

Los ensayos de un motor asíncrono trifásico de 400 V, 2 polos, 50 Hz, con el estator conectado en triángulo y rotor bobinado también trifásico, proporcionan los siguientes resultados:

E. VACÍO: 400 V, 6 A, 500 W.

E. DE CORTOCIRCUITO: 40 V, 15 A, 700 W.

Suponiendo las pérdidas mecánicas son despreciables y que la resistencia por fase del estator en caliente de 1,6 Ω . Determinar:

a) Los parámetros del circuito equivalente del motor.

b) Par de arranque, par máximo y par nominal, si la velocidad nominal es de 2.700 r.p.m.

c) Si la tensión entre dos anillos rozantes del rotor es a circuito abierto de 780 V, cuando se alimenta el estator a la tensión y la frecuencia nominales, ¿qué resistencia por fase es preciso añadir en serie con la resistencia del rotor para tener el par máximo en el arranque.

d) Si se reduce a la mitad de la corriente de arranque determinar, sin considerar la corriente de vacío, cuál será la velocidad del motor y el par interno en estas condiciones.

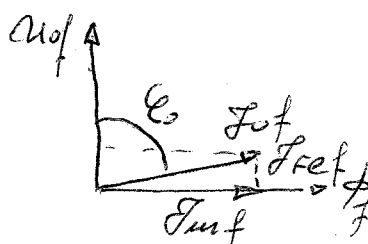
e) Si se acopla a dicha máquina a una turbina de vapor que la arrastra a 3.200 rpm, ¿cuáles son las potencias activa y reactiva en bornes y cuál es el par de salida de la turbina. (Considerar el circuito equivalente aproximado y que la tensión de la red es de 400 V.

$$a) P_0 = P_{Fe} + 3 R_{1f} I_{0f}^2 + P_{ad} = P_{Fe} + 3 \cdot 1,6 \cdot \left(\frac{6}{\sqrt{3}}\right)^2 = P_{Fe} + 57,60$$

$$P_{Fe} = 500 - 57,60 = 442,40 \text{ W. } P_{Fe} = \sqrt{3} \cdot U_0 I_0 \cdot \cos \phi_0 \Rightarrow$$

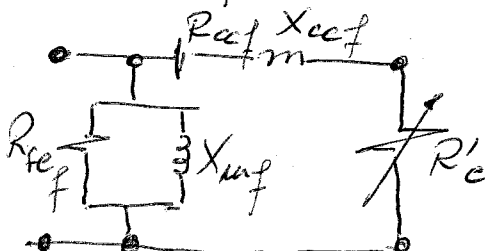
$$\cos \phi_0 = \frac{P_{Fe}}{\sqrt{3} \cdot U_0 I_0} = \frac{442,4}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 6} = 0,1064 \Rightarrow \phi_0 = 83,89^\circ$$

$$\sin \phi_0 = 0,9943$$



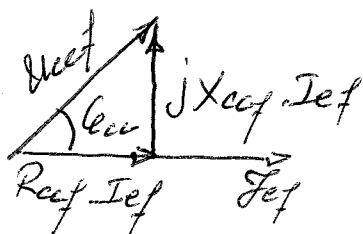
$$I_{0f} \cos \phi_0 = \frac{6}{\sqrt{3}} \cdot 0,1064 = 0,3685 \text{ A} \approx 0,37 \text{ A}$$

$$I_{0f} \sin \phi_0 = \frac{6}{\sqrt{3}} \cdot 0,9943 = 3,44 \text{ A}$$



$$R_{fe} = \frac{U_{0f}}{I_{0f} \cos \phi_0} = \frac{400}{0,3685} = 1085,24 \Omega$$

$$X_{mf} = \frac{U_{0f}}{I_{0f} \sin \phi_0} = \frac{400}{3,44} = 116,27 \Omega$$



$$P_{cc} = \sqrt{3} \cdot U_{cc} I_e \cos \phi_{cc} \Rightarrow \cos \phi_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_{cc} I_e}$$

$$\cos \phi_{cc} = \frac{700}{\sqrt{3} \cdot 40 \cdot 15} = 0,6736 \Rightarrow \phi_{cc} = 47,66^\circ$$

$$\sin \phi_{cc} = 0,739$$

$$R_{ccf} = \frac{U_{ccf} \cos \phi_{cc}}{I_{ef}} = \frac{40 \cdot 0,6736}{\frac{15}{\sqrt{3}}} = 3,11 \Omega$$

$$R_{ccf} = R_{1f} + R'_{2f} \Rightarrow R'_{2f} = 3,11 - 1,6 = 1,51 \Omega$$

$$X_{ccf} = \frac{U_{ccf} \sin \phi_{cc}}{I_{ef}} = \frac{40 \cdot 0,739}{\frac{15}{\sqrt{3}}} = 3,41 \Omega$$

$$b) I'_{2f} = \frac{U_f}{\sqrt{(R_1 + \frac{R'_2}{s})^2 + X_{cc}^2}}$$

$$M_1 = \frac{3 \cdot \frac{P'_2}{s} I_{2f}^2}{\frac{2\pi n_1}{60}}$$

ARRANQUE $\Rightarrow s=1$

$$I'_{2fa} = \frac{400}{\sqrt{(1,6 + \frac{1,51}{1})^2 + 3,41^2}} = 86,67 A$$

$$s_n = \frac{3.000 - 2700}{3000} = 0,1$$

NOMINAL

$$I'_{2n} = \frac{400}{\sqrt{(1,6 + \frac{1,51}{0,1})^2 + 3,41^2}} = 23,47 A$$

$$M_a = \frac{3 \cdot \frac{1,51}{1} \cdot 86,67^2}{\frac{2\pi \cdot 3000}{60}} = 108,31 Nm$$

$$M_n = \frac{3 \cdot \frac{1,51}{0,1} \cdot 23,47^2}{\frac{2\pi \cdot 3000}{60}} = 79,43 Nm$$

MAXIMO

$$s_m = \frac{R'_2}{\sqrt{R_{1f}^2 + X_{cc}^2}} = \frac{1,51}{\sqrt{1,6^2 + 3,41^2}} = 0,40$$

$$M_{m1} = \frac{3 \cdot \frac{1,51}{0,40} \cdot 400^2}{\frac{2\pi \cdot 3000}{60} \left[(1,6 + \frac{1,51}{0,40})^2 + 3,41^2 \right]} = 142,35 Nm$$

$$c) 1 = \frac{R'_2 + R'_r}{\sqrt{R_{1f}^2 + X_{cc}^2}} = \frac{1,51 + R'_r}{\sqrt{1,6^2 + 3,41^2}} = \frac{1,51 + R'_r}{3,767} \Rightarrow R'_r = 2,257 \Omega$$

$$r_i = r_e = \frac{400}{\frac{780}{\sqrt{3}}} = 0,888 \quad R_r = \frac{2,257}{0,8882} = 2,541 \Omega$$

$$d) \frac{86,67}{2} = \frac{400}{\sqrt{(1,6 + \frac{1,51}{s})^2 + 3,41^2}} \quad s: x = \frac{1,51}{s} \Rightarrow$$

$$43,3352 \left[(1,6 + x)^2 + 3,41^2 \right] - 400^2 = 0$$

$$43,3352 (1,6^2 + 2 \cdot 1,6 \cdot x + x^2 + 3,41^2) - 400^2 = 0$$

$$4807,48 + 6,009,35x + 1877,92x^2 + 21,836,67 - 160,000 = 0$$

$$1877,92x^2 + 6,009,35x - 133355,85 = 0$$

$$x^2 + 3,20x - 71,01 = 0$$

$$x = \frac{-3,20 \pm \sqrt{3,20^2 + 4 \cdot 1,01}}{2} = \frac{-3,20 \pm 17,15}{2} = \begin{cases} 6,975 \text{ MOTOR} \\ -10,175 \text{ GENER.} \end{cases}$$

$$s = \frac{1,51}{x} = \begin{cases} 0,216 \text{ MOTOR} \\ -0,148 \text{ GENERADOR.} \end{cases}$$

$$s = 0,216 = \frac{3000 - n_r}{3000} \Rightarrow n_r = 2.352 \text{ rpm.}$$

$$M_i = \frac{3 \cdot \frac{1,51}{0,216}}{\frac{2\pi \cdot 3000}{60}} \cdot 43,335^2 = \underline{125,36 \text{ Nm}}$$

$$e) \quad s_g = \frac{3000 - 3200}{3000} = -0,067, \quad R'_c = \frac{1,51(1 + 0,067)}{-0,067} = -24,05 \Omega$$

$$Z_{1f} = (1,6 + 1,51 - 24,05) + j3,41 = -20,94 + j3,41 = 21,22 / 170,75^\circ$$

$$I'_{2f} = \frac{U_{1f}}{Z_{1f}} = \frac{400 \angle 0^\circ}{21,22 / 170,75^\circ} = 18,85 / -170,75^\circ = -18,60 - j3,03$$

$$I_{1f} = I_{0f} + I'_{2f} = (0,37 - j3,44) - 18,60 - j3,03 = -18,23 - j6,47$$

$$S = 3 \cdot U_{1f} \cdot I_{1f}^* = 3 \cdot 400 \cdot (-18,23 + j6,47) = -21876 + j7764$$

$$S = P + jQ \Rightarrow P = -21876 \text{ W} \quad Q = 7764 \text{ VAR}$$

$$P_{\text{aug}} = 3 \cdot R'_{cf} \cdot I_{2f}^2 = 3 \cdot (-24,05) \cdot 18,85^2 = -25.636,52 \text{ W}$$

$$M_T = \frac{|P_{\text{aug}}| + p_{\text{mec}}}{\frac{2\pi n_g}{60}} = \frac{25.636,52}{\frac{2\pi \cdot 3200}{60}} = \underline{76,50 \text{ Nm}}$$

