

Una máquina asíncrona trifásica cuyo estator en triángulo está conectada a una red de 400 V, 50 Hz, siendo su velocidad nominal actuando como motor de 1440 rpm. Se somete a esta máquina a ensayos y se obtienen los siguientes resultados:

ENSAYO EN VACÍO: 400 V, 5 A, 1300 W

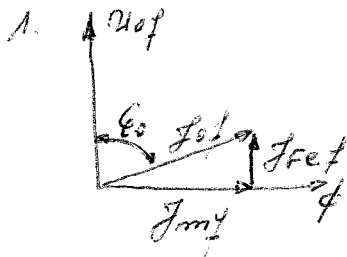
ENSAYO A ROTOR BLOQUEADO: 50 V, 16 A, 900 W.

Medida de la resistencia por fase del estator en caliente = 2 Ω

Pérdidas mecánicas consideradas constantes a las diferentes velocidades = 300 W.

Determinar:

- 1.- Los parámetros del circuito equivalente aproximado.
- 2.- La corriente de arranque y la corriente nominal.
- 3.- Par de arranque, par nominal, par máximo y par útil en condiciones nominales
- 4.- Si se reduce la corriente a la cuarta parte de la corriente de arranque, sin considerar la corriente de vacío, cuál será la velocidad del motor, el par interno y el par útil en estas condiciones.
- 5.- Si la máquina se acciona mediante una turbina mini-hidráulica a 1.600 rpm, que potencias activa y reactiva entregará/recibirá a/de la red de 400 V y cuál sería el par que tendría que desarrollar la turbina.



$$P_0 = P_{fe} + 3 R_{af} I_{0f}^2 + P_{\text{perd mec}} = P_{fe} + 3 \cdot 2 \cdot \left(\frac{5}{\sqrt{3}}\right)^2 + 300$$

$$P_{fe} = P_0 - 350 = 1300 - 350 = 950$$

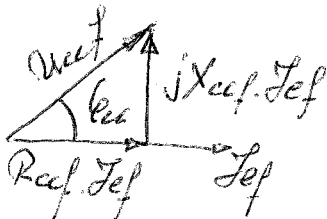
$$P_{fe} = \sqrt{3} U_0 I_0 \cos \phi_0 \Rightarrow \cos \phi_0 = \frac{950}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 5} = 0,2742$$

$$\phi_0 = 74,08^\circ \Rightarrow \sin \phi_0 = 0,9617$$

$$I_{mf} = I_{0f} \sin \phi_0 = \frac{5}{\sqrt{3}} \cdot 0,9617 = 2,776$$

$$I_{ref} = I_{0f} \cos \phi_0 = \frac{5}{\sqrt{3}} \cdot 0,2742 = 0,79 \text{ A}$$

$$R_{ref} = \frac{U_{0f}}{I_{ref}} = \frac{400}{0,79} = 505,34 \Omega \quad X_{mf} = \frac{U_{0f}}{I_{mf}} = \frac{400}{2,776} = 144,08 \Omega$$



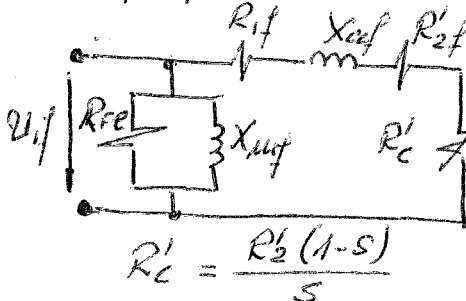
$$P_{cc} = \sqrt{3} U_{cc} I_c \cos \phi_{cc} \Rightarrow \cos \phi_{cc} = \frac{900}{\sqrt{3} \cdot 50 \cdot 16} = 0,6495$$

$$\phi_{cc} = 49,50^\circ \Rightarrow \sin \phi_{cc} = 0,7604$$

$$R_{cf} = \frac{U_{ccf} \cos \phi_{cc}}{I_{cf}} = \frac{50 \cdot 0,6495}{\frac{16}{\sqrt{3}}} = 3,52 \Omega$$

$$R'_{2f} = R_{cf} - R_{1f} = 3,52 - 2 = 1,52 \Omega$$

$$X_{ccf} = \frac{U_{ccf} \sin \phi_{cc}}{I_{cf}} = \frac{50 \cdot 0,7604}{\frac{16}{\sqrt{3}}} = 4,12 \Omega$$



$$R'_c = \frac{R'_{2f}(1-s)}{s}$$

$$I'_{2f} = \frac{U_{1f}}{\sqrt{(R_{1f} + \frac{R'_{2f}}{s})^2 + X_{ccf}^2}} \quad \text{ARRANQUE } s=1 \quad I'_{2fa} = \frac{400}{\sqrt{(2 + \frac{1,52}{1})^2 + 4,12^2}} = 73,82 \text{ A}$$

NOMINAL

$$s_n = \frac{1500 - 1440}{1500} = 0,04$$

$$I'_{nf} = \frac{400}{\sqrt{(2 + \frac{1,52}{0,04})^2 + 4,12^2}} = 9,95 \text{ A}$$

$$I'_{2a} = \sqrt{3} \cdot I'_{2fa} = 127,86 \text{ A}$$

$$I'_n = \sqrt{3} \cdot I'_{nf} = \sqrt{3} \cdot 9,95 = 17,23 \text{ A}$$

$$3. \quad M_i = \frac{3 \cdot \frac{R_2'}{s} \cdot I_{2f}^2}{\frac{2\pi n_1}{60}} \quad \text{ARRANQUE} \quad s=1 \Rightarrow M_a = \frac{3 \cdot \frac{1,52}{1} \cdot 73,82^2}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60}} = 158,20 \text{ Nm}$$

$$\text{NOMINAL (s=0,04)} \quad M_n = \frac{3 \cdot \frac{1,52}{0,04} \cdot 9,95^2}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60}} = 71,85 \text{ Nm}$$

$$M_u = M_n - M_p = 71,85 - \frac{300}{\frac{2\pi \cdot 1440}{60}} = 69,86 \text{ Nm}$$

$$\text{MAXIMO} \quad s_m = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1'^2 + X_{\sigma 2}^2}} = \frac{1,52}{\sqrt{2^2 + 4,12^2}} = 0,33$$

$$M_{\text{m}} = \frac{3 \cdot \frac{1,52}{0,33} \cdot 400^2}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60} \left[\left(2 + \frac{1,52}{0,33} \right)^2 + 4,12^2 \right]} = 232,20 \text{ Nm}$$

$$4. \quad \frac{73,82}{4} = \frac{400}{\sqrt{\left(2 + \frac{1,52}{s} \right)^2 + 4,12^2}} \quad \left(x = \frac{1,52}{s} \right) \Rightarrow 18,455^2 \left[\left(2+x \right)^2 + 4,12^2 \right] = 400^2$$

$$4 + 4x + x^2 + 16,94 - 469,78 = 0 \Rightarrow x^2 + 4x - 448,81 = 0$$

$$x = \frac{-4 \pm \sqrt{16 + 1795,23}}{2} = \frac{-4 \pm 42,56}{2} = \begin{matrix} 19,28 \rightarrow s = \frac{1,52}{19,28} = 0,079 \\ -23,28 \\ G \end{matrix}$$

$$s = \frac{n_1 - n_r}{n_1} \Rightarrow n_r = n_1(1-s) = 1500(1-0,079) = 1382 \text{ rpm.}$$

$$M_i = \frac{3 \cdot \frac{1,52}{0,079} \cdot 400^2}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60} \left[\left(2 + \frac{1,52}{0,079} \right)^2 + 4,12^2 \right]} = 125,59 \text{ Nm} \quad M_u = 125,59 - \frac{300}{\frac{2\pi \cdot 1382}{60}} = 123,52 \text{ Nm}$$

$$5. \quad s_g = \frac{1500 - 1600}{1500} = -0,067 \quad R_0' = \frac{1,52(1+0,067)}{-0,067} = -24,21 \Omega$$

$$\underline{Z}_{12} = (2 + 1,52 - 24,21) + j4,12 = -20,69 + j4,12 = 21,09 \angle 168,74^\circ$$

$$\underline{I}_{12}' = \frac{U_{12}}{\underline{Z}_{12}} = \frac{400 \angle 0^\circ}{21,09 \angle 168,74^\circ} = 18,94 \angle -168,74^\circ = -18,60 - j3,70$$

$$\underline{I}_f = \underline{I}_{of} + \underline{I}_{12}' = (0,79 - j2,776) + (-18,60 - j3,70) = -17,81 - j6,476$$

$$P = 3 U_{12} \underline{I}_f^* = 3 \cdot 400 (-17,81 + j6,476) = -21372 + j7771 = P + jQ$$

$$P_{\text{mg}} = 3 \cdot R_0' \cdot I_{12f}^2 = 3 \cdot (-24,21) \cdot 18,94^2 = -26.136,70 \text{ W}$$

$$M_T = \frac{|P_{\text{mg}} + P_{\text{ind}}|}{\frac{2\pi n_g}{60}} = \frac{26.136,70 + 300}{\frac{2\pi \cdot 1600}{60}} = 157,78 \text{ Nm}$$