

Corso di Elementi di impianti e macchine elettriche - A.A. 2012-2013
II Prova del 14 giugno 2013

Problema 1

I dati di targa di un motore asincrono trifase sono i seguenti

Tensione nominale $V_n=600$ V, $f_n=50$ Hz, collegamento stella.

Velocità nominale $n_n=2880$ giri/min.

Le perdite per attrito ventilazione sono pari a $P_{av}=500$ W

Parametri del circuito equivalente per fase

R_s	$= 0.4\Omega$	X_r'	$= 2 \Omega$
X_s	$= 2 \Omega$	R_m	$= 150\Omega$
R_r'	$= 0,8 \Omega$	X_m	$= 20\Omega$

Calcolare alle condizioni nominali:

1a. Lo scorrimento nominale

1b. La corrente e la potenza assorbita

1c. La coppia utile disponibile all'albero

1d. Il rendimento

1e. La corrente assorbita e la coppia sviluppata allo spunto

1f. La corrente assorbita e la coppia sviluppata allo spunto qualora l'avvolgimento di statore sia alimentato con una tensione pari a metà della tensione di rete.

Soluzione

Problema 1

Velocità di rotore : $n_n = 2880 \text{ giri / min} = 301,6 \text{ rad / s}$

1a. Scorrimento: $s = \frac{3000 - 2880}{3000} = 0,04$

1b. L'impedenza equivalente allo scorrimento indicato (circuito semplificato):

$$Z_{eq} = (R_1 + \frac{R_2'}{s}) + j(X_1 + X_2') = (0,4 + \frac{0,8}{0,04}) + j(2 + 2) = 20,4 + j4 = 20,8 \angle 11,1^\circ$$

Corrente assorbita (per fase):

$$I_2' = \frac{V_{nf}}{Z_{eq}} = \frac{600 / \sqrt{3}}{20,8 \angle 11,1,23^\circ} = 16,65 \angle -11,1^\circ = 16,34 - j3,2; I_m = \frac{V_{nf}}{R_m} - j \frac{V_{nf}}{X_m} = 2,31 - j17,3 = 17,45 \angle -82,4^\circ;$$

$$I_{1f} = I_2' + I_m = 18,65 - j20,5 = 27,7 \angle -47,7^\circ$$

Potenza totale assorbita:

$$P = 3V_{nf} I_{1f} \cos \phi = 19373 \text{ W}$$

1c. La coppia sviluppata:

$$C_e = 3(pp) \frac{R_2'}{\omega \cdot s} I_2'^2 = 3 \frac{0,8}{314 \cdot 0,04} 16,65^2 = 52,97 \text{ Nm}$$

Ad essa va sottratta la parte di coppia utilizzata per attrito e ventilazione pari a:

$$C_{av} = \frac{P_{av}}{\omega_m} = \frac{500}{301,6} = 1,66 \text{ Nm}; C_{utile} = 52,97 - 1,66 = 51,31 \text{ Nm};$$

$$P_{resa} = C_{utile} \omega_m = 15475 \text{ W}$$

1d.

$$\eta = \frac{P_{resa}}{P_{assorbita}} = \frac{15475}{19373} = 0,799$$

1e. L'impedenza equivalente allo spunto ($s=1$)(circuito semplificato):

$$Z_{eq_sp} = (R_1 + R_2') + j(X_1 + X_2') = (0,4 + 0,8) + j(2 + 2) = 1,2 + j4 = 4,18 \angle 73,3^\circ$$

Corrente assorbita:

$$I_{2sp}' = \frac{V_{nf}}{Z_{eq_sp}} = \frac{600 / \sqrt{3}}{4,18 \angle 73,33^\circ} = 82,87 \angle -73,3^\circ = 23,77 - j79,39; I_m = \frac{V_{nf}}{R_m} - j \frac{V_{nf}}{X_m} = 2,31 - j17,3 = 17,45 \angle -82,4^\circ;$$

$$I_{1f} = I_{2sp}' + I_m = 26,08 - j96,69 = 100,15 \angle -74,9^\circ$$

La coppia sviluppata allo spunto:

$$C_e = 3(pp) \frac{R_2'}{\omega} I_{2sp}'^2 = 3 \frac{0,8}{314} 82,87^2 = 52,5 \text{ Nm}$$

1f. Per avviamento a metà della tensione di rete la corrente è ridotta di un fattore 2 e la coppia di un fattore 4:

$$I_{1f}' = \frac{100,15}{2} = 50,08 \text{ A}$$

$$C_{sp}' = C_{sp} / 4 = 52,5 / 4 = 13,2 \text{ Nm}$$

Corso di Elementi di impianti e macchine elettriche - A.A. 2012-2013
Prova completa del 14 giugno 2013

Problema 1

I dati di targa di un motore asincrono trifase sono i seguenti
Tensione nominale $V_n=600$ V, $f_n=50$ Hz, collegamento stella.
Velocità nominale $n_n=2880$ giri/min.

Le perdite per attrito ventilazione sono pari a $P_{av}=500$ W

Parametri del circuito equivalente per fase

$$\begin{array}{ll} R_s = 0,4\Omega & X_r' = 2\Omega \\ X_s = 2\Omega & R_m = 150\Omega \\ R_r' = 0,8\Omega & X_m = 20\Omega \end{array}$$

Calcolare **alle condizioni nominali**:

- Lo scorrimento
- La corrente e la potenza assorbita
- La coppia utile disponibile all'albero
- Il rendimento

Problema 2

Un trasformatore **monofase** ha i seguenti dati di targa:

$$\begin{array}{ll} \text{Potenza nominale} & A_n=25 \text{ kVA} \\ \text{Tensione nominale} & V_{1n}:V_{2n}=400:220 \text{ V} \\ \text{Frequenza nominale} & f_n = 50 \text{ Hz} \end{array}$$

Dalle prove a vuoto e in corto circuito eseguite su di esso si ricavano i seguenti parametri:

$$\begin{array}{ll} R_{cc} = 0,32\Omega & R_m = 68,2\Omega \\ X_{cc} = 0,67\Omega & X_m = 24,3\Omega \end{array}$$

- Si calcolino i valori della corrente a vuoto percentuale e della tensione di corto circuito percentuale.
- Si valuti il rendimento del trasformatore per un funzionamento a carico nominale con fattore di potenza 0,85 in ritardo.

Quesito 1

Un motore asincrono di potenza nominale $P_n = 12,5$ kW, ha una costante di tempo termica: $\tau = 55$ min.
Opera quotidianamente per il rimescolamento di un impasto per la produzione di materie plastiche in tre turni il mattino dalle ore 6 alle ore 8 e il pomeriggio dalle 13 alle 15 e la sera dalle 20 alle 22. Nel tempo restante viene spento.
Come si può definire questo tipo di servizio: S1 (continuativo), S2 (a durata limitata), S3 (intermittente)?

Soluzione

Problema 1

Velocità di rotore : $n_n = 2880 \text{ giri} / \text{min} = 301,6 \text{ rad} / \text{s}$

1a. Scorrimento: $s = \frac{3000 - 2880}{3000} = 0,04$

1b. L'impedenza equivalente allo scorrimento indicato (circuito semplificato):

$$Z_{eq} = \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right) + j(X_1 + X_2') = \left(0,4 + \frac{0,8}{0,04} \right) + j(2 + 2) = 20,4 + j4 = 20,8 \angle 11,1^\circ$$

Corrente assorbita (per fase):

$$I_2' = \frac{V_{nf}}{Z_{eq}} = \frac{600 / \sqrt{3}}{20,8 \angle 11,1, 23^\circ} = 16,65 \angle -11,1^\circ = 16,34 - j3,2; I_m = \frac{V_{nf}}{R_m} - j \frac{V_{nf}}{X_m} = 2,31 - j17,3 = 17,45 \angle -82,4^\circ;$$

$$I_{1f} = I_2' + I_m = 18,65 - j20,5 = 27,7 \angle -47,7^\circ$$

Potenza totale assorbita:

$$P = 3V_{nf} I_{1f} \cos \phi = 19373 \text{ W}$$

1c. La coppia sviluppata:

$$C_e = 3(pp) \frac{R_2'}{\omega \cdot s} I_2'^2 = 3 \frac{0,8}{314 \cdot 0,04} 16,65^2 = 52,97 \text{ Nm}$$

Ad essa va sottratta la parte di coppia utilizzata per attrito e ventilazione pari a:

$$C_{av} = \frac{P_{av}}{\omega_m} = \frac{500}{301,6} = 1,66 \text{ Nm}; \quad C_{utile} = 52,97 - 1,66 = 51,31 \text{ Nm};$$

$$P_{resa} = C_{utile} \omega_m = 15475 \text{ W}$$

1d.

$$\eta = \frac{P_{resa}}{P_{assorbita}} = \frac{15475}{19373} = 0,799$$

Problema 2

1. Calcolo la corrente nominale sui due lati:

$$I_{1n} = \frac{A_n}{V_{1n}} = \frac{25000}{400} = 62,5 \text{ A} \quad I_{2n} = \frac{A_n}{V_{2n}} = \frac{25000}{220} = 113,6 \text{ A}$$

$$\text{Rapporto di trasformazione: } k = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = \frac{400}{220} = 1,82$$

3a. Calcolo della corrente a vuoto e del rispettivo valore percentuale (rapporto percentuale della corrente a vuoto rispetto alla corrente nominale):

$$I_0 = \frac{V_{1n}}{R_m} - j \frac{V_{1n}}{X_m} = \frac{400}{68,2} - j \frac{400}{24,3} = 5,87 - j16,5 = 17,5 \angle -70,4^\circ;$$

$$I_0 \% = \frac{I_{0l}}{I_{1n}} \cdot 100 = \frac{17,5}{62,5} \cdot 100 = 28\%$$

Calcolo della tensione di corto circuito e del rispettivo valore percentuale (rapporto percentuale della tensione di cortocircuito rispetto alla tensione nominale):

$$|V_{cc1}| = |Z_{cc1}| \cdot |I_{1n}| = |0,32 + j0,67| \cdot |62,5| = 0,74 \cdot 62,5 = 46,25 \text{ V}$$

$$V_{cc} \% = \frac{V_{cc1}}{V_{1n}} \cdot 100 = \frac{46,25}{400} \cdot 100 = 11,56\%$$

3b. Il rendimento si deduce dai dati del problema e dai parametri:

$$\eta = \frac{\text{Potenza resa}}{\text{Potenza resa} + \text{Perdite a vuoto} + \text{Perdite nel rame}} = \frac{P_n \cos \varphi}{P_n \cos \varphi + \frac{V_{n1}^2}{R_m} + (R_1 + R_2') I_{1n}^2} = \frac{25000 \cdot 0,85}{25000 \cdot 0,85 + \frac{400^2}{68,2} + 0,32 \cdot 62,5^2} = \frac{21250}{21250 + 2346 + 1250} = 0,855$$

Quesito 1

Dalla descrizione delle operazioni risulta che il motore, durante il periodo di lavoro opera per due ore e quindi rimane spento per almeno 5 ore. Pertanto la macchina non raggiunge la temperatura di equilibrio (per cui servirebbero 5 costanti di tempo pari a $5 \times 5 = 275$ min), mentre ha il tempo sufficiente per tornare alla temperatura del refrigerante (5h=300 min).

Pertanto il servizio è di durata limitata (S2).