

50 Потери и КПД трансформатора

При работе трансформатора в нём имеют место два вида потерь: магнитные и электрические.

Магнитные потери ΔP_M – это потери в магнитопроводе трансформатора. Они складываются из потерь на *перемагничивание* магнитопровода (гистерезис) и потерь на *вихревые токи*.

Величина магнитных потерь зависит от значения магнитной индукции в магнитопроводе трансформатора, частоты её изменений, марки и толщины пластин электротехнической стали из которой набран магнитопровод.

Ввиду того, что магнитный поток при неизменных U_1 и f практически постоянен, то величина магнитных потерь также практически *неизменна*, т. е. не зависит от нагрузки трансформатора и практически равна потерям мощности при холостом ходе, $\Delta P_M = P_0$.

Электрические потери $\Delta P_{эл}$ – это потери на нагрев обмоток трансформатора протекающими по ним токами:

$$\Delta P_{эл} = \Delta P_{эл1} + \Delta P_{эл2} = I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2 = I_1^2 r_K.$$

Величина электрических потерь зависит от нагрузки трансформатора.

В связи с вышеприведенным магнитные потери называют постоянными, электрические переменными.

Так как $I_1 = \beta I_{1H}$, то

$$\Delta P_{эл} = \beta^2 (I_{1H}^2 r_K) = \beta^2 P_{KH}$$

где β – коэффициент нагрузки;

ΔP_{KH} – мощность потерь в опыте короткого замыкания.

Суммарные потери в трансформаторе

$$\Delta P = \Delta P_M + \Delta P_{эл} = P_0 + \beta^2 P_{KH}$$

Коэффициент полезного действия трансформатора представляет собой отношение активной мощности P_2 на выходе трансформатора к активной мощности P_1 на его входе

Учитывая, что $P_2 = S_H \cos \varphi_2$, имеем

$$\eta = \frac{\beta S_H \cos \varphi_2}{\beta S_H \cos \varphi_2 + (P_0 + \beta^2 P_{KH})}$$

где $S_H = U_{2H} \cdot I_{2H}$ – номинальная полная мощность однофазного трансформатора.

Значения P_0 и $P_{\text{кн}}$ для силовых трансформаторов приводятся в соответствующих каталогах.

Анализ уравнения показывает, что $\eta = f(\beta)$. Оптимальный коэффициент нагрузки $\beta_{\text{опт}}$, при котором КПД имеет максимальное значение может быть найден, если приравнять производную нулю.

КПД имеет максимум при такой нагрузке, когда электрические потери в обмотках равны магнитным потерям в стали.

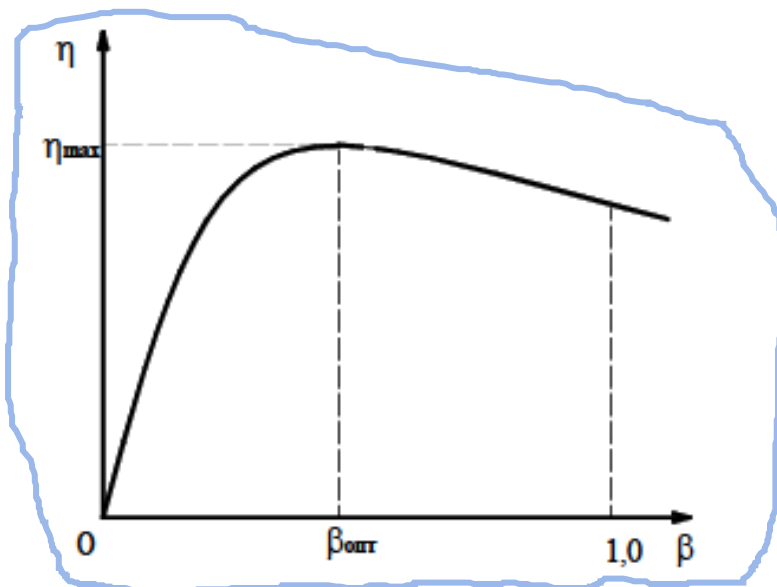


Рисунок 1.15 – Зависимость КПД трансформатора от коэффициента нагрузки при $\cos \varphi_2 = \text{const}$

$$\beta_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{P_0}{P_{\text{кн}}}}$$

Для большинства трансформаторов $\beta_{\text{опт}} = 0,5 \dots 0,7$.

Зависимость $\eta = f(\beta)$ при $\cos \varphi_2 = \text{const}$ представлена на рисунке 1.15. В мощных трансформаторах максимальное значение КПД может достигать весьма высоких значений (0,98–0,99). В трансформаторах малой мощности η_{max} может снижаться до 0,6 при $S_{\text{н}}$ до 10 ВА.