

Corso di laurea in Ingegneria industriale
Corso di Macchine e azionamenti Elettrici A - Anno Accademico 2012-2013
Prova intermedia
8 Maggio 2013

Problema n.1

Un motore asincrono trifase con rotore a gabbia ha i seguenti dati di targa:
 $V_n = 380 \text{ V}$, 50 Hz , velocità nominale 730 giri/min , collegamento Y

Dalle prove a vuoto e a rotore bloccato si ricavano i seguenti valori dei parametri del circuito equivalente:

$$R_0 = 410 \Omega; X_0 = 37.41 \Omega$$

$$R_{rb} = 1,67 \Omega; X_{rb} = 1,31 \Omega$$

Le perdite meccaniche per attrito e ventilazione si possono ritenere costanti e pari 100 W .

Da una prova di laboratorio si ricava inoltre la misura della resistenza di una fase statorica pari a $R_s = 0,87 \Omega$

Si calcolino utilizzando i dati disponibili e il circuito equivalente semplificato:

- a) La potenza e la coppia nominale.
- b) La corrente e la coppia allo spunto.
- c) Il rendimento del motore a metà carico.

Problema n.2

Un motore elettrico ha i seguenti dati utili ai fini della valutazione del suo comportamento termico:

Potenza nominale(per servizio continuativo): $A_n = 300 \text{ kW}$

Costante di tempo termica di riscaldamento: $\tau_{risc} = 60 \text{ min}$

Costante di tempo termica di raffreddamento: $\tau_{raff} = 90 \text{ min}$

Classe dei materiali isolanti: Classe A ($T_{max} = 105^\circ\text{C}$, valore assoluto)

Temperatura ambiente: 40°C

Il motore deve lavorare in cicli della durata di 1 ora, seguiti da un periodo di riposo di 4 ore.

- a) definire il tipo di servizio impiegato dal motore
- b) valutare in termini relativi l'incremento possibile di perdite per questo tipo di servizio rispetto a quelle previste per un funzionamento continuativo
- c) si stimi l'incremento possibile di potenza nominale nelle stesse condizioni, specificando le ipotesi o semplificazioni utilizzate.

Soluzione

Esercizio 1

Tensione di fase (collegamento a stella): $V_{nf} = V_n / \sqrt{3} = 380 / \sqrt{3} = 219,4$

Velocità di sincronismo: $\omega_0 = \frac{2\pi f}{(pp)} = \frac{314}{4} = 78,5 [\text{rad} / \text{s}] = 78,5 \frac{60}{2\pi} = 750 [\text{giri} / \text{min}]$

Scorrimento nominale: $s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_n} = \frac{750 - 730}{750} = 0,0267$

Si può inoltre definire, in base alla misura effettuata di resistenza, la ripartizione della resistenza fra statore e rotore:

$$R_s = 0,87\Omega; R_r' = R_{rb} - R_s = 0,87\Omega$$

La reattanza invece si considera ripartita in parti uguali

$$X_s = X_r' = 0,655\Omega$$

L'impedenza equivalente allo scorrimento nominale (circuito semplificato):

$$Z_{eqrb} = (R_s + \frac{R_r'}{s_n}) + j(X_s + X_r') = (0,87 + \frac{0,8}{0,0267}) + j1,31 = 30,83 + j1,31 = 30,86 \angle 2,43^\circ$$

Corrente assorbita dal rotore:

$$I_r' = V_f / Z_{eqrb} = \frac{219,4}{30,86 \angle 2,43} = 7,11 \angle -2,43^\circ = 7,10 - j0,30; I_0 = 0,54 - j5,86 = 5,88 \angle -84,7^\circ$$

$$I_s = I_r' + I_0 = 7,10 - j0,30 + 0,54 - j5,86 = 7,64 - j5,36 = 9,33 \angle -35,1^\circ$$

$$\cos(-35,1^\circ) = 0,82 \text{ in ritardo}$$

a) La coppia sviluppata: $C_e = 3(pp) \frac{R_r'}{\omega s_n} I_r'^2 = 3 \cdot 4 \cdot \frac{0,8}{314 \cdot 0,0267} 7,11^2 = 57,89 \text{ Nm}$

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

$$C_{av} = \frac{P_{av}}{\omega_m} = \frac{100}{730 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 1,31 \text{ Nm} \quad C_{utile} = C_n = 57,89 - 1,31 = 56,58 \text{ Nm} \quad P_n = C_n \cdot \omega_m = 56,58 \cdot 76,45 = 4326 \text{ W}$$

b) Corrente allo spunto: $I_{r' sp} = \frac{V_f}{Z_{rb}} = \frac{219,4}{1,67 + j1,31} = \frac{219,4}{2,12 \angle 38,1^\circ} = 103,5 \angle -38,1^\circ = 81,45 - j63,86$

$$I_s = I_{r' sp} + I_0 = 81,45 - j63,86 + 0,54 - j5,86 = 81,99 - j69,72 = 107,63 \angle -40,4^\circ$$

La coppia allo spunto: $C_{sp} = 3(pp) \frac{R_r'}{\omega} I_{r' sp}^2 = 3 \cdot 4 \cdot \frac{0,8}{314} 103,5^2 = 328 \text{ Nm}$

e)

$$\eta = \frac{P_{resa}}{P_{entrante}} = \frac{0,5 \cdot P_n}{0,5 \cdot P_n + 0,5^2 \cdot 3(R_s + R_r') I_r'^2 + 3 \frac{V_f^2}{R_0} + P_{av}} = \frac{0,5 \cdot 4326}{0,5 \cdot 4326 + 0,5^2 \cdot 3(1,67) 7,11^2 + 3 \frac{219,4^2}{410} + 100} = 0,807$$

Esercizio 2

a) Il tipo di servizio è intermittente in quanto né durante il tempo di funzionamento, né durante quello di riposo si raggiungono le condizioni di regime termico, considerando le rispettive costanti di tempo termiche.

L'incremento ammissibile delle perdite, tali che la macchina non superi la temperatura massima ammessa è deducibile dalla formula per il calcolo delle temperature in servizio intermittente:

$$g_1 = g_{MAX} \frac{1 - e^{-\frac{t_1}{\tau_1}}}{1 - e^{-\frac{t_1 + t_2}{\tau_1 \tau_2}}}$$

Poiché la temperatura massima ammessa è proporzionale alle perdite, si può riscrivere la formula imponendo che $\theta_1 = \theta_{MAX}$ e che il coefficiente θ_{MAX} sia incrementato di un fattore legato alle perdite, ovvero:

$$g_{MAX} = g_{MAX} \frac{P'}{P} \frac{1 - e^{-\frac{l_1}{\tau_1}}}{1 - e^{-\frac{l_1 + l_2}{\tau_1 \tau_2}}} \Rightarrow \frac{P'}{P} = \frac{1 - e^{-\frac{l_1 + l_2}{\tau_1 \tau_2}}}{1 - e^{-\frac{l_1}{\tau_1}}} = \frac{1 - e^{-\frac{60 + 240}{60 + 90}}}{1 - e^{-\frac{60}{60}}} = 1,54$$

Ovvero le perdite possono aumentare del 54% con il servizio indicato

c) In assenza di altre informazioni e nell'ipotesi di attribuire le perdite esclusivamente ai conduttori, la Potenza nominale può aumentare di un fattore pari circa a $\sqrt{1,54}$

CORSO DI MACCHINE E AZIONAMENTI ELETTRICI- A.A 2012- 2013

Prova del 8 maggio 2013

COGNOME E NOME	1a	1b	1c	2a	2b	2c	extra	Totale
	4	3	3	2	4	3	1	20
ARUANNO Beatrice	4	2	2	2	4	3	1	18
AVARELLO Sergio	4	3	0	2	4	0	0	13
BARBARINI Daniel	4	2	3	2	4	3	0	18
BASSANI Andrea	4	3	3	2	4	3	0	19
BATTAGLIA Luca	3	2	0	2	4	3	0	14
BELLONI Mattia Giuseppe	4	3	3	2	4	3	1	20
BENEVENTO Lorenzo	4	3	3	2	4	3	0	19
BOLLINI William	4	3	3	2	4	3	0	19
BONADEI Davide	4	3	3	2	4	3	1	20
BOTTINELLI Christian	4	3	0	2	4	3	0	16
BOVERA Filippo	4	3	3	2	4	3	1	20
BRAMBILLA Simone	4	3	3	2	4	3	1	20
BRUNI Mattia	4	2	2	2	4	3	0	17
BUSSETI Nicolò	4	2	0	2	3	3	0	14
CALVI Andrea	4	2	3	2	4	3	0	18
CAMPARI Alessandro	4	1	0	2	4	3	0	14
CARAMIA Gabriele	4	3	3	2	4	3	1	20
CASERINI Andrea	4	3	3	2	4	3	0	19
CHIATANTE Vito	4	3	3	2	4	3	0	19
CHIESA Giulia	4	3	1	2	4	3	0	17
CLAVA Riccardo	4	3	3	2	4	3	0	19
CURRENTI Valentina	1	1	1	2	2	3	0	10
CUZZONI Giovanni	4	2	1	2	4	3	0	16
DABUSTI Alberto	4	2	3	2	4	3	0	18
DAINI Chiara	4	3	2	2	4	3	0	18
DALLERA Giacomo	2	2	0	2	4	3	0	13
DE PAOLI Luigi	4	2	3	2	4	3	0	18
DE PASCALI Stefano	4	2	3	2	4	3	0	18
DELFRATE Sara	4	3	3	2	4	3	1	20
DELLA CROCE Giacomo	4	3	0	2	4	3	1	17
DONATO Davide	4	3	0	2	4	3	0	16
ESPOSITO CORTACE Davide	4	3	3	2	4	3	-1	18
FUSERO Simone	3	2	1	2	4	3	0	15
GARIBOLDI Andrea	4	3	3	2	4	3	0	19

GARUTI Giorgia	4	3	3	2	4	3	0	19
GATTI Guido	3	2	2	2	4	3	1	17
GIORDANO Andrea	4	3	0	2	4	3	0	16
GIORGI Federico	4	3	3	2	4	3	0	19
IGNOTO Simone	1	3	0	0	4	3	0	11
LA GAMBA Gianluigi	1	3	0	2	4	3	0	13
LATRONICO Marco	4	2	3	2	4	3	0	18
MACCHI Samuel	4	2	1	2	3	3	0	15
MADOUCH Driss	4	3	3	2	4	3	0	19
MAGAGNANO Nicola	4	3	3	2	4	3	0	19
MAINI Davide	4	3	3	2	4	3	0	19
MARAFANTE Emanuele	4	3	3	2	4	3	1	20
MASSA Daniele	4	3	2	2	4	3	1	19
MASSARO Tommaso	4	3	0	2	4	3	0	16
MASSIGLIA Martina	3	2	1	2	4	3	0	15
MAURIELLO Alessandro	2	3	1	0	3	1	0	10
MONTAGNA Matteo	4	2	1	2	4	3	0	16
MORIGGIA Ivan	4	3	3	2	4	3	1	20
MORILLO ANGELES Jesus	4	3	2	2	4	3	0	18
MOSCA Alessio	4	3	3	2	4	3	1	20
NORDIO Maria	4	3	3	2	4	3	1	20
ORNIGOTTI Marcello	4	2	1	2	4	3	0	16
PARABIAGHI Marco	4	3	3	2	4	3	1	20
PAREGLIO Emanuele	4	0	0	2	4	3	1	14
PARON Andrea	4	3	2	2	4	3	0	18
PIUMA Ivan	4	2	1	2	4	3	0	16
RICCARDI Davide	4	3	3	2	4	3	0	19
RIZZA Manfredi	3	0	0	2	4	3	0	12
ROVATI Paolo	4	3	0	2	4	3	0	16
SCANDALE Armanda	4	3	3	2	4	3	1	20
SCOZ Marcello	4	3	1	2	4	3	0	17
STOPPINI Luca Alessandro	4	2	2	2	4	3	1	18
TAGLIAFERRI Giuseppe	4	3	3	2	4	3	1	20
TAMBURINI Arianna	4	3	2	2	4	3	0	18
TAVERNA Massimo	4	2	0	2	3	3	0	14
UBOLDI Vera	4	3	3	2	4	3	1	20
VARISCHETTI Marzia	4	3	3	2	4	3	1	20
VELTRI Tommaso	4	3	2	2	4	3	0	18
VICINI Alessio	4	2	0	2	4	3	0	15
VISENTINI Andrea	4	2	3	2	4	3	0	18
ZAGLIANI Simone	4	3	3	2	4	3	1	20