

единения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом»: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02/ В.М. Збродыга. – Минск, 2010. – 20 с.

**Збродыга В.М., к.т.н., доцент, Зеленкевич А.И., к.т.н.,  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», Минск, Республика Беларусь  
КОМПЕНСАЦИЯ МДС И МАГНИТНЫХ ПОТОКОВ  
НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ  
В ТРАНСФОРМАТОРЕ «ЗВЕЗДА-ТРЕУГОЛЬНИК  
С ЗИГЗАГОМ»**

В первичной обмотке трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом» [1-3] нет путей для протекания токов нулевой последовательности и они равны нулю:

$$\underline{I}_{A0} = 0; \underline{I}_{B0} = 0; \underline{I}_{C0} = 0. \quad (1)$$

Создаваемые ими МДС также равны нулю:

$$i_{A0}W_1 = 0; i_{B0}W_1 = 0; i_{C0}W_1 = 0, \quad (2)$$

где  $W_1$  – количество витков в одной фазе первичной обмотки, шт.

По вторичной обмотке трансформатора, соединенной в треугольник, составляющие нулевой последовательности могут протекать внутри треугольника, не выходя в линии. Они равны и одинаково направлены во всех трех фазах:

$$\underline{I}_{a0} = \underline{I}_{b0} = \underline{I}_{c0}. \quad (3)$$

Эти токи создадут равные между собой по величине МДС половин обмоток  $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$ :

$$i_{a0} \frac{W_2}{2} = i_{b0} \frac{W_2}{2} = i_{c0} \frac{W_2}{2}, \quad (4)$$

где  $W_2$  – количество витков в одной фазе вторичной обмотки, шт.

С учетом направления намотки и маркировки выводов токи нулевой последовательности обтекают половины фаз вторичных обмоток  $a_1, b_1, c_1$  и  $a_2, b_2, c_2$ , расположенных на каждом из стержней магнитопровода, в противоположных направлениях (рисунок 1).

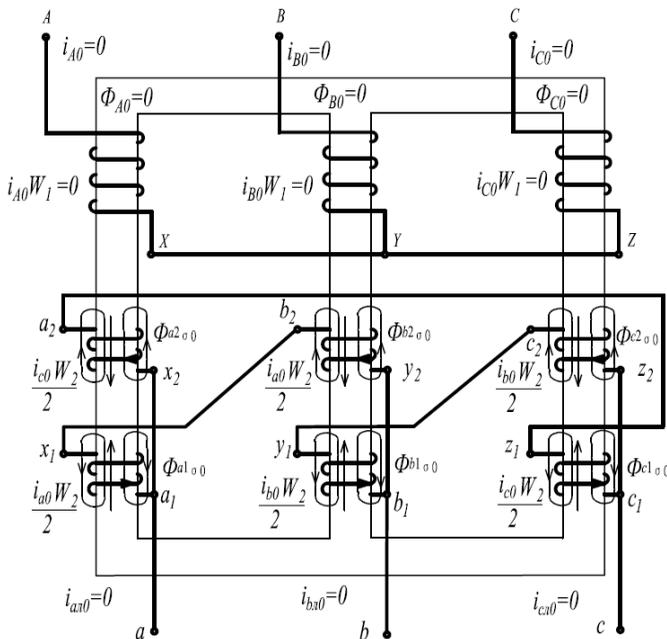


Рисунок 1 – Схема распределения МДС и магнитных потоков нулевой последовательности в трехфазном трансформаторе «звезда-треугольник с зигзагом»

МДС нулевой последовательности в стержнях фаз «А», «В», «С» будут равны:

$$\begin{aligned}
 f_{A0} &= 0 + i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{c0} \frac{W_2}{2} = i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{2} = 0; \\
 f_{B0} &= 0 + i_{b0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{2} = i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{2} = 0; \\
 f_{C0} &= 0 + i_{c0} \frac{W_2}{2} - i_{b0} \frac{W_2}{2} = i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{2} = 0.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Происходит компенсация МДС нулевой последовательности, а их магнитные потоки в стержнях магнитопровода будут равны нулю:

$$\begin{aligned}\Phi_{A0} &= \frac{f_{A0}}{R_{A\mu0}} = 0; \\ \Phi_{B0} &= \frac{f_{B0}}{R_{B\mu0}} = 0; \\ \Phi_{C0} &= \frac{f_{C0}}{R_{C\mu0}} = 0,\end{aligned}\tag{6}$$

где  $R_{A\mu0}, R_{B\mu0}, R_{C\mu0}$  – сопротивления магнитных цепей соответствующих фаз потокам нулевой последовательности, Гн<sup>-1</sup>.

Вторичная обмотка самостоятельно уравнивает свои намагничивающие силы нулевой последовательности, устраняя процесс дополнительного подмагничивания ими магнитопровода.

Могут возникать только потоки рассеяния  $\Phi_{a1\sigma0}, \Phi_{a2\sigma0}, \Phi_{a3\sigma0}, \Phi_{b1\sigma0}, \Phi_{b2\sigma0}, \Phi_{b3\sigma0}, \Phi_{c1\sigma0}, \Phi_{c2\sigma0}, \Phi_{c3\sigma0}$  (рисунок 1), которые тем меньше, чем ближе расположены друг к другу части вторичной обмотки.

#### Список использованной литературы

1. Патент №2244 Трёхфазный трансформатор. / А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович, Е.А. Сердешнов, Д.Г. Янукович; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» – № 950299; заявл. 1995.06.09; опубл. 30.09.1998 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 1998. – №3(18). – С. 216–217.
2. Збродыга, В.М. Улучшение показателей несинусоидальности и несимметрии напряжений в электроустановках сельскохозяйственного назначения применением трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом»: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02/ В.М. Збродыга. – Минск, 2010. – 20 с.
3. Збродыга, В.М. Особенности преобразования электрической энергии в трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом»/ В.М. Збродыга, М.А. Прищепов, А.И. Зеленькевич, Г.И. Янукович// Агропанорама. – 2022. – № 5. – С. 25–33.

**Збродыга В.М., к.т.н., доцент, Зеленкевич А.И., к.т.н.,  
Янукович Г.И., к.т.н, профессор**  
**УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», Минск, Республика Беларусь**  
**ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИИ НАГРУЗКИ НА ПЕРВИЧНЫЕ  
И ВТОРИЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА  
«ЗВЕЗДА-ТРЕУГОЛЬНИК С ЗИГЗАГОМ»**

При несимметричной нагрузке трансформатора «звезда-треугольник с зигзагом» [1-3] происходит компенсация МДС нулевой последовательности, а их магнитные потоки в стержнях магнитопровода равны нулю:

$$\Phi_{A0} = 0; \Phi_{B0} = 0; \Phi_{C0} = 0. \quad (1)$$

ЭДС, создаваемые магнитными потоками нулевой последовательности в обмотках также равны нулю:

$$\begin{aligned} e_{A0} &= -W_1 \frac{d\Phi_{A0}}{dt} = 0; e_{a0} = -W_2 \frac{d\Phi_{A0}}{dt} = 0; \\ e_{B0} &= -W_1 \frac{d\Phi_{B0}}{dt} = 0; e_{b0} = -W_2 \frac{d\Phi_{B0}}{dt} = 0; \\ e_{C0} &= -W_1 \frac{d\Phi_{C0}}{dt} = 0; e_{c0} = -W_2 \frac{d\Phi_{C0}}{dt} = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $W_1$  – количество витков в одной фазе первичной обмотки, шт;

$W_2$  – количество витков в одной фазе вторичной обмотки, шт.

Напряжения нулевой последовательности первичной обмотки будут равны:

$$\underline{U}_{A0} = -\underline{E}_{A0} = 0; \underline{U}_{B0} = -\underline{E}_{B0} = 0; \underline{U}_{C0} = -\underline{E}_{C0} = 0, \quad (3)$$

где  $\underline{E}_{A0}, \underline{E}_{B0}, \underline{E}_{C0}$  – действующие значения ЭДС нулевой последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, В.

Следовательно, трансформатор не будет генерировать напряжения нулевой последовательности в питающую сеть.

Первичные фазные напряжения равны сумме составляющих прямой и обратной последовательности:

$$\begin{aligned} \underline{U}_A &= \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} = -\underline{E}_{A1} - \underline{E}_{A2} + \underline{I}_{A1} \underline{Z}_{11} + \underline{I}_{A2} \underline{Z}_{12}; \\ \underline{U}_B &= \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{B2} = -\underline{E}_{B1} - \underline{E}_{B2} + \underline{I}_{B1} \underline{Z}_{11} + \underline{I}_{B2} \underline{Z}_{12}; \\ \underline{U}_C &= \underline{U}_{C1} + \underline{U}_{C2} = -\underline{E}_{C1} - \underline{E}_{C2} + \underline{I}_{C1} \underline{Z}_{11} + \underline{I}_{C2} \underline{Z}_{12}, \end{aligned} \quad (4)$$