

46 Работа трансформатора под нагрузкой

Если к вторичной обмотке подключить нагрузку, то под воздействием ЭДС E_2 в ней протекает ток I_2 . Этот ток создает магнитный поток вторичной обмотки, который также состоит из двух частей. Большая его часть замыкается по сердечнику и направлена навстречу потоку, создаваемому в сердечнике первичной обмоткой, пытаясь его уменьшить. Меньшая часть потока вторичной обмотки, поток рассеяния этой обмотки Φ_{S2} , замыкается вокруг неё по воздуху. Этот поток создает ЭДС рассеяния E_{S2} вторичной обмотки

$E_{S2} = -j\chi_2 I_2$, где χ_2 – индуктивное сопротивление вторичной обмотки; I_2 – ток этой обмотки.

По второму закону Кирхгофа для первичной и вторичной цепей трансформатора можно записать следующие уравнения электрического состояния:

$$U_1 = -E_1 - E_{S1} + I_1 r_1;$$

$$U_2 = E_2 + E_{S2} - I_2 r_2,$$

где r_1 и r_2 – активное сопротивление первичной и вторичной обмотки.

Уравнения можно переписать в следующем виде:

$$U_1 = -E_1 + I_1 (r_1 + j\chi_1) = -E_1 + I_1 Z_{1\sigma};$$

$$U_2 = E_2 - I_2 (r_2 + j\chi_2) = E_2 - I_2 Z_{2\sigma},$$

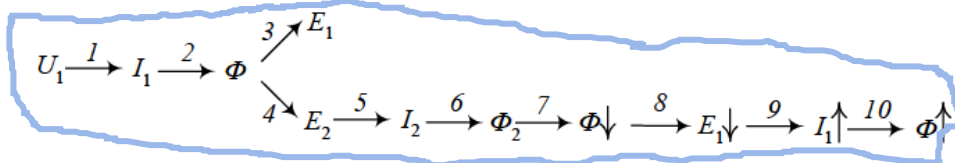
где $Z_{1\sigma}$ и $Z_{2\sigma}$ – полное сопротивление первичной и вторичной обмотки.

Если пренебречь падениями напряжения на сопротивлениях обмоток трансформатора ($I_1 Z_{1\sigma}$ и $I_2 Z_{2\sigma}$), которые обычно не превышают 3...5 % от номинальных значений напряжений U_1 и U_2 , то можно считать, что

$$U_1 \approx E_1 \text{ и } U_2 \approx E_2$$

Анализируя эти выражения можно отметить, что, при постоянном значении напряжения на первичной обмотке, постоянным остается и значение магнитной индукции в магнитопроводе трансформатора. Следовательно, можно считать, что изменение тока нагрузки практически не вызывает изменение магнитного потока в трансформаторе.

Режим нагрузки трансформатора можно описать следующей логической схемой:



1–4 – описаны выше; 5 – так как к вторичной обмотке подключена нагрузка, ее ЭДС E_2 вызовет ток нагрузки ; 6 – протекая по вторичной обмотке, ток нагрузки I_2 , создает магнитный поток Φ_2 ; 7 – магнитный поток Φ_2 от вторичной обмоткой, направлен встречно основному магнитному потоку Φ и уменьшает его; 8 – уменьшение основного магнитного потока Φ приведет к уменьшению ЭДС первичной обмотки E_1 ; 9 – согласно уравнению равновесия напряжений первичной стороны трансформатора, уменьшение ЭДС E_1 , приведёт к увеличению тока первичной обмотки I_1 ; 10 – увеличение тока I_1 приведет к возрастанию основного магнитного потока Φ .

Таким образом, любое изменение нагрузки I_2 вызовет такое изменение первичного тока I_1 , чтобы магнитный поток остался неизменным.

Для магнитной цепи трансформатора можно записать уравнение магнитодвижущих сил (МДС) в следующем виде $I_1 w_1 + I_2 w_2 = I_0 w_1$, где I_0 – намагничивающий ток, часть тока первичной обмотки, которая создает магнитный поток.

Уравнения образуют систему, с помощью которой можно анализировать процессы в трансформаторе, возникающие в различных режимах его работы.

При работе под нагрузкой сопротивление потребителя энергии, подключаемого к вторичной обмотке трансформатора, больше нуля, но меньше бесконечности.

Потребители энергии, подключаемые к вторичной обмотке, создают в ней ток I_2 . Являясь индуктированным, ток вторичной обмотки по правилу Ленца противодействует причине, его вызывающей. В результате магнитный поток, создаваемый этим током, стремится уменьшить поток в сердечнике, образованный первичной обмоткой. Ранее было отмечено, что магнитный поток в сердечнике трансформатора практически не зависит от значения тока нагрузки, а, следовательно, и значение намагничивающего тока I_0 не изменяется. Поэтому, в соответствии с уравнением МДС, размагничивающее действие тока вторичной обмотки компенсируется увеличением тока в первичной обмотке. Ток первичной обмотки увеличится настолько по сравнению с током холостого хода, что создаваемый им дополнительный магнитный поток полностью скомпенсирует собой поток вторичной обмотки и результирующий поток в сердечнике трансформатора практически не изменится. Строго говоря, он несколько

уменьшится, так как с увеличением тока первичной обмотки возрастает падение напряжения на её сопротивлении и противоэлектродвижущая сила в ней уменьшается.

Таким образом, в трансформаторе автоматически изменяется величина тока, поступающего из сети в соответствии с изменением нагрузки.

Вследствие такого изменения тока первичной обмотки и осуществляется переход энергии из первичной цепи во вторичную электромагнитным путем. Вторичная обмотка является источником энергии для потребителей, подключаемых к ней.

Как следует из уравнений, изменение тока нагрузки вызывает изменение напряжения на вторичной обмотке трансформатора.

Данное изменение объясняется падением напряжения на сопротивлении обмоток трансформатора. Для оценки степени изменения вторичного напряжения трансформатора при изменении параметров нагрузки вводится специальный показатель, называемый процентным изменением напряжения.

Процентное изменение напряжения равно:

$$\Delta u\% = \left(\frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} \right) \cdot 100 \%$$