

УДК:

СПОСОБ РАСЧЁТОВ ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ АКТИВНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТОКОВ ПРЯМОЙ, ОБРАТНОЙ И НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ В ПОТЕРИ АКТИВНЫЕ МОЩНОСТИ В ТРАНСФОРМАТОРАХ

ЛЫУ КУОК КЫОНГ, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Маклецов Александр Михайлович

Аннотация: В этом случае исследуются дополнительные потери, например, от симметричных токов в трансформаторах и линиях; разрабатываются методы снижения дополнительных потерь, которые являются наиболее эффективными. Сокращая дополнительные потери, они достигают сокращения общих потерь в сетях. Эти разработки кафедры являются новым научным направлением в области энергосбережения в электрических сетях 0,4 кВ..

Ключевые слова: трансформаторах , несимметрии, прямой, обратной, нулевой последовательности, потерь мощности, токов, сельских сетях,

В сельских сетях 0,4 кВ с несимметричной и нелинейной нагрузками возникают потери мощности и электрической энергии от токов прямой последовательности (основные потери), а также потери от токов обратной и нулевой последовательности (потери от токов несимметрии), кроме того, возникают потери от несинусоидальных и реактивных токов. Потери от несимметричных, несинусоидальных и реактивных токов относятся к дополнительным потерям, снижением которых в сельских сетях необходимо заниматься прежде всего.

Для определения дополнительных потерь разработаны *критерии потерь мощности:* от несимметричных токов;

Потери мощности от несимметрии токов ΔP_{Σ} в трансформаторах и линиях трехфазных электрических сетей 0,38 кВ обусловлены токами обратной I_2 и нулевой I_0 последовательностей [1]:

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_2 + \Delta P_0 = 3I_2^2 R_2 + 3I_0^2 R_0 \quad (1)$$

где I_2 ; I_0 - симметричные составляющие токов обратной и нулевой последовательностей

R_2 ; R_0 - активные сопротивления обратной и нулевой последовательностей трансформатора (линии);

$\Delta P_2; \Delta P_0$ - потери мощности обратной и нулевой последовательностей.

Потери мощности в трансформаторе при несимметричной нагрузке характеризуются критерием потерь мощности от несимметрии токов, равным отношению потерь от токов обратной и нулевой последовательности, к потерям от токов прямой последовательности:

$$K_{\varepsilon} = \frac{\Delta P_{\varepsilon}}{\Delta P_1} \quad (2)$$

где ΔP_1 - потери мощности от токов прямой I_1 последовательности,

$$\Delta P_1 = 3I_1^2 R_1 \quad (3)$$

где R_1 - активное сопротивление прямой последовательности трансформатора (линии).

Подставляя в (2) выражения (1), (3) получим:

$$K_{\varepsilon} = \frac{3I_2^2 R_2}{3I_1^2 R_1} + \frac{3I_0^2 R_0}{3I_1^2 R_1} = K_{2i}^2 \frac{R_2}{R_1} + K_{0i}^2 \frac{R_0}{R_1} \quad (4)$$

Учитывая, что для трансформатора (линии) $R_2 = R_1$, выражение (4) запишется в следующем виде:

$$K_{\varepsilon} = K_{2i}^2 + K_{0i}^2 \frac{R_0}{R_1} \quad (5)$$

где $K_{2i}; K_{0i}$ - коэффициенты обратной и нулевой последовательностей токов, определяемые согласно [2] по соотношениям:

$$K_{2i} = \frac{I_2}{I_1}; K_{0i} = \frac{I_0}{I_1} \quad (6)$$

Как видно из выражения (5), критерий потерь мощности от несимметрии токов K_{ε} зависит от квадратов коэффициентов несимметрии токов и соотношения активных сопротивлений нулевой R_0 и прямой R_1 последовательностей. Определив по формуле (5) критерий K_{ε} , а по формуле (3) потери от токов прямой последовательности ΔP_1 , можно определить потери мощности от несимметрии токов в трансформаторе (линии):

$$\Delta P_{\varepsilon} = K_{\varepsilon} \Delta P_1. \quad (7)$$

Чтобы определить критерий потерь мощности от несимметрии токов K_{ε} , надо рассчитать коэффициенты обратной K_{2i} и нулевой последовательностей токов [2].

Таким образом, критерий потерь K_{ε} является комплексным показателем

несимметрии токов трансформатора или линии электропередачи, или целого участка электрической сети, сопротивление нулевой и прямой последовательностей которого учтены в формуле (5).

Формула (5) справедлива для силовых трансформаторов со схемами соединения обмоток Y/Y_H ; Y/Y_HCU ; Y/Z_H и других. Она также применима для линий с изолированными проводами марки СИП с нулевым проводом.

В некоторых научных изданиях в качестве критерия потерь мощности от несимметрии токов в трехфазных четырехпроводных сетях 0,38 кВ принят коэффициент, учитывающий потери мощности от токов прямой, обратной и нулевой последовательностей [3,4].

$$K_p = K_{ns} = \frac{\Delta P_{ns}}{\Delta P_1} \quad (8)$$

$$\text{где } \Delta P_{ns} = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_0 = 3I_1^2 R_1 + 3I_2^2 R_2 + 3I_0^2 R_0 \quad (9)$$

При подстановке (9) в (8) получим:

$$K_{ns} = 1 + K_{2i}^2 + K_{0i}^2 \frac{R_0}{R_1} \quad (10)$$

Выводы. Сравнение критерия потерь мощности от несимметрии токов для каждого трансформатора по двум различным формулам показывает, что во всех трех случаях результаты практически совпадают (значения K_ϵ отличаются во втором знаке после запятой). На основании этого можно утверждать:

а. Формулы для расчета критерия потерь мощности от несимметрии токов *правильные*.

б. Результаты экспериментальных исследований потерь мощности в трансформаторе и в линиях *достоверны*.

в. Значения активных сопротивлений прямой и нулевой последовательностей трансформаторов и линии *верны*. Таким образом, критерий потерь мощности от несимметрии токов в трехфазных трансформаторах и четырехпроводных линиях можно использовать в качестве главного инструмента в анализе потерь мощности в сетях 0,38 кВ и разработке способов и средств для снижения потерь в этих сетях.

Л и т е р а т у р а

1. Башарин С.А., Федоров В.В. Теоретические основы электротехники : Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 384 с.
2. Косоухов Ф.Д., Васильев Н.В., Борошнин А. Л. и др. Энергосбережение в низковольтных электрических сетях при несимметричной нагрузке / Под общей ред. Ф. Д. Косоухова: Монография.- СПб.: Изд. Лань, 2016. - 280с.
3. Наумов И.В. Снижение потерь и повышение качества электроэнергии в сельских сетях 0,38кВ с помощью симметрирующих устройств: Дис... доктора техн. наук. - СПб.,: 2002.-384с.
4. Косоухов Ф.Д., Васильев Н.В., Филиппов А.О. Снижение потерь от несимметрии токов и повышение качества электрической энергии в сетях 0,38 кВ с коммунально-бытовыми нагрузками // Электротехника. - 2014.-№6.-С.8-12.
5. Патент на изобретение №2599280. Способ измерения потерь мощности от несимметричных токов в трехфазных трансформаторах и четырехпроводных линиях электропередачи/ А.О. Филиппов, Н.Ю Криштопа, З.Р. Галиева, А.С. Паутовю Зарегистр. 14.09.2016г.; опубл. 10.10.2016, бюл. №28.
6. Патент на изобретение №2574867. Способ измерения симметричных составляющих токов в трехфазных сетях / А.О. Филиппов, Н.В. Васильев, Зарегистр. 15.01.2016г., опубл. 10.02.2016, бюл. №4.

Автор:

Лыу Куок Кыонг

Научный руководитель:

проф. Маклецов Александр Михайлович