

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Г. Г. ГИМОЯН

ТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ТРЕХФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ
 ПРИ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМАХ

При расчете режимов работы электрических сетей и оборудования, анализе поведения устройств релейной защиты и автоматики часто возникает необходимость определения фазных и линейных токов в силовых трансформаторах при несимметричных коротких замыканиях или не нормальных режимах работы электрической сети. В существующей литературе по расчету токов коротких замыканий (например, [1]) решение этой задачи рекомендуется осуществить путем разложения аварийных токов в месте короткого замыкания на симметричные составляющие, трансформации последних при помощи соответствующих комплексных коэффициентов трансформации и последующего суммирования их на стороне питания трансформатора. Однако этот способ сложен и требует относительно высокой инженерной квалификации. Проще и быстрее решается задача, если взамен симметричных составляющих оперировать полными токами. Однако имеющиеся в литературе (например, в [2]) соотношения, связывающие полные токи на разных сторонах трансформатора, пригодны лишь для схем соединений „звезда-треугольник“ или „треугольник-звезда“, тогда как на практике встречаются и другие соединения, например, „звезда-звезда“ с заземленной нейтралью. Ниже приводятся формулы, позволяющие путем оперирования полными токами найти токораспределение при любой схеме соединения обмоток силовых трансформаторов и для произвольного вида несимметричных режимов как для мгновенных значений любой формы, так и эффективных (амплитудных) значений синусоидальных токов.

На рис. 1 схематично изображен трехфазный двухобмоточный трансформатор. Его обмотка высшего напряжения с количеством витков w_1 соединена в звезду, а обмотка низшего напряжения с количеством витков w_2 — в звезду с зазем-

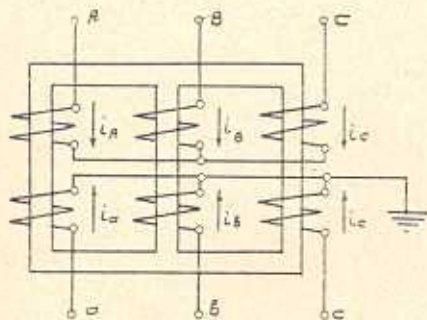


Рис. 1. Схема трехфазного двухобмоточного трансформатора, соединенного по схеме „звезда-звезда“ с заземленной нейтралью.

ленной нейтралью. Если положительные направления мгновенных значений фазных токов первичной и вторичной обмоток i_A, i_B, i_C и i_a, i_b и i_c в нормальном режиме принять такими, как это сделано на рис. 1 и пренебречь намагничивающими токами отдельных фаз в этом режиме, можно составить следующие уравнения

$$\begin{aligned} i_A &= \frac{1}{3k} (2i_a - i_b - i_c); \\ i_B &= \frac{1}{3k} (2i_b - i_a - i_c); \\ i_C &= \frac{1}{3k} (2i_c - i_a - i_b), \end{aligned} \quad (1)$$

где $k = k_r = \omega_1/\omega_2$ — коэффициент трансформации трансформатора.

Соотношения (1) устанавливают связь между мгновенными значениями токов, на сторонах высшего и низшего напряжений трансформатора при соединении его обмоток по схеме „звезда-звезда“ и заземленной нейтралью. Эти соотношения справедливы и для значений синусоидальных токов, в чем нетрудно убедиться, если взамен i_a, i_b и i_c в уравнения (1) подставить их симметричные составляющие i_{a1}, i_{a2} и i_{a0} .

При использовании соотношений (1) для эффективных значений синусоидальных токов их лучше представить в несколько преобразованном виде:

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= \frac{1}{K_r} (\dot{I}_a - \dot{I}_0); \\ \dot{I}_B &= \frac{1}{K_r} (\dot{I}_b - \dot{I}_0); \\ \dot{I}_C &= \frac{1}{K_r} (\dot{I}_c - \dot{I}_0), \end{aligned} \quad (2)$$

где $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ и $\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$ — комплексы эффективных значений фазных токов на сторонах высшего и низшего напряжений

$$\dot{I}_0 = \frac{1}{3} (\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c). \quad (3)$$

В случае, когда трансформатор соединен по схеме „треугольник-звезда“, то для линейных токов со стороны „треугольника“ будем иметь

$$\begin{aligned} \dot{I}_{1A} = \dot{I}_A - \dot{I}_B &= \frac{\dot{I}_a - \dot{I}_b}{\sqrt{3} K_r}; \\ \dot{I}_{1B} = \dot{I}_B - \dot{I}_C &= \frac{\dot{I}_b - \dot{I}_c}{\sqrt{3} K_r}; \\ \dot{I}_{1C} = \dot{I}_C - \dot{I}_A &= \frac{\dot{I}_c - \dot{I}_a}{\sqrt{3} K_r}, \end{aligned} \quad (4)$$

где K_T — коэффициент трансформации трансформатора „треугольник-звезда“, равный $K/3$.

В случае, если трансформатор соединен по схеме „звезда-треугольник“ с заземленной нейтралью или „звезда-треугольник“ и аварийные токи даны в виде линейных токов „треугольника“ I_{1a} , I_{1b} и I_{1c} , то токи на стороне „звезды“ будут равны:

$$\begin{aligned} I_{2A} &= \frac{I_{1a} - I_{1c}}{3K} = \frac{I_{1a} - I_{1c}}{\sqrt{3} K_T}; \\ I_{2B} &= \frac{I_{1b} - I_{1a}}{3K} = \frac{I_{1b} - I_{1a}}{\sqrt{3} K_T}; \\ I_{2C} &= \frac{I_{1c} - I_{1b}}{3K} = \frac{I_{1c} - I_{1b}}{\sqrt{3} K_T}, \end{aligned} \quad (5)$$

где K_T — коэффициент трансформации трансформатора „звезда-треугольник“, равный $\sqrt{3} K$.

Преимуществом изложенного метода является ее простота, а также пригодность для расчета токораспределения при несинусоидальных токах.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 24.VI.1967.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. Изд. „Энергия“, 1964.
2. Федосов А. М. Основы релейной защиты. Госэнергоиздат, 1961.

О. В. ПЕШТМАЛДЖЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СИЛ

В статье приводятся результаты исследований прочности и деформативности наружных стеновых панелей НС-3 и НС-2 крупнопанельного дома серии А1-464—С при одновременном действии горизонтальных сил в их плоскости и различных вертикальных усилий, имитирующих вес постоянной и временной нагрузок верхних этажей.

Исследования проводились на моделях. В основу моделирования была принята теория подобия твердых деформируемых тел, разработанная профессором А. Г. Назаровым [1]. Подбор модельных материалов был произведен согласно условиям простого подобия. Бетон моделей был взят с теми же физико-механическими характеристиками, что и в оригинале, а рабочие стержни арматуры были приняты геометрически подобные натурным. Масштаб моделей был принят