

Зависимость коэффициента трансформации от материала сердечника
Студенты – Малявко Д.О., Шапечко П.Ю.
Руководитель – Логвинович П.Н.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

При включении первичной обмотки трансформатора с замкнутым сердечником в сеть с напряжением $U_1 = 110$ В на разомкнутой вторичной обмотке, имеющей в два раза ($n = 2$) больше витков, напряжение $U_2 = 216,7$ В. Необходимо определить какое напряжение будет на разомкнутой вторичной обмотке, если воспользоваться сердечником того же размера, но из материала с магнитной проницаемостью в $k = 10$ раз меньшей, чем в первом случае. Рассеяние магнитного потока и потери в сердечнике не учитываются. Будем рассматривать режим холостого хода. Поскольку напряжение на вторичной обмотке в первом случае меньше, чем $nU_1 = 220$ В, то это различие вызвано падением напряжения на активном сопротивлении первичной обмотки. Напряжение на индуктивном сопротивлении X_L опережает по фазе ток на $\pi/2$ и, следовательно, на такой же угол напряжение на активном сопротивлении. Поэтому полное напряжение U_1 на первичной обмотке:

$$U_1 = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$$

Напряжение на индуктивном сопротивлении U_L первичной обмотки по модулю равно ЭДС самоиндукции \mathcal{E}_1 , возникающей в первичной обмотке, но противоположно ей по фазе. Напряжение на разомкнутой вторичной обмотке, равно возникающей в ней ЭДС индукции \mathcal{E}_2 . При этом:

$$\mathcal{E}_2/\mathcal{E}_1 = U_2/U_L = n \qquad U_L/U_1 = X_L/\sqrt{X_L^2 + R^2} = [1 + (R/X_L)^2]^{-1/2}$$

Тогда:

$$U_2 = nU_1/\sqrt{1 + (R/X_L)^2}$$

Индуктивное сопротивление первичной обмотки после замены сердечника:

$$X'_L = X_L/k$$

Напряжение на вторичной обмотке после замены сердечника:

$$U'_2 = nU_1/\sqrt{1 + (R/X'_L)^2} = nU_1/\sqrt{1 + (kR/X_L)^2} = nU_1/\sqrt{1 + k^2 [n^2 (U_1/U_2)^2 - 1]}$$

Используя заданные значения, получаем $U'_2 = 110$ В. Напряжение на разомкнутой вторичной обмотке оказалось равным напряжению на первичную обмотку. Таким образом, для нормальной работы трансформатора необходимо, чтобы активное сопротивление R первичной обмотки было мало по сравнению с ее индуктивным сопротивлением.