

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 930 rpm. Su rotor bobinado también trifásico tiene una tensión entre escobillas a circuito abierto de 380 V. Se somete a esta máquina a ensayos y se obtienen los siguientes resultados:

ENSAYO EN VACÍO: 400 V, 8 A, 1200 W

ENSAYO A ROTOR BLOQUEADO: 50 V, 15 A, 1000 W.

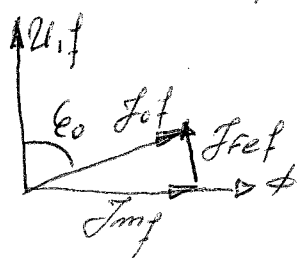
Medida de la resistencia por fase del estator en caliente = 2Ω

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 en el funcionamiento de la máquina como motor.
- 4.- Determinar la resistencia del reóstato que sería preciso añadir en serie con el rotor para obtener el par máximo en el arranque.
- 5.- Si se reduce la corriente a la mitad de la corriente de arranque, sin considerar la corriente de vacío, cuál será la velocidad del motor y el par interno en estas condiciones.
- 6.- Si la máquina se acciona mediante una turbina eólica a 1.060 rpm, que potencias activa y reactiva entregaría a la red de 400 V y cuál sería el par que tendría que desarrollar la turbina.

$$P_0 = P_{Fe} + 3 R_{sf} I_0^2 + P_{mec} = P_{Fe} + 3 \cdot 2 \left(\frac{8}{\sqrt{3}}\right)^2 + 300 = 1200 \text{ W}$$



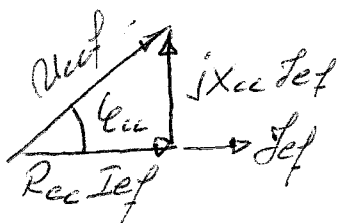
$$P_{Fe} = 1200 - 128 - 300 = 772 \text{ W}; \quad P_{Fe} = \sqrt{3} U_0 I_0 \cos \epsilon_0 \Rightarrow \cos \epsilon_0 = \frac{P_{Fe}}{\sqrt{3} U_0 I_0} = \frac{772}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8} = 0,1393 \Rightarrow \epsilon_0 = 81,99^\circ$$

$$\sin \epsilon_0 = 0,9903$$

$$I_{Fe} = I_{0f} \cos \epsilon_0 = \frac{8}{\sqrt{3}} \cdot 0,1393 = 0,6434 \text{ A}$$

$$I_{mf} = I_{0f} \sin \epsilon_0 = \frac{8}{\sqrt{3}} \cdot 0,9903 = 4,574 \text{ A}$$

$$R_{fef} = \frac{U_{0f}}{I_{fef}} = \frac{400}{0,6434} = 621,70 \Omega \quad X_{mf} = \frac{400}{4,574} = 87,45 \Omega$$



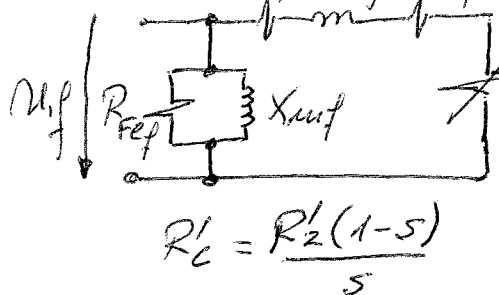
$$P_{cc} = \sqrt{3} U_{cc} I_{cc} \cos \epsilon_{cc} \Rightarrow \cos \epsilon_{cc} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 50 \cdot 15} = 0,7698$$

$$\Rightarrow \epsilon_{cc} = 39,66^\circ \Rightarrow \sin \epsilon_{cc} = 0,6383$$

$$R_{ccf} = \frac{U_{ccf} \cos \epsilon_{cc}}{I_{ccf}} = \frac{50 \cdot 0,7698}{\frac{15}{\sqrt{3}}} = 4,44 \Omega$$

$$R'_{2f} = R_{ccf} - R_{1f} = 4,44 - 2 = 2,44 \Omega$$

$$X_{ccf} = \frac{U_{ccf} \sin \epsilon_{cc}}{I_{ccf}} = \frac{50 \cdot 0,6383}{\frac{15}{\sqrt{3}}} = 3,69 \Omega$$



$$I'_{2f} = \frac{U_{1f}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R'_2}{s})^2 + X_e^2}}$$

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

$$R'_c = \frac{R'_2(1-s)}{s}$$

$$2. \text{ ARRANQUE } (s=1) \quad I'_{2fa} = \frac{400}{\sqrt{\left(2 + \frac{2,44}{1}\right)^2 + 3,69^2}} = \underline{69,29 \text{ A}}$$

$$\text{NOMINAL } (s_n = 0,07) \quad s_n = \frac{1000 - 930}{1000} = 0,07$$

$$I'_{2fn} = \frac{400}{\sqrt{\left(2 + \frac{2,44}{0,07}\right)^2 + 3,69^2}} = \underline{10,80 \text{ A}}$$

$$3. \text{ ARRANQUE } (s=1)$$

$$M_a = \frac{3 \cdot \frac{2,44}{1}}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60}} \cdot 69,29^2 = \underline{335,60 \text{ Nm}}$$

$$\text{NOMINAL } (s_n = 0,07)$$

$$M_u = 116,47 - \frac{300}{\frac{2\pi \cdot 930}{60}} = \underline{113,39 \text{ Nm}}$$

$$M_n = \frac{3 \cdot \frac{2,44}{0,07}}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60}} \cdot 10,80^2 = \underline{116,47 \text{ Nm}}$$

$$\text{MAXIMO } (s_m = 0,58) \quad s_m = \frac{R'_2}{\sqrt{R_{1f}^2 + X_{eff}^2}} = \frac{2,44}{\sqrt{2^2 + 3,69^2}} = 0,58$$

$$M_{mm} = \frac{3 \cdot \frac{2,44}{0,58} \cdot 400^2}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60} \left[\left(2 + \frac{2,44}{0,58}\right)^2 + 3,69^2 \right]} = \underline{369,82 \text{ Nm}}$$

$$4. \quad 1 = \frac{R'_2 + R'_r}{\sqrt{R_{1f}^2 + X_{eff}^2}} = \frac{2,44 + R'_r}{\sqrt{2^2 + 3,69^2}} = \frac{2,44 + R'_r}{4,20} \Rightarrow R'_r = 4,20 - 2,44 = \underline{1,76 \Omega}$$

$$m_1 = m_2 = 3 \rightarrow r_i = r_u = \frac{400}{\frac{380}{\sqrt{3}}} = 1,823$$

$$R'_r = r_u \cdot r_i \cdot R_r \Rightarrow R_r = \frac{R'_r}{r_u \cdot r_i} = \frac{1,76}{1,826 \cdot 1,826} = \underline{0,53 \Omega}$$

5..

$$\frac{69,29}{2} = \frac{400}{\sqrt{\left(2 + \frac{2,44}{s}\right)^2 + 3,69^2}} \Rightarrow \left(s; x = \frac{2,44}{s}\right)$$

$$34,645^2 \left[\left(2 + x\right)^2 + 3,69^2 \right] = 400^2, \quad (2+x)^2 + 3,69^2 = 133,30$$

$$x^2 + 4x + 4 + 3,69^2 - 133,30 = 0 \quad x^2 + 4x - 115,68 = 0$$

$$X = \frac{-4 \pm \sqrt{16 + 462,74}}{2} = \frac{-4 \pm 21,88}{2} = \begin{cases} 8,94 \text{ MOTOR} \\ -12,94 \end{cases}$$

$$S = \frac{2,44}{X} = \begin{cases} +0,273 \text{ MOTOR} \\ -0,189 \text{ GEN.} \end{cases}$$

$$S = 0,273 = \frac{1000 - n_r}{1000}$$

$$n_r = 1000 - 0,273 \cdot 1000 = 727 \text{ rpm.}$$

$$M_i = \frac{3 \cdot \frac{2,44}{0,273} \cdot 4002}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60} \left[\left(2 + \frac{2,44}{0,273} \right)^2 + 3,69^2 \right]} = 307,45 \text{ Nm}$$

$$6. \quad s_g = \frac{1000 - 1060}{1000} = -0,06 \quad R'_{cg} = \frac{2,44(1+0,06)}{-0,06} = -43,11 \Omega$$

$$Z_{12f} = (2 + 2,44 - 43,11) + j3,69 = -38,67 + j3,69 = 38,85 \angle 174,55$$

$$I'_{2f} = \frac{U_{1f}}{Z_{12f}} = \frac{400 \angle 0^\circ}{38,85 \angle 174,55} = 10,296 \angle -174,55 = -10,294 - j0,978$$

$$I_{1f} = I_0 + I'_{2f} = (0,6434 - j4,574) - 10,294 - j0,978 = -9,65 - j5,552$$

$$S = 3 U_{1f} \cdot I_{1f}^* = 3 \cdot 400 (-9,65 + j5,552) = -11.580 + j6.662$$

$$P = -11.580 \text{ W CEDIDA} \quad Q = 6.662 \text{ VAR ABSORBIDA}$$

$$P_{mg} = 3 \cdot R'_{cg} \cdot I_{2f}^2 = 3 \cdot (-43,11) \cdot 10,296^2 = -13.710 \text{ W}$$

$$M_T = \frac{|P_{mg} + P_{\text{perd. mec}}|}{\frac{2\pi n_g}{60}} = \frac{13710 + 300}{\frac{2\pi \cdot 1060}{60}} = 126,21 \text{ Nm}$$