счет низкопотенциальной теплоты, используемой с помощью ТНУ.

Согласно СНБ 4.02.01-03, электроэнергия может применяться в системах отопления путем непосред-

ственной трансформации в тепловую энергию или с помощью тепловых насосов.

Рекомендации по использованию ТНУ при отоплении, вентиляции и горячем водоснабжении усадебных жилых домов даны в ТКП 45-4.02-74.

Применение ТНУ в системах теплоснабжения идеально согласуется с государственной энергосберегающей стратегией, т.к. позволяет использовать низкопотенциальную теплоту окружающей среды и тепловых «отходов» вместо органического топлива. На работу ТНУ затрачивается электроэнергия, но количество получаемой от них тепловой энергии в несколько раз больше затрачиваемой электроэнергии.

В мировой практике наблюдается переход от традиционных систем теплоснабжения к широкому использованию в них ТНУ.