

ESERCITAZIONE 9

1.

ESERCIZIO 1

Sia dato un generatore in corrente continua a eccitazione indipendente accoppiato con un motore asincrono. I dati del generatore sono i seguenti:

$$P_n = 20 \text{ kW}$$

$$V_n = 200 \text{ V}$$

$$\eta_n = 0.92$$

$$V_{eccn} = 100 \text{ V}$$

$$I_{eccn} = 5 \text{ A}$$

$$\Omega_{mn} = 157 \text{ rad/s}$$

I dati del motore asincrono sono i seguenti:

$$P_n = 22 \text{ kW}$$

$$p = 2 \text{ (n coppie polari)}$$

$$V_n = 380 \text{ V}$$

$$I_n = 40 \text{ A}$$

$$P_{cc\%} = 12\%$$

$$V_{cc\%} = 20\%$$

$$P_o = 1100 \text{ W}$$

$$I_o\% = 45\%$$

$$R_s = 0.2 \Omega$$

Il generatore alimenta un carico elettrico che assorbe una potenza $P_l = 16 \text{ kW}$ ed è alimentato ad una tensione pari a $V_l = 180 \text{ V}$. Determinare i parametri delle due macchine, la tensione di eccitazione del generatore in cc, la corrente assorbita dal motore asincrono e il rendimento totale.

Si trascuri l'attrito nel calcolo dei parametri.

Per la macchina asincrona si ricavano i parametri dalle due prove:

$$I_o = (I_o\%/100) \cdot I_n = 18 \text{ A}, P_{fe} = P_o - 3 \cdot R_s \cdot I_o^2 = 905.6 \text{ W}.$$

$$R_{fe} = (V_n^2 / P_{fe}) = 159.45 \text{ W}, \cos \phi_o = P_{fe} / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_o), X_{fe} = V_n^2 / (P_{fe} \cdot \tan \phi_o) = 14.87 \Omega.$$

$$P_{cc} = p_{cc\%} / 100 \cdot P_n = 2640 \text{ W}, R_r = (P_{cc} - 3 \cdot R_s \cdot I_n^2) / (3 \cdot I_n^2) = 0.35 \Omega. X_d = P_{cc} \cdot \tan \phi_{cc} / (3 \cdot I_n^2) = 0.95 \Omega.$$

Per il generatore in corrente continua si ha:

$$I_{an} = P_n / V_n = 100 \text{ A}, E_n = (V_n \cdot I_{an} - \eta_n \cdot V_{eccn} \cdot I_{eccn}) / (\eta_n \cdot I_{an}) = 212.3 \text{ V}, R_a = (E_n - V_n) / I_{an} = 0.1239 \Omega, k_n = E_n / \Omega_{mn} = 1.3528 \text{ Vs}.$$

La corrente assorbita dal carico elettrico è pari a $I_l = P_l / V_l = 88.89 \text{ A}$. La f.e.m. è pari a $E = V_l + R_a \cdot I_l = 191.014 \text{ V}$ e la Potenza meccanica richiesta dal motore asincrono è $P_{mecc} = E \cdot I_l = 16.979 \text{ kW}$. Per trovare la velocità di rotazione del gruppo è necessario risolvere l'equazione $P_{mecc} = T \cdot \omega / p \cdot (1-x)$, utilizzando la caratteristica linearizzata della coppia della macchina asincrona ($T = (p \cdot V_n^2) / (\omega \cdot R_r) \cdot x$) si ottiene: $x = 0.043$, $\Omega_m = 149.83 \text{ rad/s}$, $I_r = 26.14 \text{ A}$, $I_s = 32.58 \text{ A}$, $P_{assorbita} = 19.175 \text{ kW}$. Si ricava $k = E / \Omega_m$, dove $E = (V_l + R_a \cdot I_l)$. Di conseguenza $V_{ecc} = k / k_n \cdot V_{eccn} = 94.23 \text{ V}$. Il rendimento è pari a $h = (P_l) / (P_{ass} + V_{ecc}^2 / R_{ecc}) = 0.815$ con $R_{ecc} = V_{eccn} / I_{eccn}$.

2.

ESERCIZIO 7

I dati di targa di un trasformatore trifase sono:

$$A_n = 5 \text{ kVA} \quad V_{1n} = 260 \text{ V} \quad f = 50 \text{ Hz}$$

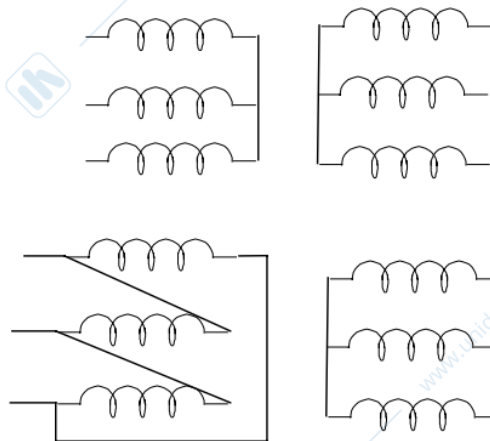
$$K_s = \frac{N_1}{N_2} = 17.3 \quad \text{collegamento } \Delta/Y$$

La prova di corto circuito, eseguita alla corrente e frequenza nominali, ha fornito i seguenti risultati:

$$V_{c1} = 20 \text{ V} \quad \cos \varphi_c = 0.5$$

Determinare:

- 1) La resistenza (R_{c2}), la reattanza (X_{c2}) e l'impedenza di corto circuito secondarie.
- 2) Sapendo che $R_2 = \frac{1}{2} R_{c2}$ e che $X_2 = \frac{3}{5} X_{c2}$ determinare la resistenza e reattanza dell'avvolgimento primario

Soluzione

Sostituiamo al trasformatore con collegamento Δ/Y un trasformatore equivalente con collegamento Y/Y . I due trasformatori devono avere lo stesso rapporto di trasformazione K_0 . Per il trasformatore Δ/Y abbiamo:

$$K_0 = \frac{K_s}{\sqrt{3}} = 10 \quad \text{che coinciderà con il rapporto spire del trasformatore } Y/Y.$$

La tensione di corto circuito secondaria vale:

$$V_{c2} = \frac{V_{c1}}{K_0} = 2 \text{ V}$$

La corrente nominale

$$I_{2n} = \frac{A_n}{\sqrt{3}V_{20}} = 111 \text{ A} \quad \text{dove } V_{20} = \frac{V_{1n}}{K_0} = 26 \text{ V}$$

I parametri di corto circuito risultano:

$$Z_{c2} = \frac{V_{c2}}{\sqrt{3}I_{2n}} = 1.04 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$R_{c2} = Z_{c2} \cos \varphi_c = 0.52 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$X_{c2} = Z_{c2} \sin \varphi_c = 0.89 \cdot 10^{-2} \Omega$$

2) dai dati ricaviamo

$$R_2 = 0.26 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$X_2 = 0.535 \cdot 10^{-2} \Omega$$

Dato che:

$$R_{c2} = R_2 + \frac{R_{1Y}}{K_o^2} \quad X_{c2} = X_2 + \frac{X_{1Y}}{K_o^2}$$

si ricava

$$R_{1Y} = 0.26 \Omega$$

$$X_{1Y} = 0.355 \Omega$$

Per trovare la resistenza e la reattanza di ogni avvolgimento primario collegato a triangolo basta moltiplicare per 3 i precedenti risultati.

$$R_1 = 3 R_{1Y} = 0.78 \Omega$$

$$X_1 = 3 X_{1Y} = 1.065 \Omega$$

3.

ESERCIZIO 8

Ad un trasformatore trifase, alimentato alla tensione nominale e alla frequenza di 50 Hz, è allacciato un carico trifase equilibrato ohmico induttivo che sotto la tensione $V_2 = 960$ V assorbe la corrente $I_2 = 100$ A con un fattore di potenza $\cos \varphi_2 = 0.8$.

Il rapporto di trasformazione a vuoto è $K_0 = \frac{V_{1n}}{V_{20}} = 15$

Con una prova a vuoto effettuata alla tensione nominale e alla frequenza di 50 Hz, si è trovato che la corrente assorbita è $I_0 = 0.4$ A ed il fattore di potenza a vuoto è $\cos \varphi_0 = 0.15$. La prova di corto circuito eseguita a corrente nominale alimentando la macchina dal lato basso tensione, ha fornito i seguenti dati:

$$V_{c2} = 46 \text{ V} \quad \cos \varphi_c = 0.45 \quad I_{c2} = 115.8 \text{ A}$$

Determinare :

- 1) tensione, corrente, fattore di potenza primari nelle condizioni di carico riportate
- 2) la potenza e la tensione di corto circuito percentuali

Soluzione

Le potenze attiva e reattiva del carico sono:

$$P_2 = \sqrt{3} \cdot V_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 132840 \text{ W}$$

$$Q_2 = P_2 \cdot \tan \varphi_2 = 99650 \text{ VAR}$$

Le potenze attiva e reattiva impegnate dagli avvolgimenti sono:

$$P_{cu} = 3R_{c2}I_2^2 = 3090 \text{ W}$$

$$Q_x = 3X_{c2}I_2^2 = 6150 \text{ VAR}$$

Le potenze attiva e reattiva trasmesse al secondario del circuito equivalente sono:

$$P' = P_2 + P_{cu} = 135930 \text{ W}$$

$$Q' = Q_2 + Q_x = 105800 \text{ VAR}$$

Da cui :

$$\cos \varphi' = 0.789$$

la tensione secondaria a vuoto vale :

$$V_{20} = \frac{P'}{\sqrt{3}I_2 \cos \varphi'} = 1000 \text{ V}$$

Dal rapporto di trasformazione è possibile ricavare la tensione di alimentazione V_{1n} :

$$V_{1n} = V_{20} \cdot K_0 = 15000 \text{ V}$$

La potenza attiva P_0 e reattiva Q_0 a vuoto sono:

$$P_0 = \sqrt{3} V_{1n} I_0 \cos \varphi_0 = 1560 \text{ W}$$

$$Q_0 = P_0 \cdot \tan \varphi_0 = 10230 \text{ VAR}$$

La potenza assorbita dal trasformatore vale:

$$P_1 = P' + P_0 = 137490 \text{ W}$$

$$Q_1 = Q' + Q_0 = 116030 \text{ VAR}$$

$$\cos \varphi_1 = 0.765$$

La corrente assorbita del trasformatore vale :

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} V_{1n} \cos \varphi_1} = 6.91 \text{ A}$$

2) La potenza nominale del trasformatore vale

$$A_n = \sqrt{3} V_{20} I_{2n} = 200000 \text{ VA}$$

$$P_c \% = \frac{P_c}{A_n} 100 = 2.07\%$$

dove $P_c = \sqrt{3} V_{c2} I_{c2} \cos \varphi_c = 4140 \text{ W}$

$$v_c \% = \frac{V_{c2}}{V_{20}} 100 = 4.6\%$$