

Corso di Elementi di Impianti e macchine elettriche
Anno Accademico 2012-2013
Esame scritto
16 Luglio 2013

Problema n.1

Un trasformatore monofase ha i seguenti dati di targa:

Potenza nominale $A_n=20$ kVA
Tensione nominale $V_{1n}:V_{2n}=8000:240$ V
Frequenza nominale $f_n = 50$ Hz

I risultati delle prove a vuoto e in corto circuito hanno fornito i seguenti parametri del circuito equivalente (riferiti al lato 1)

$R_0=267$ k Ω ; $X_0=37,75$ k Ω ;
 $R_{cc}=64$ Ω ; $X_{cc}= 185$ Ω .

2a. Si calcolino i valori della corrente a vuoto percentuale e della tensione di corto circuito percentuale.

2b. Si calcoli il rendimento per un funzionamento pari al 75% del carico nominale con un fattore di potenza pari a 0,85 in ritardo.

Problema n.2

Dalle prove a vuoto e in corto circuito di un motore asincrono trifase da 45 kW, 2300 V, 50 Hz, cool. Y, 3 coppie polari si sono ricavati i seguenti dati:

prova a vuoto

tensione di alimentazione $V_{10} = 2300$ V
corrente di linea $I_{10} = 4,7$ A
potenza totale assorbita $P_0 = 1650$ W

prova a rotore bloccato

tensione di alimentazione $V_{rb} = 270$ V
corrente di linea $I_{1rb} = 32$ A
potenza totale assorbita $P_{rb} = 8900$ W

Le perdite per attrito e ventilazione si considerano costanti e pari al 2,5% della potenza nominale.

- a) Determinare i parametri del circuito equivalente alla frequenza di 50 Hz.
- b) Valutare la velocità meccanica della macchina e la corrente assorbita per uno scorrimento del 2%.

NB Per gli studenti che svolgono la prova completa la risposta b) del secondo esercizio non è richiesta

Soluzione (Prova completa 16 luglio 2013)

Calcolo delle correnti nominali:

$$I_{1n} = \frac{A_n}{V_{1n}} = \frac{20 \cdot 10^3}{8000} = 2,5 \text{ A}; \quad I_{2n} = \frac{A_n}{V_{2n}} = \frac{20 \cdot 10^3}{240} = 83,3 \text{ A}$$

1a) Corrente a vuoto percentuale

Utilizzando il circuito equivalente semplificato si può calcolare la corrente a vuoto alla tensione nominale come somma vettoriale delle correnti circolanti rispettivamente in R_0 e X_0 :

$$\bar{I}_0 = \frac{V_{1n}}{R_0} - j \frac{V_{1n}}{X_0} = \frac{8000}{267 \cdot 10^3} - j \frac{8000}{37,75 \cdot 10^3} = 0,030 - j0,212 \text{ A} = 0,214 \angle -81,9^\circ$$

$$I_0 \% = \frac{|\bar{I}_0|}{I_{1n}} 100 = \frac{0,214}{2,5} = 8,56\%$$

Tensione di cortocircuito percentuale

Si calcola la tensione di cortocircuito corrispondente al passaggio della corrente nominale trascurando la I_0 :

$$V_{cc} = |R_{cc} + jX_{cc}| \cdot I_{1n} = |64 + j185| \cdot 2,5 = 489 \text{ V}$$

$$V_{cc} \% = \frac{V_{cc}}{V_{1n}} 100 = \frac{489}{8000} 100 = 6,11\%$$

Se si trascura l'impedenza di statore, si può eseguire il seguente calcolo:

$$R_0 = \frac{V_{of}^2}{P_{of}} = 35,6 \ \Omega; \quad I_{0R} = \frac{V_{of}}{R_0} = 6,5 \text{ A}; \quad I_{0X} = \sqrt{I_{of}^2 - I_{0R}^2} = 5,72 \text{ A}; \quad X_0 = \frac{V_{of}}{I_{0X}} = 40,38 \ \Omega$$

1b) Rendimento

$$P_{Fe} = \frac{V_{1n}^2}{R_0} = \frac{8000^2}{267000} = 240 \text{ W}$$

$$P_{Cu(\alpha=1)} = R_{cc} \cdot I_{1n}^2 = 64 \cdot 2,5^2 = 400$$

$$\eta = \frac{P_{resa}}{P_{resa} + P_{Fe} + P_{Cu}} = \frac{\alpha A_n \cos \varphi}{\alpha A_n \cos \varphi + P_{Fe} + \alpha^2 P_{cc}} = \frac{0,75 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,85}{0,75 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,85 + 240 + 0,75^2 \cdot 400} = \frac{12750}{12750 + 240 + 225} = 0,965$$

Esercizio n.2

Tensione di fase (collegamento a stella): $V_{nf} = V_n / \sqrt{3} = 2300 / \sqrt{3} = 1328$

Velocità di sincronismo: $\omega_0 = \frac{2\pi f}{(pp)} = \frac{314}{3} = 104,7 [\text{rad} / \text{s}] = 104,7 \frac{60}{2\pi} = 1000 [\text{giri} / \text{min}]$

Velocità allo scorrimento indicato: $\omega_m = \omega_0(1-s) = 104,7 \cdot (1-0,02) = 102,6 [\text{rad} / \text{s}] = 102,6 \frac{60}{2\pi} = 980 [\text{giri} / \text{min}]$

- a) dalla prova a vuoto si può procedere trascurando oppure tenendo conto della resistenza di statore nota, ai fini della determinazione della potenza dissipata nel ferro. Il risultato non cambia sensibilmente ai fini della valutazione complessiva delle prestazioni. Nel seguito il calcolo è eseguito in modo semplificato (trascurando R_1 e X_1).

$$P_{0f} = \frac{P_0 - P_{av}}{3} = \frac{1650 - 0,025 \cdot 45000}{3} = 175 \text{ W}; \quad I_{0f} = I_0 = 4,7 \text{ A}$$

$$R_0 = \frac{V_{1f}^2}{P_{0f}} = \frac{1328^2}{175} = 10,078 \text{ k}\Omega; \quad I_{0R} = V_{1f} / R_0 = 0,228 \text{ A}; \quad I_{0X} = \sqrt{I_0^2 - I_{0R}^2} = 4,694 \text{ A}; \quad X_0 = \frac{V_{0f}}{I_{0X}} = \frac{1328}{4,694} = 283 \Omega$$

Dalla prova a rotore bloccato:

$$V_{rbf} = \frac{V_{rb}}{\sqrt{3}} = \frac{270}{\sqrt{3}} = 155,9 \text{ V}; \quad I_{rbf} = I_{rb} = 32 \text{ A}; \quad P_{rbf} = \frac{P_{rb}}{3} = \frac{A_n \cdot 3,2 / 100}{3} = 2967 \text{ W}$$

$$R_{rb} = \frac{P_{rbf}}{I_{rbf}^2} = 2,9 \Omega; \quad Z_{rb} = \frac{V_{rbf}}{I_{rbf}} = \frac{155,9}{32} = 4,87 \Omega; \quad X_{rb} = \sqrt{Z_{rb}^2 - R_{rb}^2} = 3,9 \Omega$$

Le resistenze e le reattanze possono essere ripartite fra statore e rotore (riferito allo statore):

$$R_s = R_r' = \frac{R_{cc}}{2} = 1,45 \Omega$$

$$X_s = X_r' = \frac{X_{cc}}{2} = 1,95 \Omega$$

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

$$Z_{eqcc} = (R_s + \frac{R_r'}{s}) + j(X_s + X_r') = (1,45 + \frac{1,45}{0,02}) + j3,9 = 73,95 + j3,9 = 74,05 \angle 3^\circ$$

Corrente assorbita dal rotore:

$$I_r' = V_f / Z_{eqcc} = \frac{1328}{74,05 \angle 3^\circ} = 17,93 \angle -3^\circ = 17,9 - j0,94; \quad I_0 = 0,228 - j4,69 = 4,69 \angle -87,2^\circ$$

$$I_1 = I_2' + I_0 = 17,9 - j0,94 + 0,228 - j4,69 = 18,13 - j5,63 = 18,98 \angle -17,25^\circ$$