Основная формула трансформаторной ЭДС

Возьмем катушку с ферромагнитным сердечником и вынесем отдельным элементом омическое сопротивление обмотки, как это показано на рис. 2.8 [3].

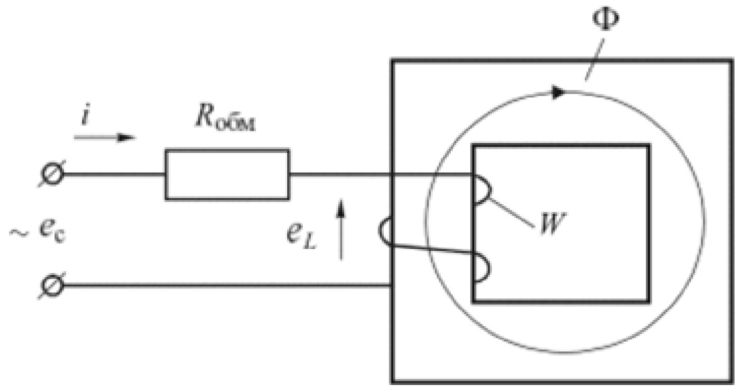

Рис. 2.8. К выводу формулы трансформаторной ЭДС

При включении переменного напряжения e_c в катушке согласно закону электромагнитной индукции, возникает ЭДС самоиндукции

$$e_L = -\frac{d\psi}{dt} = -W\frac{d\Phi}{dt}, \qquad (2.8)$$

где ψ - потокосцепление;
W- число витков в обмотке;
Φ - основной магнитный поток.

Потоком рассеяния пренебрегаем. Приложенное к катушке напряжение и наведенная ЭДС уравновешиваются. По второму закону Кирхгофа для входной цепи можно записать:

$$e_c + e_L = iR_{обм}, \qquad (2.9)$$

где $R_{обм}$ - активное сопротивление обмотки.

Поскольку ***e* - *i*R$_{обм}$** падением напряжения на омическом сопротивлении пренебрегаем, тогда

$$e_c \approx -e_L = W\frac{d\Phi}{dt}.$$

Если напряжение сети гармоническое,

$$e_c = E_m \cos \omega t,\ \text{то}\ E_m \cos \omega t = W\frac{d\Phi}{dt} \quad \text{откуда} \quad \frac{d\Phi}{dt} = \frac{E_m}{W}\cos\omega t$$

Найдем магнитный поток. Для этого берем неопределенный интеграл от правой и левой частей. Получаем:

$$\Phi = \int \frac{E_m}{W} \cos\omega t \; dt = \frac{E_m}{W\omega} \sin\omega t + c, \qquad (2.10)$$

но поскольку магнитопровод считаем линейным, в цепи протекает только гармонический ток и нет постоянного магнита или постоянной составляющей, постоянная интегрирования c = 0. Тогда дробь перед гармоническим

множителем есть амплитуда магнитного потока $\Phi_m = \dfrac{E_m}{W\omega}$, откуда выразим $E_m = \Phi_m W\omega$.

Его действующее значение

$$U = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{\Phi_m W\omega}{\sqrt{2}} = \frac{\Phi_m W \cdot 2\pi f}{\sqrt{2}} = \Phi_m Wf \cdot 4{,}44$$

или получаем

$$U = 4{,}44 WfsB_m, \qquad (2.11)$$

где s - сечение магнитопровода (сердечника, стали).

Выражение (2.11) называют основной формулой трансформаторной ЭДС, которая справедлива только для гармонического напряжения. Обычно ее видоизменяют и вводят так называемый коэффициент формы, равный отношению действующего значения к среднему:

$$k_{\text{ф}} = \frac{E_{\text{действующее}}}{E_{\text{среднее}}}. \qquad (2.12)$$

Найдем его для гармонического сигнала, но среднее значение находим на интервале 0...Л:

$$e_{\text{c}} = E_m \cos\omega t;$$

$$E_{\text{ср}} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} E_m \cos\omega t \; d\omega t = \frac{2E_m}{\pi} \sin\omega t \Big|_0^{\pi/2} = \frac{2E_m}{\pi},$$

Тогда коэффициент формы будет $k_{\text{ф}} = \dfrac{E_m}{\sqrt{2}} \dfrac{\pi}{2E_m} = 1{,}11$, и основная формула

трансформаторной ЭДС принимает окончательный вид:

$$U = 4k_{\text{ф}} WfsB_m. \qquad (2.13)$$

Если сигнал - меандр, то амплитудное, действующее и среднее значения за половину периода равны между собой и его Аф = 1. Можно найти коэффициент формы и для других сигналов. Основная формула трансформаторной ЭДС будет справедлива.

Построим векторную диаграмму катушки с ферро магнитным сердечником. При синусоидальном напряжении на зажимах катушки ее магнитный поток тоже синусоидальный и отстает по фазе от напряжения на угол л/2, как показано на рис. 2.9, *а*.

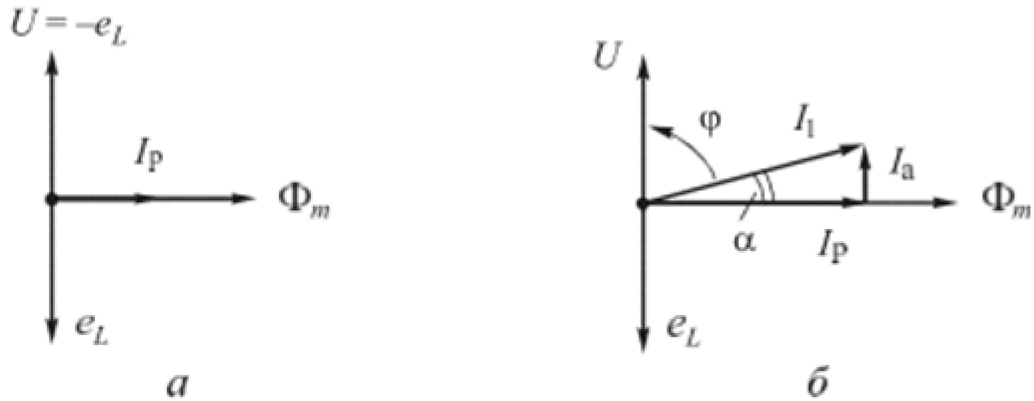

Рис. 2.9. Векторная диаграмма катушки с ферро магнитным сердечником:
а - без потерь; б- с потерями

В катушке без потерь намагничивающий ток - реактивный ток (/$_{р}$) совпадает по фазе с магнитным потоком Ф„, Если имеют место потери в сердечнике *(Р*$_{ш}$г ф 0), то угол 90° - ф = а - угол потерь.

Активная составляющая тока /$_{а}$ характеризует потери в магнитопроводе.