

ESERCITAZIONE 7

1.

Esercizio 1

Sia dato il motore in corrente continua eccitazione indipendente i cui dati principali sono i seguenti:

$$P_n = 100 \text{ kW}$$

$$V_n = 500 \text{ V}$$

$$R_{a\%} = 2.5\%$$

$$n_n = 3000 \text{ r.p.m.}$$

$$V_{ecc,n} = 500 \text{ V}$$

$$I_{ecc,n} = 1 \text{ A}$$

$$C_{att} = B \omega_r, B = 0 \text{ N m s (trascurare gli attriti)}$$

Questo motore muove un generatore sincrono i cui dati sono i seguenti:

$$S_n = 80 \text{ kVA}$$

$$\cos \varphi_n = 1$$

$$V_n = 400 \text{ V Y}$$

$$X_{s\%} = 185\%$$

$$f_n = 50 \text{ Hz}, p = 2$$

$$V_{ecc,n} = 500 \text{ V}$$

$$I_{ecc,n} = 1 \text{ A}$$

Trascurare gli attriti e la resistenza di statore

Il generatore sincrono alimenta un carico che assorbe, alimentato a 400V-50 Hz, 30 kW a $\cos\varphi=0.7$.

Si determinino:

1. la tensione di eccitazione della macchina sincrona
2. la tensione di armatura della macchina a corrente continua (che funziona con eccitazione nominale)
3. il rendimento globale del sistema.

Soluzione esercizio 1

Il generatore sincrono rappresenta il carico meccanico del motore a corrente continua. E' quindi necessario prima di tutto risolvere il problema del generatore.

Dai dati di targa si possono determinare i parametri del circuito equivalente di macchina. In particolare si ha:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}V_n} = 115.5 \text{ A}$$

$$X_s = \frac{X_{s\%}}{100} \frac{V_n}{\sqrt{3}I_n} = 3.7 \Omega$$

Il carico assorbe una corrente di 61.8 A a $\cos\varphi = 0.7$.

Facendo la convenzione del generatore sulla macchina l'equazione di macchina si scrive:

$$\bar{E} = \bar{V} + r_s \bar{I} + jX_s \bar{I} \quad (1)$$

La (1), particularizzata in condizioni nominali e nelle condizioni di carico previste dal testo dell'esercizio, permette di ottenere:

$$\bar{E}_n = 230 + j427.2 = 485.3 e^{j1.07}$$

$$\bar{E} = 393.3 + j160.1 = 424.6 e^{j0.386}$$

La tensione di eccitazione da dare alla macchina sincrona è quindi immediatamente determinata come:

$$V_{ecc} = \frac{E}{E_n} V_{ecc,n} = 437.5V$$

Per determinare la coppia motrice necessaria in ingresso alla macchina bisogna calcolare la potenza meccanica assorbita e dividerla per la velocità, nota, della macchina sincrona. D'altra parte, avendo trascurato sia le perdite per attrito e ventilazione che le perdite sugli avvolgimenti di statore la potenza in ingresso è uguale alla potenza di uscita e quindi pari a 30 kW, da cui la coppia necessaria all'albero risulta:

$$C_m = \frac{P_m}{\omega} = 191 Nm$$

Per il motore a corrente continua, dai dati del testo dell'esercizio si ha:

$$\omega_n = n_n \frac{2\pi}{60} = 314.1 rad/s$$

$$I_n = \frac{P_n}{V_n(1 - R_{a\%})} = 205.1 A$$

$$R_a = \frac{R_{a\%}}{100} \frac{V_n}{I_n} = 60.9 m\Omega$$

$$E_n = V_n - R_a I_n = 487.5V$$

$$C_n = \frac{P_n}{\omega_n} = 318.4 Nm$$

$$k \phi_n = \frac{C_n}{I_n} = 1.55$$

La macchina a corrente continua deve sviluppare 191 Nm a 157.1 rad/s. La tensione di eccitazione è fissata al valore per cui si può scrivere:

$$E_m = k \phi_n \omega_m = 243.5V$$

$$I_m = \frac{C_m}{k \phi_n} = 123.2 A$$

$$V_m = E_m + R_a I_m = 251V$$

Il rendimento è dato dalla potenza di uscita fornita al carico elettrico (nota) diviso per la potenza di ingresso che è somma di quella assorbita dal motore in continua e delle potenze necessarie per le due eccitazioni delle macchine. Si ha:

$$\eta = \frac{P_u}{P_i} = \frac{P_{LOAD}}{V_m I_m + V_{ecc,m} I_{ecc,m} + V_{ecc,g} I_{ecc,g}} = 0.94$$

2.**Esercizio 1**

Sia dato un motore asincrono caratterizzato dai seguenti dati:

$$P_n = 5.5 \text{ kW}$$

$$V_n = 400 \text{ V}$$

$$I_n = 11.4 \text{ A}$$

$$\cos\phi_n = 0.8$$

$$R_s = 0.91 \Omega$$

Risultati della prova a vuoto:

$$P_o = 490 \text{ W}$$

$$I_o = 6.4 \text{ A}$$

Risultati della prova di corto circuito:

$$P_{cc} = 717 \text{ W}$$

$$V_{cc} = 75 \text{ V}$$

Si calcolino i parametri del circuito equivalente della macchina trascurando le perdite per attrito e ventilazione.

Iniziamo con il calcolo dei parametri trasversali che si possono ottenere dai risultati della prova a vuoto sincrono. L'impedenza Z_o è data da $Z_o = V_n / (\sqrt{3} \cdot I_o) = 36.1 \Omega$. Per il calcolo delle perdite nel ferro bisogna togliere il contributo di perdite per effetto joule e si ottiene quindi $P_{fe} = P_o - 3 \cdot R_s \cdot I_o^2 = 378.17 \text{ W}$ da cui $R_{fe} = V_n^2 / P_{fe} = 423.07 \Omega$, il fattore di potenza è pari a $\cos\phi_o = P_{fe} / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_o) = 0.0853$. La potenza reattiva è pari a $Q_{fe} = P_{fe} \cdot \tan\phi_o = 4417.9 \text{ var}$, la reattanza di magnetizzazione è pari a $X_m = V_n^2 / Q_{fe} = 36.21 \Omega$. Si osservi che poiché la corrente assorbita a vuoto nella macchina asincrona è rilevante non si può trascurare il contributo di perdite per effetto Joule (che vanno come il quadrato della corrente), mentre si può trascurare il contributo relativo alla c.d.t.

Per quello che riguarda i parametri longitudinali si considera la prova di corto circuito e poiché $P_{cc} = 3 \cdot (R_s + R_r) \cdot I_n^2$, si ottiene $R_r = (P_{cc} - 3 \cdot R_s \cdot I_n^2) / (3 \cdot I_n^2) = 0.929 \Omega$. Il fattore di potenza è pari a $\cos\phi_{cc} = P_{cc} / (\sqrt{3} \cdot V_{cc} \cdot I_n) = 0.4842$ quindi la potenza reattiva è pari a $Q_{cc} = P_{cc} \cdot \tan\phi_{cc} = 1.295 \text{ kVAR}$ da cui si ricava $X_{cc} = 3.323 \Omega$.