

Важне формуле из енергетских трансформатора

$U_1 = 4,44 f N_1 B_m S_{Fe}$, $S_{Fe} = K_{Fe} \cdot \alpha_{Fe} \cdot S_0$, где су: U_1 -ефективна вредност примарног напона, f -учестаност примарног напона, B_m -максимална вредност индукције, S_{Fe} -површина пресека чистог гвожђа, S_0 -површина круга који описује стуб магнетског кола, K_{Fe} и α_{Fe} коефицијенти испуне гвожђа и круга респективно.

$P_{Fe} = P_H + P_V$, $P_H = k_H f B_m^n$, $P_V = k_V f^2 B_m^2$, где су: P_{Fe} -укупни губици у гвожђу, P_H и P_V губици услед хистерезиса и вихорних струја респективно, k_H и k_V константе које зависе од конструкције и употребљених материјала, n - Штајнмицов коефицијент.

$f B_m \sim U \Rightarrow P_H \sim (U)^n f^{1-n}$, $P_V \sim U^2 \Rightarrow$ за простопериодично напајање

Заменска шема трофазних трансформатора:

$$I_{nf}^Y = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{nl}} \text{ - за спреге Y и Z; } \quad I_{nf}^\Delta = \frac{S_n}{3 \cdot U_{nl}} \text{ - за спрегу } \Delta(D)$$

$$R_{af} = \frac{U_{0f}^2}{P_0/3}, \quad I_{af} = \frac{U_{0f}}{R_{af}}, \quad I_{\mu f} = \sqrt{I_{0f}^2 - I_{af}^2}, \quad X_{\mu f} = \frac{U_{0f}}{I_{\mu f}}$$

$$R_{kf} = \frac{P_k}{3 \cdot I_{kf}^2}, \quad Z_{kf} = \frac{U_{kf}}{I_{kf}}, \quad X_{kf} = \sqrt{Z_{kf}^2 - R_{kf}^2}, \quad R_1 \approx R_2' = \frac{R_{kf}}{2}, \quad X_{\sigma 1} \approx X_{\sigma 2}' = \frac{X_{kf}}{2}$$

$$u_{k\%} = z_{k\%} = \frac{U_{kf}}{I_{kf}} \cdot 100, \quad u_{r\%} = \frac{P_k}{S_n} \cdot 100, \quad u_{x\%} = \sqrt{u_{k\%}^2 - u_{r\%}^2}, \quad j_0 = \frac{I_{0f}}{I_{nf}} \cdot 100$$

Пад напона:
$$\left. \begin{aligned} a &= \alpha\beta(u_{r\%} \cos \varphi + u_{x\%} \sin \varphi) \\ b &= \alpha\beta(u_{x\%} \cos \varphi - u_{r\%} \sin \varphi) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta u_{\%} = a + \frac{b^2}{200}, \quad \alpha = \frac{U_1}{U_{1n}}, \quad \beta = \frac{S}{S_n} = \frac{I}{I_n}$$

Степен искоришћења снаге:
$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{\alpha\beta S_n \cos \varphi}{\alpha\beta S_n \cos \varphi + \alpha^2 P_{0n} + \beta^2 P_{kn}}$$

Реактанса расипања:
$$X_k = \omega\mu_0\pi \frac{D_m k_R}{h} \left(\delta + \frac{a+b}{3} \right) N^2, \quad k_R = 1 - \frac{a+\delta+b}{\pi h}$$

где су: D_m - средњи пречник намотаја, a и b - ширине примара и секундара респективно, δ - ширина радијалног канала, h - висина намотаја, N - број навојака примара, k_R - коефицијент Роговског.

Филдов сачинилац за правоугаоне проводнике: $k_F = 1 + \left(\frac{\pi \mu_0 f}{\rho} \right)^2 \frac{m^2 q^4}{9}$, где су: f -

фреквенција струје, ρ - специфична проводност метала од кога су сачињени проводници, m - број слојева вишеслојног намотаја, q - ширина проводника.

Прерачунавање отпорности са променом температуре (за бакар):

$k_\theta = \frac{235 + \theta_2}{235 + \theta_1}$, $R_{\theta_2} = k_\theta \cdot R_{\theta_1}$, где је: θ_1 - температура са које се прерачунава отпорност,

θ_2 - температура на коју се прерачунава отпорност.

$P_{Cu, \theta_2} = k_\theta P_{Cu, \theta_1}$, где су P_{Cu} - губици у баку при једносмерној струји

$P_{d, \theta_2} = \frac{P_{d, \theta_1}}{k_\theta}$, где су P_d - додатни губици услед вихорних струја у намотајима

$P_{k, \theta_2} = P_{Cu, \theta_2} + P_{d, \theta_2}$, укупни губици у баку (губици кратког споја)

Пораст температуре: $\theta = \theta_m (1 - e^{-t/T}) + \theta_0 e^{-t/T}$, $\theta_m = \frac{P_{0n} + \beta^2 P_{kn}}{P_{0n} + P_{kn}} \theta_{mn}$, $\theta = \theta - \theta_a$,

$\theta_0 = \theta - \theta_a$, где су: θ [K]- пораст температуре трансформатора који се посматра као хомогено тело, θ_m [K]- максимални пораст температуре при задатом оптерећењу (пораст температуре који се достиже у стационарном стању), θ_{mn} [K]- максимални номинални пораст температуре (65K за класу А изолације-папир и уље), θ_a [°C] - температура амбијента, θ_0 [K] – почетни пораст температуре, T – термичка временска константа трансформатора ако се посматра као хомогено тело.

Хлађење: $\theta = \theta_{\max} e^{-t/T}$, где је θ_{\max} [K] температура коју је имао трансформатор при започињању процеса хлађења.

Константе:

$\rho_{Cu} = \frac{1}{57} \cdot 10^{-6} \Omega m$ - специфична проводност бабра на 20°C

$\gamma_{Fe} = 7600 \text{ kg} / m^3$ - специфична густина гвожђа (са урачунатом изолацијом између лимова)

$\gamma_{Cu} = 8900 \text{ kg} / m^3$ - специфична густина бабра