MACCHINE ELETTRICHE	**19 febbraio 2019**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Di un trasformatore trifase ($P_n = 200$ kVA, $V_{1n} = 20$ kV, $V_{2n} = 400$ V) si conoscono i seguenti parametri:

Fattore di potenza di c.c.	Corrente a vuoto	Perdite a vuoto
$cos\varphi_{cc} = 0.38$	$i_{0\%} = 2.5\ \%$	$p_{0\%} = 0.8\ \%$

Alimentando il primario alla tensione V_{1n} e collegando il secondario ad un carico con fattore di potenza $cos\varphi_e$ =0.866, il trasformatore lavora con grado di carico α =0.8, dando luogo ad una variazione di tensione da vuoto a carico $\Delta v_{\%} = 2.53\%$.

Con riferimento al circuito equivalente semplificato riferito al primario, determinare:

- la tensione sul carico V_2 e l'impedenza di carico $\dot{Z}_e = R_e + jX_e$
- i parametri del circuito equivalente R_0, X_0, R', X';
- la tensione corto circuito $v_{cc\%}$ (in percentuale);
- la corrente assorbita I_1,il fattore di potenza $cos\varphi_1$ ed il rendimento η;
- il rendimento η' quando viene applicato al secondario un carico puramente ohmico $R'_e = Z_e$, con primario sempre alimentato alla tensione V_{1n}.

Dati

$P_n = 200\text{kVA}$, $V_{1\text{n}} = 20\text{kV}$, $V_{2\text{n}} = 400V$, $i_{0\%} = 2.5\%$, $p_{0\%} = 0.8\%$, $cos\varphi_{cc} = 0.38$

$cos\varphi_e = 0.866$, $\alpha = 0.8$, $\Delta\text{v}_{\%} = 2.53\%$

Soluzione

Grandezze nominali

$I_{1\text{n}} = \frac{P_n}{\sqrt{3}\cdot V_{1\text{n}}} = 5.774A$ $K = \frac{V_{1\text{n}}}{V_{2\text{n}}} = 50$ $I_{2n} = K \cdot I_{1\text{n}} = 288.675A$

Parametri a vuoto

$P_0 = p_0 \cdot P_n = 1600W$ $I_0 = i_0 \cdot I_{1\text{n}} = 0.144A$ $\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}\cdot V_{1\text{n}}\cdot I_0} = 0.32$

$\varphi_0 = \arccos(\cos\varphi_0) = 71.34°$ $I_0 = I_0 \cdot e^{-i\cdot\varphi_0} = (0.046 - 0.137 \cdot i)A$ $I_a = \text{Re}(I_0) = 0.046A$

$I_\mu = -\text{Im}(I_0) = 0.137A$ $R_0 = \frac{{V_{1\text{n}}}^2}{P_0} = 250\text{k}\Omega$ $X_0 = \frac{V_{1\text{n}}}{\sqrt{3}\cdot I_\mu} = 84.44\text{k}\Omega$

Corrente, potenza e tensione sul carico

$I_{12} = \alpha \cdot I_{1n} = 4.62A$ $\Delta V_{12} = \Delta v_{\%} \cdot V_{1n} = 506V$ $V_{12} = (V_{1n} - \Delta V_{12}) = 19494V$

$V_2 = \frac{V_{12}}{K} = 389.88V$

$\varphi_e = \arccos(\cos\varphi_e) = 30°$ $\sin\varphi_e = \sin(\varphi_e) = 0.5$ $Z_{1e} = \frac{V_{12}}{\sqrt{3}\cdot I_{12}} = 2436.75\Omega$

$R_{1e} = Z_{1e} \cdot \cos\varphi_e = 2110.23\Omega$ $X_{1e} = Z_{1e} \cdot \sin\varphi_e = 1218.48\Omega$

$R_e = \frac{R_{1e}}{K^2} = 0.844\Omega$ $X_e = \frac{X_{1e}}{K^2} = 0.487\Omega$

Resistenza di fase e tensione di alimentazione

$\varphi_{cc} = \arccos(\cos\varphi_{cc}) = 67.67°$ $\tan\varphi_{cc} = \tan(\varphi_{cc}) = 2.434$

$\Delta V_{12} = \sqrt{3} \cdot I_{12} \cdot (R' \cdot \cos\varphi_e + X' \cdot \sin\varphi_e)$ $\frac{X'}{R'} = \tan\varphi_{cc}$ $\frac{\Delta V_{12}}{\sqrt{3}\cdot I_{12}} = (R' \cdot \cos\varphi_e + R' \cdot \sin\varphi_e \cdot \tan\varphi_{cc})$

$Z_{\Delta 12} = \frac{\Delta V_{12}}{\sqrt{3}\cdot I_{12}} = 63.25\Omega$ $R' = \frac{Z_{\Delta 12}}{\cos\varphi_e + \sin\varphi_e \cdot \tan\varphi_{cc}} = 30.36\Omega$ $X' = R' \cdot \tan\varphi_{cc} = 73.91\Omega$

$Z_{1cc} = \sqrt{R'^2 + X'^2} = 79.9\Omega$ $V_{1cc} = \sqrt{3} \cdot Z_{1cc} \cdot I_{1n} = 799V$ $v_{cc} = \frac{V_{1cc}}{V_{1n}} = 4\%$

Corrente assorbita e rendimento

$\varphi_{12} = \arctan\left(\frac{X'+X_{1e}}{R'+R_{1e}}\right) = 31.12°$ $I_{12} = I_{12} \cdot e^{-i\cdot\varphi_{12}} = (3.954 - 2.387 \cdot i)A$

$I_1 = I_0 + I_{12} = (4 - 2.524 \cdot i)A$ $|I_1| = 4.73A$ $\cos\varphi_1 = \cos(\arg(I_1)) = 0.846$

$P_1 = \sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot |I_1| \cdot \cos\varphi_1 = 138.57\text{kW}$ $P_e = 3 \cdot R_{1e} \cdot |I_{12}|^2 = 135.05\text{kW}$ $\eta = \frac{P_e}{P_1} = 97.46\%$

Calcolo rendimento con R_{1e}=Z_e

$R'_{1e} = Z_{1e} = 2436.75\Omega$ $I'_{12} = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\cdot\sqrt{(R'+R'_{1e})^2+X'^2}} = 4.678A$

$P'_{ep} = 3 \cdot R' \cdot |I'_{12}|^2 = 1994\text{W}$ $P'_e = 3 \cdot R'_{1e} \cdot |I'_{12}|^2 = 160\text{kW}$ $\eta' = \frac{P'_e}{P'_e + P_0 + P'_{ep}} = 97.8\%$