

ПОТЕРИ И КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

Семяшкин Станислав
Гр.1166

Введение

При передаче энергии из первичной обмотки трансформатора во вторичную возникают электрические потери мощности в активных сопротивлениях первичной и вторичной обмоток $\Delta P_{\text{эл1}}$ и $\Delta P_{\text{эл2}}$, а также магнитные потери в стали магнитопровода $\Delta P_{\text{м}}$ (от вихревых токов и гистерезиса).

Энергетическая диаграмма

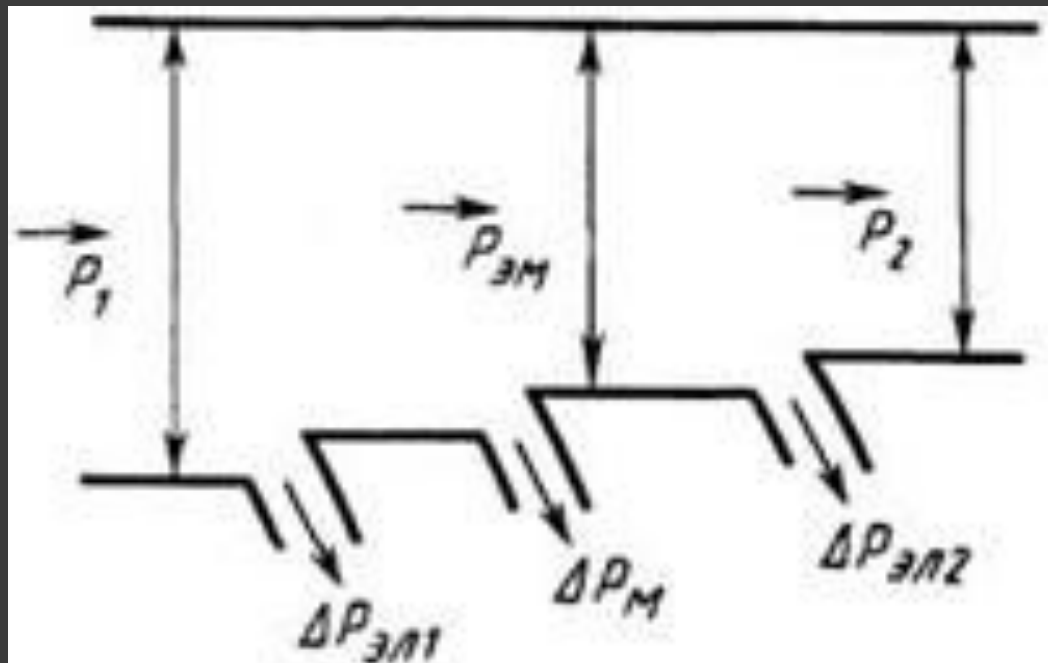
Уравнение баланса активной мощности в трансформаторе можно записать в виде $P_2 = P_1 - \Delta P_{\text{эл1}} - \Delta P_{\text{эл2}} - \Delta P_{\text{м}}$, где:

P_1 – потребляемая из сети

P_2 отдаваемая в нагрузку,

$\Delta P_{\text{эл1}}$, $\Delta P_{\text{эл2}}$ мощность потерь в первичной и вторичной обмотках

$\Delta P_{\text{м}}$ мощность потерь в магнитопроводе.

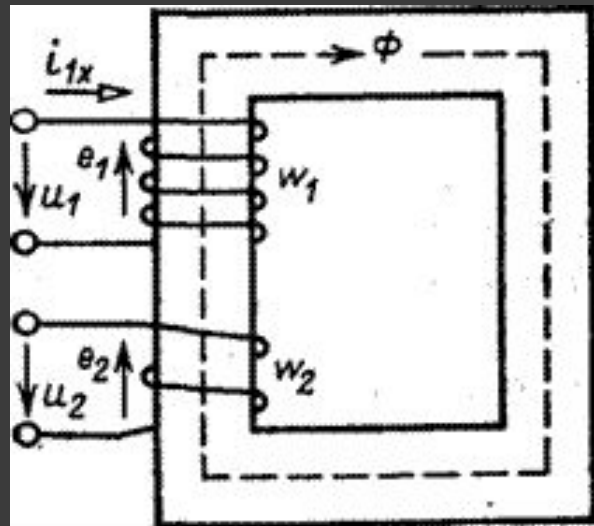


Высокие значения КПД трансформаторов не позволяют определять его с достаточной степенью точности путем непосредственного измерения мощностей P_1 и P_2 , поэтому его вычисляют косвенным методом по значению потерь мощности.

Определение магнитных потерь магнитопровода

Магнитные потери в магнитопроводе принято считать в режиме холостого хода трансформатора, то есть когда $\Delta P_{эл} = 0$

Значит суммарные потери мощности в таком режиме равны потерям в магнитопроводе



$$\Delta P_M \approx P_0$$

Режим холостого хода трансформатора

Рис. 2.5

Определение электрических потерь

Если полагать, что $I_1 = I_2$ то

$$\Delta P_{\text{эл}} = \Delta P_{\text{эл1}} + \Delta P_{\text{эл2}} = I_2^2 R_k$$

или

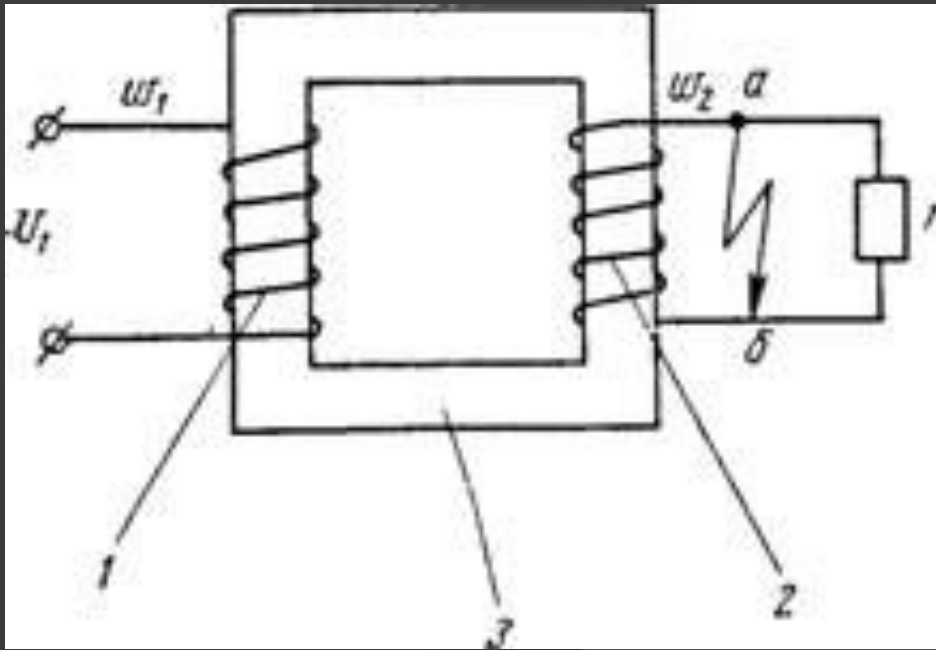
$$\Delta P_{\text{эл}} = \beta^2 \Delta P_{\text{эл.ном}},$$

где $\Delta P_{\text{эл.ном}}$ — суммарные электрические потери при номинальной нагрузке,

β — коэффициент нагрузки трансформатора.

Величину $\Delta P_{\text{эл.ном}} \approx I_{1\text{ном}}^2 R_{\text{к}}$ принимают за $P_{\text{к}}$ – мощность, потребляемая трансформатором в режиме короткого замыкания при фиксированном токе. Тогда:

$$\Delta P_{\text{эл}} = \beta^2 P_{\text{к}}$$



Режим короткого замыкания

КПД трансформатора

Коэффициентом полезного действия трансформатора называют отношение отдаваемой мощности P_2 к мощности P_1 :

$$\eta = P_2 / P_1 = (U_2 I_2 \cos \varphi_2) / (U_1 I_1 \cos \varphi_1)$$

или

$$\eta = (P_1 - \Delta P) / P_1 = 1 - \Delta P / (P_2 + \Delta P)$$

где ΔP —суммарные потери в трансформаторе.

Расчет КПД с помощью полных потерь трансформатора

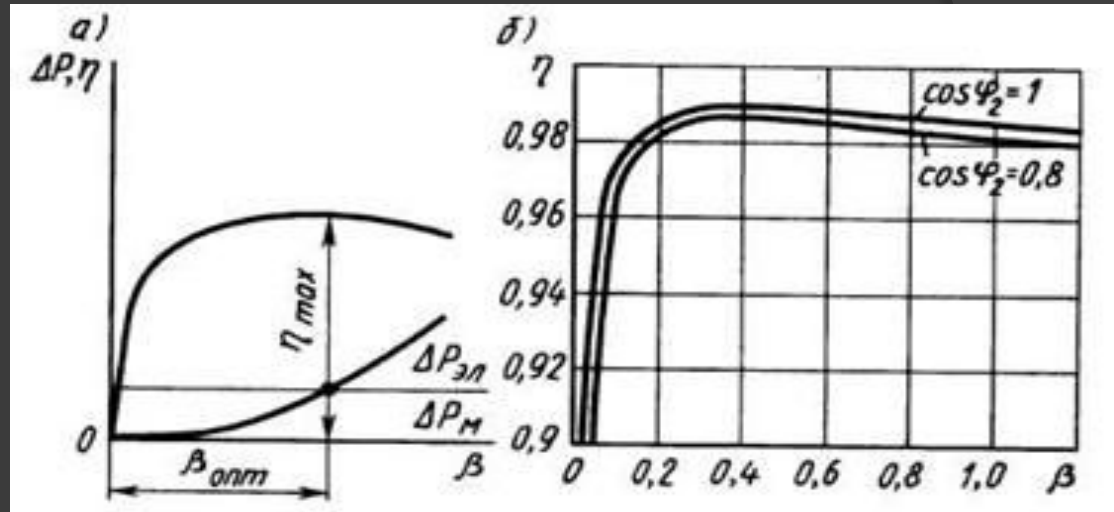
Подставляя полученные значения ΔP и учитывая, что $P_2 = \beta S_{\text{ном}} \cos \varphi_2$ находим:

$$\eta = 1 - (\beta^2 P_k + P_0) / (\beta S_{\text{ном}} \cos \varphi_2 + \beta^2 P_k + P_0)$$

Эта формула рекомендуется ГОСТом для определения КПД трансформатора. Значения P_0 и P_k для силовых трансформаторов приведены в соответствующих стандартах и каталогах.

Зависимость КПД от нагрузки

По итоговой формуле можно построить зависимость КПД от нагрузки:



Нетрудно вычислить оптимальный коэффициент нагрузки $\beta_{опт}$, при котором КПД имеет максимальное значение

$$\beta_{опт}^2 P_k = P_0 \text{ или } \Delta P_{эл} = \Delta P_{м}$$

Для серийных силовых трансформаторов:

$$\beta_{опт} \approx 0,45 \dots 0,5$$

Перспективы развития

- Если общая β_n ниже $\beta_{\text{опт}}$, целесообразно довести нагрузку до оптимальной величины в целях энергосбережения, отключив один или несколько трансформаторов.
- Современные трансформаторы с пониженным уровнем потерь позволяют снизить их на 20-60%.

Список используемой литературы

- Китунович Ф.Г. "Электротехника" 3-е изд., переработанное и дополненное. Минск. «Высш. Школа», 1991.
- <http://www.energsovet.ru>
- <http://elektro-tex.ru>
- <http://4energetic.ru>
- <http://electricalschool.info>
- <http://ru.wikipedia.org>

Спасибо за внимание!