

ESERCITAZIONE 3

1.

ESERCIZIO 1

Un trasformatore monofase ha i seguenti dati di targa:

$$A_n = 30 \text{ kVA} \quad V_{1n} = 10000 \text{ V} \quad f = 50 \text{ Hz}$$

Della macchina sono noti:

$$\begin{aligned} \text{numero di spire dell'avvolgimento primario :} & \quad N_1 = 2500 \\ \text{numero di spire dell'avvolgimento secondario :} & \quad N_2 = 250 \\ \text{sezione del nucleo magnetico :} & \quad S = 200 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Determinare :

- 1) il valore massimo dell'induzione nel nucleo magnetico
- 2) la corrente secondaria nominale
- 3) la tensione con la quale si deve alimentare il primario del trasformatore perché lavori con il valore di induzione precedente, ma con frequenza della tensione di alimentazione di 60 Hz.

Soluzione

1) Trascurando le cadute di tensione dovute alla resistenza ed alla reattanza di dispersione dell'avvolgimento primario ed ammettendo la tensione V_{1n} sinusoidale, si ha:

$$V_{1n} = E_1 = 4.44 \cdot f \cdot N_1 \cdot \phi_{\text{Max}}$$

Da cui essendo $\phi_{\text{Max}} = B_{\text{Max}} S$ possiamo ricavare il valore massimo dell'induzione:

$$B_{\text{Max}} = \frac{V_{1n}}{4.44 \cdot f \cdot N_1 \cdot S} = 0.9 \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$$

2) La corrente nominale secondaria vale:

$$I_{2n} = \frac{A_n}{V_{20}}$$

Dove $V_{20} = \frac{V_{1n}}{K_0} = \frac{10000}{10} = 1000 \text{ V}$ e con K_0 si intende il rapporto di trasformazione a vuoto che è praticamente coincidente con il rapporto spire). Da cui si ricava

$$I_{2n} = 30 \text{ A}$$

3) La nuova tensione di alimentazione è naturalmente data da

$$V_1' = 4.44 \cdot f \cdot N_1 \cdot B_{\text{Max}} \cdot S = 12000 \text{ V}$$

2.

ESERCIZIO 1 (tratto dal tema d'esame del 9/9/05)

Ad un trasformatore monofase di potenza nominale $A_n = 70$ kVA e rapporto di trasformazione $K = V_{1n} / V_{20} = 500$ V / 10000 V, $f_n = 50$ Hz a è connesso un carico che assorbe a $V_2 = 8000$ V, $I_2 = 5$ A a $\cos \phi_2 = 0,8$. La prova di corto circuito e la prova a vuoto hanno fornito i seguenti risultati:

Prova di corto circuito: $P_{cc\%} = 5\%$, $\cos \phi_{cc} = 0,5$

Prova a vuoto: $P_{o\%} = 0,4\%$, $\cos \phi_o = 0,2$

Si determinino:

- 1) Tensione di alimentazione V_1 e la corrente I_1 del trasformatore e il $\cos \phi_1$

*[Si procede utilizzando il metodo di Boucherot partendo dal carico e risalendo fino lato primario. La potenza attiva e reattiva assorbite dal carico sono pari a $P_2 = V_2 * I_2 * \cos \phi_2 = 32$ kW e $Q_2 = P_2 * \tan \phi_2 = 24$ kVar. I parametri serie si calcolano a partire dai risultati della prova in corto circuito: $P_{cc} = (p_{cc\%}/100) * A_n = 3.5$ kW, da cui si ricava $R_c = P_{cc} / I_2^2 = 71.429$ Ω , dove $I_2 = A_n / V_{20} = 7$ A, $X_c = R_c * \tan \phi_c = 123.72$ Ω . Chiamando sezione B la sezione che comprende l'impedenza serie $R_c - X_c$, si ottiene $P_b = P_2 + R_c * I_2^2 = 33.79$ kW e $Q_b = Q_2 + X_c I_2^2 = 27.09$ kVar. La tensione V_b è pari a $V_b = (\sqrt{P_b^2 + Q_b^2}) / I_2 = 8.66$ kV. Chiamando k il rapporto di trasformazione $(V_{1n} / V_{20}) = 0.05$, si ha che la tensione V_b riportata al primario del trasformatore è pari a $V_b' = V_b * k = 433.07$ V. E' ora necessario ricavare i parametri derivati: $P_o = (P_{o\%}/100) * A_n = 280$ W, $Q_o = P_o * \tan \phi_o = 1.372$ kVar, da cui si ricava $X_o = V_{1n}^2 / Q_o = 182.254$ Ω e $R_o = V_{1n}^2 / P_o = 892.85$ Ω . Chiamando A la sezione primaria del trasformatore si ottiene $P_a = P_b + V_b'^2 / R_o = 34$ kW e $Q_a = Q_b + V_b'^2 / X_o = 28.12$ kVar $V_a = V_b'$, $I_a = (\sqrt{P_a^2 + Q_a^2}) / V_b' = 101.87$ A e $\cos \phi_a = P_a / (V_b' * I_a) = 0.771$]*

3.

Un trasformatore monofase di potenza nominale $A_n = 240$ kVA e rapporto di trasformazione $K = V_{1n} / V_{20} = 2000$ V / 5000 V, $f_n = 50$ Hz è connesso un carico sul secondario che assorbe una corrente pari alla nominale e ha una tensione $V_2 = 3000$ V a $\cos \phi_2 = 0,8$ in ritardo (carico ohmico-induttivo). La prova di corto circuito e la prova a vuoto hanno fornito i seguenti risultati:

Prova di corto circuito: $v_{cc\%} = 3\%$, $p_{cc\%} = 1,8\%$

Prova a vuoto: $I_{o\%} = 1\%$, $\cos \phi_o = 0,2$

Si determinino la tensione primaria V_1 , la corrente I_1 assorbita e il $\cos \phi_1$.

*[Si procede utilizzando il metodo di Boucherot partendo dal carico e risalendo fino lato primario. La potenza attiva e reattiva assorbite dal carico sono pari a $P_2 = V_2 * I_2 * \cos \phi_2 = 11.52$ kW e $Q_2 = P_2 * \tan \phi_2 = 86.4$ kVar, dove $I_2 = A_n / V_{20} = 48$ A. Poiche' il trasformatore lavora a corrente nominale non è necessario calcolare i parametri serie ma è sufficiente calcolare la potenza attiva e reattiva di corto circuito. Dai risultati della prova in corto circuito: $P_{cc} = (p_{cc\%}/100) * A_n = 4.32$ kW, $Q_{cc} = P_{cc} * \tan \phi_c = 5.76$ kVar, dove per calcolare $\tan \phi_c$ si procede nel seguente modo: si calcola $V_{c2} = (v_{c\%}/100) * V_{20} = 150$ V e $\cos \phi_c = P_{cc} / (V_{c2} * I_2) = 0.6$. Chiamando sezione B la sezione che comprende l'impedenza serie $R_c - X_c$, si ottiene $P_b = P_2 + P_c = 119.5$ kW e $Q_b = Q_2 + Q_c = 92.16$ kVar. La tensione V_b è pari a $V_b = (\sqrt{P_b^2 + Q_b^2}) / I_2$ e la tensione V_b riportata al primario è pari a $V_b' = V_b * k = 1.258$ kV. E' ora necessario ricavare i parametri derivati: $I_o = (I_{o\%}/100) * I_{1n} = 1.2$ A dove $I_{1n} = A_n / V_{1n} = 120$ A, $P_o = V_{1n} * I_o * \cos \phi_o = 480$ W e $Q_o = P_o * \tan \phi_o = 2.352$ kVar, da cui si ricava $X_o = V_{1n}^2 / Q_o = 1.701$ k Ω e $R_o = V_{1n}^2 / P_o = 8.33$ k Ω . Chiamando A la sezione primaria del trasformatore si ottiene $P_a = P_b + V_b'^2 / R_o = 119.7$ kW e $Q_a = Q_b + V_b'^2 / X_o = 93.09$ kVar $V_a = V_b'$, $I_a = (\sqrt{P_a^2 + Q_a^2}) / V_b' = 120.572$ A e $\cos \phi_a = P_a / (V_b' * I_a) = 0.789$]*

4.

ESERCIZIO 3

Un trasformatore monofase di potenza nominale $A_n = 80 \text{ kVA}$ e rapporto di trasformazione $K = V_{1n} / V_{20} = 2000 \text{ V} / 500 \text{ V}$, $f_n = 50 \text{ Hz}$ alimentato a tensione e a frequenza nominali assorbe $I_1 = 10 \text{ A}$ a $\cos \phi_1 = 0,5$ in ritardo. La prova di corto circuito e la prova a vuoto hanno fornito i seguenti risultati:

Prova di corto circuito: $v_{cc\%} = 10 \%$, $\cos \phi_{cc} = 0,6$

Prova a vuoto: $I_{0\%} = 10\%$, $\cos \phi_0 = 0,2$

Si determinino la tensione V_2 , la corrente I_2 e il $\cos \phi_2$ del carico.

[La potenza assorbita $A_1 = V_1 \cdot I_1 = 20 \text{ kVA}$, $P_1 = A_1 \cdot \cos(\phi_1) = 10 \text{ kW}$, $Q_1 = A_1 \cdot \sin(\phi_1) = 17.32 \text{ kVAR}$. Dalla prova a vuoto si ricava $I_0 = (I_{0\%}/100) \cdot I_{1n} = 4 \text{ A}$, dove $I_{1n} = A_n / V_{1n} = 40 \text{ A}$, da cui si ricava $P_0 = V_{1n} \cdot I_0 \cdot \cos(\phi_0) = 1.6 \text{ kW}$ e $Q_0 = V_{1n} \cdot I_0 \cdot \sin(\phi_0) = 8 \text{ kVAR}$. La potenza attiva e reattiva a valle del ramo derivato (Ro-Xo) è pari a $P_A = P_1 - P_0 = 8.4 \text{ kW}$, $Q_A = Q_1 - Q_0 = 9.48 \text{ kVAR}$, $AA = 12.67 \text{ kVA}$. Al secondario si avra una tensione pari a V_{20} (visto che il primario e' alimentato a tensione nominale), di conseguenza $I_2 = AA / V_{20} = 25.34 \text{ A}$. Dalla prova in cto cto si ricava: $V_c = (v_{cc\%}/100) \cdot V_{20} = 50 \text{ V}$, $P_c = V_c \cdot I_{2n} \cdot \cos(\phi_{cc})$ e $Q_c = V_c \cdot I_{2n} \cdot \sin(\phi_{cc})$, dove $I_{2n} = A_n / V_{20} = 160 \text{ A}$. Si ricava $R_c = P_c / (I_{2n}^2) = 0.1875 \ \Omega$. $X_c = Q_c / (I_{2n}^2) = 0.25 \ \Omega$. Lato carico si trova $P_{carico} = P_A - (R_c \cdot I_2^2) = 8279.6 \text{ W}$, $Q_{carico} = Q_A - (X_c \cdot I_2^2) = 9319.5 \text{ VAR}$. Si ricava quindi $\cos \phi_{carico} = \cos(\text{atan}(Q_{carico}/P_{carico})) = 0.66$, $V_{carico} = \sqrt{P_{carico}^2 + Q_{carico}^2} / I_2 = 491.9 \text{ V}$ e $I_{carico} = I_2$.]