AZIONAMENTI ELETTRICI

Sia dato il motore asincrono i cui dati principali sono i seguenti:

$P_n = 25\,\text{kW}$
$V_n = 380\,\text{V}\ Y$
$p = 4, f_n = 50Hz$
$\cos\varphi_n = 0.85$
$P_{cc\%} = 12\%$
$P_{fe\%} = 6\%$
$\cos\varphi_{cc} = 0.45$
$\cos\varphi_0 = 0.15$
$r_s = 0.18\,\Omega$

All'albero della macchina asincrona è applicata un coppia motrice in modo che la macchina asincrona, collegata ad una rete trifase di alimentazione generi una potenza attiva di 18 kW (nel tratto stabile della caratteristica). Alla stessa rete, in parallelo alla macchina asincrona, è connesso un generatore sincrono con i seguenti dati:

$S_n = 15\,\text{kVA}$
$V_n = 380\,\text{V}\ Y$
$p = 4, f_n = 50Hz$
$\cos\varphi_n = 0.8$
$X_{s\%} = 160\%$
$V_{ecc,n} = 200V$
$I_{ecc,n} = 2A$

Nell'ipotesi di considerare nulli gli attriti e di considerare puramente induttiva l'impedenza interna del generatore sincrono si determinino:

1. la potenza reattiva assorbita dalla macchina asincrona
2. le tensione di eccitazione della macchina sincrona se essa rifasa il motore asincrono a $\cos\varphi=1$

Soluzione

Dai dati di targa è possibile determinare i parametri del circuito equivalente del motore asincrono:

$$\eta_n = \frac{P_n}{P_n + P_{cc} + P_{fe}} = 0.847$$

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos\varphi_n \eta_n} = 52.7\,A$$

$$r_r = \frac{P_{cc}}{3I_n^2} - r_s = 0.18\,\Omega$$

$$X_d = (r_s + r_r)\tan\varphi_{cc} = 0.71\,\Omega$$

$$P_{fe} = P_{fe\%} P_n = 1500\,W$$

$$Q_{fe} = P_{fe}\tan\varphi_0 = 9887\,W$$

La potenza meccanica assorbita all'albero è uguale alla potenza generata più le perdite nel ferro e nel rame. Si può pertanto scrivere:

$$3\left(r_s + \frac{r_r}{s}\right)I_r^2 + P_{fe} = -P_g \Rightarrow r_r\frac{1-s}{s}\frac{V_n^2}{\left(r_s + \frac{r_r}{s}\right)^2 + X_d^2} = -P_g - P_{fe} - (r_s + r_r)\frac{V_n^2}{\left(r_s + \frac{r_r}{s}\right)^2 + X_d^2}$$

in cui si è considerata uguale la corrente di statore a quella di rotore (riporto a monte del ramo che tiene conto le perdite nel ferro) e si è ricordato che la tensione nominale, essendo concatenata, è $\sqrt{3}$ volte più grande della tensione di fase.

Riordinata in s la precedente equazione si può scrivere come:

$$r_r\frac{V_n^2 s(1-s)}{(s r_s + r_r)^2 + s^2 X_d^2} = -P_g - P_{fe} - (r_s + r_r)\frac{s^2 V_n^2}{(s r_s + r_r)^2 + s^2 X_d^2}$$

$$r_r\frac{V_n^2 s}{(s r_s + r_r)^2 + s^2 X_d^2} = -P_g - P_{fe} - r_s\frac{s^2 V_n^2}{(s r_s + r_r)^2 + s^2 X_d^2}$$

$$\left[\left(r_s^2 + X_d^2\right)\left(P_g + P_{fe}\right) + r_s V_n^2\right]s^2 + \left[2r_s r_r\left(P_g + P_{fe}\right) + r_r V_n^2\right]s + r_r^2\left(P_g + P_{fe}\right) = 0$$

L'equazione di secondo grado ottenuta ammette due soluzioni:

$$s_1 = -0.0203$$

$$s_2 = -0.7563$$

s_1 è lo scorrimento che si trova nel tratto stabile della caratteristica. La potenza reattiva assorbita dalla macchina è:

$$Q_{as} = Q_{fe} + Q_r = Q_{fe} + 3X_d I_r^2 = Q_{fe} + X_d\frac{V_n^2}{\left(r_s + \frac{r_r}{s_1}\right)^2 + X_d^2} = 11132\,VA$$

Per rifasare a fattore di potenza unitario, la macchina sincrona dovrà generare una potenza reattiva esattamente pari a quella assorbita dalla macchina asincrona. Dai dati della macchina sincrona si ottengono i seguenti dati:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}V_n} = 22.8\,A$$

$$X_s = \frac{X_{s\%}}{100}\frac{V_n}{\sqrt{3}I_n} = 15.4\,\Omega$$

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

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

che particolarizzata in condizioni nominali permette di ottenere:

$$\bar{E}_n = (430.1 + j280.9)V = 513.7\,e^{j0.579}V$$

Per erogare la potenza reattiva voluta la macchina sincrona deve assorbire (erogare) una corrente in anticipo (in ritardo) con la tensione di 90° e di modulo pari a:

$$I = \frac{Q_{as}}{\sqrt{3}V_n} = 16.9\,A$$

L'equazione di macchina particola rizzata a questa condizione di carico restituisce:

$$\bar{E} = (480.2 + j0)V = 496.6\,e^{j0}\,V$$

La tensione di eccitazione della macchina sincrona risulta, pertanto:

$$V_{ecc} = \frac{E}{E_n}V_{ecc,n} = 186.9\,V$$