

Corso di laurea in Ingegneria industriale
Corso di Elementi di impianti e macchine elettriche - Anno Accademico 2013-14
Esercizio in aula
19 Maggio 2014

Problema n.1

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

Potenza nominale (per servizio continuativo): $P_n=200$ kW

Rendimento: 89%

Costante di tempo termica di riscaldamento: $\tau_{\text{risc}}=30$ min

Costante di tempo termica di raffreddamento: $\tau_{\text{raff}}=30$ min

$T_{\text{max}} = 105^\circ\text{C}$, (valore assoluto)

Temperatura ambiente: 40°C

- a) Determinare la potenza dissipata in perdite;
- b) valutare la durata massima di funzionamento in servizio S2 (Durata limitata), con una dissipazione in perdite tripla di quella prevista in servizio S1 (continuativo);
- c) valutare il tempo di riposo, conseguente al funzionamento di cui al punto precedente, che garantisca le caratteristiche del funzionamento in servizio S2.

Problema n.2

Si consideri un trasformatore di potenza trifase con i seguenti dati:

Potenza nominale $A_n = 15$ kVA, frequenza nominale $f_n = 50$ Hz

Tensione nominale lato 1 : $V_{n1} = 500$ V

Tensione nominale lato 2 : $V_{n2} = 150$ V

Collegamento Yy

I parametri del circuito equivalente per fase semplificato, riferiti al lato alta tensione (lato 1), si ricavano dai seguenti dati:

$R_0 = 3500 \Omega$

$X_0 = 450 \Omega$

$V_{cc\%} = 10\%$

$R_{cc} = 0,75 \Omega$

- a) Calcolare la regolazione di tensione del trasformatore per un funzionamento a pieno carico con fattore di potenza $\cos\varphi = 0,84$ (utilizzare la funzione approssimata $e \cong V_{ccX\%} \cdot \text{sen}\varphi + V_{ccR\%} \cdot \cos\varphi$)
- b) Valutare il rendimento per un funzionamento a pieno carico e a metà carico con $\cos\varphi = 0,84$.

Soluzione (19 maggio 2014)

Problema n.1

a) Calcolo della potenza dissipata:

$$\eta = \frac{P_{resa}}{P_{resa} + P_{perdite}} = (\text{in condizioni nominali}) = \frac{P_n}{P_n + P_{perdite}};$$

$$\eta \cdot (P_n + P_{perdite}) = P_n;$$

$$P_{perdite} = P_n \frac{(1-\eta)}{\eta} = 200 \frac{1-0,89}{0,89} = \mathbf{24,72 \text{ kW}}$$

b) Si può utilizzare la formula già ricavata (vedi dispensa (1.14))

$$t_1 = \tau_{risc} \ln \frac{P'}{P' - P} = 30 \cdot \ln \frac{3P}{3P - P} = 30 \cdot \ln \frac{3}{2} = 12,16 \text{ min}$$

c) Secondo la definizione di S2 la macchina dovrà rimanere spenta fino al ritorno alla temperatura di riferimento, pari ad alcune costanti di tempo (convenzionalmente 5):

$$t_{OFF} = 5 \cdot \tau_{raff} = 150 \text{ min}$$

Problema n.2

Calcolo corrente nominale:

$$I_{1n} = A_n / \sqrt{3} V_{1n} = 15000 / \sqrt{3} \cdot 500 = 17,32 \text{ A};$$

$$I_{2n} = A_n / \sqrt{3} V_{2n} = 15000 / \sqrt{3} \cdot 150 = 57,74 \text{ A}$$

Calcolo del parametro mancante (X_{cc}), a partire dalla definizione di $v_{cc\%}$:

$$v_{cc\%} = \frac{v_{cc1}}{V_{1nf}} \cdot 100 = \frac{(R_{cc} + jX_{cc}) \cdot I_{1nf}}{V_{1nf}} \cdot 100 = \frac{Z_{cc} \cdot I_{1nf}}{V_{1nf}} \cdot 100;$$

$$Z_{cc} = \frac{v_{cc\%} \cdot V_{1nf}}{100 \cdot I_{1nf}} = \frac{v_{cc\%} \cdot V_{1n} / \sqrt{3}}{100 \cdot I_{1n}} = \frac{10 \cdot 500 / \sqrt{3}}{100 \cdot 17,32} = 1,66 \Omega$$

$$X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} = \sqrt{1,66^2 - 0,75^2} = 1,48 \Omega$$

Regolazione di tensione:

$$V_{ccR\%} = \frac{R_{cc} \cdot I_{1nf}}{V_{1nf}} \cdot 100 = \frac{0,75 \cdot I_{1n}}{V_{1n} / \sqrt{3}} \cdot 100 = 4,5;$$

$$V_{ccX\%} = \frac{X_{cc} \cdot I_{1nf}}{V_{1nf}} \cdot 100 = \frac{1,48 \cdot I_{1n}}{V_{1n} / \sqrt{3}} \cdot 100 = 8,9;$$

$$\cos \varphi = 0,84; \Rightarrow \text{sen} \varphi = \sqrt{1 - 0,84^2} = 0,54$$

$$e \cong V_{ccX\%} \cdot \text{sen} \varphi + V_{ccR\%} \cdot \cos \varphi = 8,9 \cdot 0,54 + 4,5 \cdot 0,84 = 8,59\%$$

Calcolo del rendimento:

$$P_{Fe} = 3 \frac{V_{lnf}^2}{R_0} = 3 \frac{(500 / \sqrt{3})^2}{3500} = 71,4W$$

$$P_{Cu} = 3 \cdot R_{cc} \cdot I_{lnf}^2 = 3 \cdot 0,75 \cdot 17,32^2 = 675W$$

$$\alpha = 1; \cos \varphi = 0,84$$

$$\eta = \frac{\alpha A_n \cos \varphi}{\alpha A_n \cos \varphi + P_{Fe} + \alpha^2 P_{Cu}} = \frac{15000 \cdot 0,84}{15000 \cdot 0,84 + 71,4 + 675} = 0,944$$

$$\alpha = 1; \cos \varphi = 0,8$$

$$\eta = \frac{\alpha A_n \cos \varphi}{\alpha A_n \cos \varphi + P_{Fe} + \alpha^2 P_{Cu}} = \frac{0,5 \cdot 15000 \cdot 0,84}{0,5 \cdot 15000 \cdot 0,84 + 71,4 + 0,5^2 \cdot 675} = 0,963$$