

СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ДВУХОБМОТОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В РАСЧЕТАХ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ

Савицкий Н.С.

Научный руководитель – Мышковец Е.В.

По характеру решаемых задач расчеты электрических сетей делятся на две части:

1. Расчеты режимов сетей. Это расчеты напряжений в узловых точках, токов и мощностей в линиях и трансформаторах в определенные промежутки времени.
2. Расчеты выбора параметров. Это расчеты выбора напряжений, параметров линий, трансформаторов, компенсирующих и других устройств.

Для производства выше указанных расчетов, прежде всего, необходимо знать схемы замещения, сопротивления и проводимости линий электропередачи и трансформаторов.

В расчетах электрических сетей с учетом трансформаторов взамен Т-образной схемы замещения, известной из курса электротехники, обычно применяют наиболее простую Г-образную схему замещения, которая значительно упрощает расчеты и не вызывает существенных ошибок.

Получается она следующим образом.

Ветвь намагничивания переносится на зажимы первичной обмотки и оказывается включенной на напряжение U_1 . Это вносит погрешность в математическую модель, так как в действительности ток намагничивания (ток холостого хода) протекает по первичной обмотке. Обычно ток холостого хода силовых трансформаторов меньше одного процента от номинального тока трансформатора, и такое упрощение считается допустимым. Все полученное выше для однофазных трансформаторов можно распространить на каждую фазу трехфазного трансформатора.

Сопротивления и проводимости Г-образной схемы замещения трансформатора, приведенные к напряжению обмотки первичного напряжения, определяются по формулам:

$$R_T = \frac{P_K U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2}; \quad X_T = \frac{U_K U_{\text{НОМ}}^2}{100 S_{\text{НОМ}}};$$

$$G_\mu = \frac{P_x}{U_{\text{НОМ}}^2}; \quad B_\mu = \frac{I_x S_{\text{НОМ}}}{100 U_{\text{НОМ}}^2} = \frac{Q_x}{U_{\text{НОМ}}^2}.$$

В такой схеме замещения отсутствует трансформация, то есть отсутствует идеальный трансформатор. Поэтому в расчетах вторичное напряжение U_2^* оказывается приведенным к напряжению первичной обмотки.

Моделирование элементов схем электрических сетей при использовании специальных программ для расчета их режимов работы удобно выполнять по П-образным схемам замещения. Такую схему замещения можно получить и для трансформатора.

Получим параметры П-образной схемы замещения на основе Г-образной схемы замещения двухобмоточного понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации $n > 1$

Найдем напряжение и ток первичной обмотки:

$$\underline{U}_1 = n \underline{U}_2 + \Delta \underline{U}_T = n \underline{U}_2 + (R_T + jX_T) \frac{I_2}{n}, \quad (1)$$

$$\underline{I}_1 = I_\mu + \frac{I_2}{n} = (G_\mu - jB_\mu) \underline{U}_1 + \frac{I_2}{n} \quad (2)$$

После подстановки (1) в (2) получим

$$\underline{I}_1 = n(G_\mu - jB_\mu) \underline{U}_2 + \frac{1}{n} \left((R_T + jX_T)(G_\mu - jB_\mu) + 1 \right) I_2 \quad (3)$$

Сопоставляя выражения (1) и (3) с уравнениями четырехполюсника

$$\begin{aligned} \underline{U}_1 &= \underline{A}\underline{U}_2 + \underline{B}\underline{I}_2, \\ \underline{I}_1 &= \underline{C}\underline{U}_2 + \underline{D}\underline{I}_2 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \underline{A} &= 1 + \underline{Z}\underline{Y}_2 = n, \\ \underline{B} &= \underline{Z} = \frac{\underline{Z}_T}{n}, \\ \underline{C} &= \underline{Y}_1 + \underline{Y}_1\underline{Z}\underline{Y}_2 + \underline{Y}_2 = n\underline{Y}_\mu, \\ \underline{D} &= 1 + \underline{Z}\underline{Y}_1 = \frac{1}{n}(1 + \underline{Z}_T\underline{Y}_\mu). \end{aligned} \quad (5)$$

Из полученных соотношений можно найти параметры П-образной схемы замещения трансформатора:

$$\begin{aligned} \underline{Z} &= \frac{1}{\underline{Z}_T}, \\ \underline{Y}_1 &= \frac{1}{\underline{Z}_T}(1 - n) + \underline{Y}_\mu, \\ \underline{Y}_2 &= \frac{n}{\underline{Z}_T}(n - 1). \end{aligned} \quad (6)$$