

УРАВНЕНИЯ И СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ АВТОТРАНСФОРМАТОРА

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Кафедра Электр машины

Профессор: Пирматов Нурали Бердиевич

Магистрант: Нодиров Мухаммад Умар Шавкат угли

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7562078>

Аннотация: Диагностика ТРАНСФОРМАТОРА является актуальным в плане точной, экономически эффективной и доступной для технической и физической исследований.

Ключевые слова: трансформатор, обмотка, сопротивление, реактивная мощность.

EQUATIONS AND SUBSTITUTION SCHEME OF AUTOTRANSFORMER

Abstract: Diagnostics of the TRANSFORMER is relevant in terms of accurate, cost-effective and accessible for technical and physical research.

Key words: transformer, winding, resistance, reactive power.

ВВЕДЕНИЕ

Уравнения напряжения последовательной и общей обмоток автотрансформатора имеют обычный вид:

$$\dot{U}_n = \dot{E}_n - \dot{I}_n Z_n, \quad (1.1)$$

$$\dot{U} = \dot{E} - \dot{I} Z, \quad (1.2)$$

$$\frac{\dot{E}}{\dot{E}_n} = \frac{E}{E_n} = \frac{w}{w_n} = k_A, \quad (1.3)$$

где $\dot{E}$, $\dot{E}_n$ – ЭДС, индуцируемые в обмотках потоком сердечника; $\dot{U}$, $\dot{U}_n$, $\dot{I}$, $\dot{I}_n$ – напряжения на зажимах обмоток и токи в них;

$Z_n = r_n + jx_{sn}$, $Z = r + jx_s$, r_n , r – полные и активные сопротивления обмоток;

x_{sn} , x_s – индуктивные сопротивления рассеяния обмоток.

Уравнение МДС автотрансформатора также ничем не отличается от аналогичного уравнения трансформатора, и при пренебрежении намагничивающим током будем иметь:

$$\dot{I}_n + k_A \dot{I} = 0, \quad (1.4)$$

Кроме того, для любого автотрансформатора можно написать уравнение напряжения по замкнутому контуру: первичная сторона – последовательная обмотка – вторичная сторона рис. 1.1

$$\dot{U}_1 + \dot{U}_n - \dot{U}_2 = 0 \quad (1.5)$$

Исключим из уравнений (1.1), (1.2) ЭДС обмоток для чего разделим (1.2) на k_A из полученного результата вычтем (1.1); тогда используя выражение МДС (1.4), получим:

$$\frac{\dot{U}}{k_A} - \dot{U}_n = \dot{I}_n Z_n, \quad (1.6)$$

где $Z_k = Z_n + Z/k_A^2$.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сопротивление $Z_{\pi} + Z/k^2_A$ представляет собой сопротивление короткого замыкания обычного трансформатора, обмотки короткого имеют сопротивления Z_{π} и Z , причем короткого замыкание производится на зажимах обмотки с сопротивлением Z .

К общим уравнениям (1.1) – (1.6) необходимо добавить также дополнительные уравнения напряжения и токов для контуров, определяемых конкретной схемой соединения обмоток автотрансформатора. Для понижающего автотрансформатора (схема рис. 1.1, а) они имеют вид:

$$\dot{U}_1 + \dot{U}_{\pi} - \dot{U} = 0, \quad (1.7)$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{\pi} - I, \quad (1.8)$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{\pi}. \quad (1.9)$$

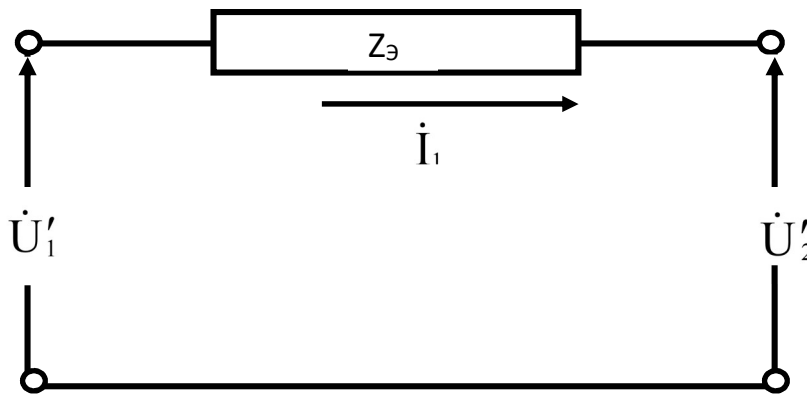
Аналогичны уравнения для повышающего автотрансформатора (схема рис.1):

$$\dot{U}_1 - U = 0, \quad (1.10)$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{\pi} - \dot{I}, \quad (1.11)$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{\pi}. \quad (1.12)$$

По приведенным уравнениям можно построить схему замещения автотрансформатора. Представляя последний некоторым сопротивлением, получим схему замещения в общем виде, показанном на рис.1.



На вторичной стороне схемы замещения протекает ток первичной стороны автотрансформатора $\dot{I}_1$. Поэтому вместо действительного напряжения $\dot{U}_2$ на ней должно быть приведенное напряжение $\dot{U}'_2$; оно определяется исходя из равенства как активной, так и реактивной мощности на вторичной стороне автотрансформатора и его схемы замещения, т.е. из условия

$$m \dot{U}_2^* \dot{I}_2 = m \dot{U}'_2^* \dot{I}'_2, \quad (1.13)$$

причем $\dot{I}'_2 = \dot{I}_1$.

Из 1.13 находим:

$$\dot{U}'_2 = \dot{U}_2 \frac{I_2^*}{I_1^*} \quad (1.14)$$

Для понижающего автотрансформатора на основании (1.8), (1.9), (1.4) получим:

$$\frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} = 1 + \frac{1}{k_A} = k.$$

Для понижающего автотрансформатора на соответствии с (1.11), (1.12), (1.4) будем иметь:

$$\frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} = 1 + \frac{k_A}{1 + k_A} = k.$$

Таким образом, при пренебрежении намагничивающим током автотрансформатора в любом случае отношение $\dot{I}_2 / \dot{I}_1$ вещественно и равно k ; поэтому, согласно (1.14),

$$\dot{U}'_2 = \dot{U}_2 k, \quad (1.15)$$

$$\dot{I}'_2 = \dot{I}_2 = \frac{\dot{I}_2}{k}. \quad (1.16)$$

Сопротивление схемы замещения Z_{Σ} , как видно из, рис.1 и соотношения (1.15), в общем виде равно

$$Z_{\Sigma} = \frac{\dot{U}_1 - \dot{U}'_2}{\dot{I}_1} = \frac{\dot{U}_1 - \dot{U}_2 k}{\dot{I}_1}. \quad (1.17)$$

Подставляя в (1.17) $\dot{U}_1$ из (1.7), $\dot{U}_2$ из (1.5), получим с учетом (1.6) и (1.9) для понижающего автотрансформатора:

$$Z_{\Sigma} = Z_{\text{к}}. \quad (1.18)$$

Подставляя в (1.17) $\dot{U}_1$ из (1.10), $\dot{U}_2$ из (1.5), $\dot{I}_1$ из (1.11), получаем с учетом (1.6) и (1.4) для повышающего автотрансформатора:

$$Z_{\Sigma} = Z_{\text{к}} k^2. \quad (1.19)$$

где

$$k = \frac{k_A}{1 + k_A}.$$

ВЫВОДЫ

Из выражений (1.15) – (1.19) следует, что схема замещения автотрансформатора такая же, как у обычного трансформатора, если не считать того, что в сопротивлении короткого замыкания $Z_{\text{к}}$ автотрансформатора приведение сопротивление короткозамкнутой обмотки производится по коэффициенту трансформации k_A , тогда как приведение величин вторичной стороны к первичной стороны к первичной стороне выполняется по коэффициенту k .

Литература

1. Львов Ю.Н. Количество коротких замыканий различной кратности тока в цепях автотрансформаторов 220–750 кВ за срок их службы // Электричество, 1986, №2.
2. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Transformatorlar va avtotransformatorlar. O'quv qo'llanma -T.: «VEKTOR-PRESS», 2010. – 224 b.
3. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. O'quv qo'llanma. -T.: “O'qituvchi” NMIU, 2005. –240 b