Una máquina asíncrona trifásica cuyo estator en estrella 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: 86 V, 9 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.

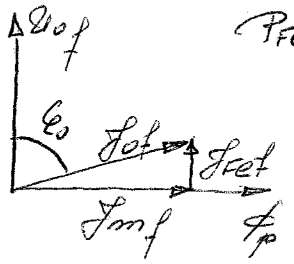
2.- La corriente de arranque y la corriente nominal.

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 entregaría/recibiría a/de la red de 400 V y cuál sería el par que tendría que desarrollar la turbina.

1.- $P_0 = 1300 = P_{Fe} + 3 R_{1f} \cdot I_{0f}^2 + perd_{mec}$



$$P_{Fe} = 1.300 - 3 \cdot 2 \cdot 5^2 - 300 = 850 \text{ W.} = \sqrt{3}\, U_0 I_0 \cos\varphi_0$$

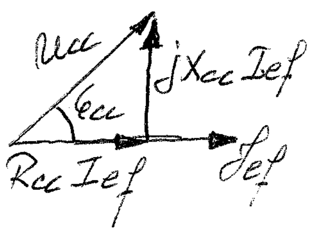
$$\cos\varphi_0 = \frac{850}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 5} = 0,2454 \Rightarrow \varphi_0 = 75,80^\circ$$

$$sen\,\varphi_0 = 0,9694$$

$$I_{Fef} = I_{0f} \cdot \cos\varphi_0 = 5 \cdot 0,2454 = 1,23 \text{ A}$$

$$I_{mf} = I_{0f} \cdot sen\,\varphi_0 = 5 \cdot 0,9694 = 4,85 \text{ A}$$

$$R_{Fef} = \frac{U_{0f}}{I_{Fef}} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{1,23} = \underline{187,76\,\Omega} \qquad X_{mf} = \frac{U_{0f}}{I_{mf}} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{4,85} = \underline{47,62\,\Omega}$$



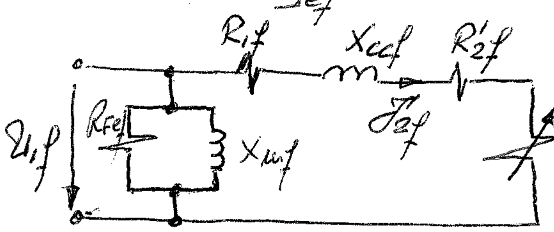
$$P_{cc} = \sqrt{3} \cdot U_{cc} \cdot I_{e} \cos\varphi_{cc}$$

$$\cos\varphi_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_{cc} I_e} = \frac{900}{\sqrt{3} \cdot 86 \cdot 9} = 0,6713$$

$$\varphi_{cc} = 47,83 \Rightarrow sen\,\varphi_{cc} = 0,7411$$

$$R_{ccf} = \frac{U_{ccf} \cdot \cos\varphi_{cc}}{I_{ef}} = \frac{\frac{86}{\sqrt{3}} \cdot 0,6713}{9} = \underline{3,70\,\Omega} \Rightarrow R'_2 = R_{cc} - R_{1f} = \underline{1,70\,\Omega}$$

$$X_{ccf} = \frac{U_{ccf} \cdot sen\,\varphi_{cc}}{I_{ef}} = \frac{\frac{86}{\sqrt{3}} \cdot 0,7411}{9} = \underline{4,09\,\Omega}$$



$$R'_c = \frac{R'_2(1-s)}{s} \qquad I'_{2f} = \frac{U_{1f}}{\sqrt{\left(R_{1f} + \frac{R'_{2f}}{s}\right)^2 + X_{ccf}^2}}$$

2.- arranque $s = 1$

$$I'_{2a} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\left(2 + \frac{1,70}{1}\right)^2 + 4,09^2}} = \underline{41,87 \text{ A}}$$

nominal. $s_n = \frac{1500-1440}{1.500} = 0{,}04$

$$I'_{2n} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\left(2+\frac{1{,}70}{0{,}04}\right)^2+4{,}09^2}} = 5{,}17\,A.$$

3.- $s=1$

$$M_a = \frac{3 \cdot \frac{R'_2}{s} \cdot I'^2_{2a}}{\frac{2\pi n_1}{60}} = \frac{3 \cdot \frac{1{,}70}{1} \cdot 41{,}87^2}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60}} = \underline{56{,}92\,Nm.}$$

$$M_n = \frac{3 \cdot \frac{1{,}70}{0{,}04} \cdot 5{,}17^2}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60}} = \underline{21{,}70\,Nm}$$

$$M_u = M_n - M_p = 21{,}70 - \frac{300}{\frac{2\pi \cdot 1440}{60}}$$

$$M_u = 21{,}70 - 1{,}90 = \underline{19{,}8\,Nm}$$

$$s_m = \frac{R'_{2f}}{\sqrt{R_{1f}^2 + X_{cc}^2}} = \frac{1{,}70}{\sqrt{2^2+4{,}09^2}} = 0{,}373$$

$$M_m = \frac{3\,\frac{1{,}7}{0{,}373} \cdot \left(\frac{400}{\sqrt{3}}\right)^2}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60}\left[\left(2+\frac{1{,}70}{0{,}373}\right)^2+4{,}09^2\right]} = \underline{77{,}72\,Nm}$$

4.- $I'_2 = \frac{I'_{2a}}{4} = \frac{41{,}87}{4} = 10{,}47$

$$10{,}47 = \frac{230{,}94}{\sqrt{\left(2+\frac{1{,}7}{s}\right)^2+4{,}09^2}} \quad \left(x = \frac{1{,}7}{s}\right) \quad (2+x)^2 + 4{,}09^2 = \left(\frac{230{,}94}{10{,}47}\right)^2$$

$$4 + 4x + x^2 + 16{,}73 = 486{,}52$$

$$x^2 + 4x - 465{,}79 = 0$$

$$x = \frac{-4 \pm \sqrt{16+4 \cdot 465{,}79}}{2} = \frac{-4 \pm 43{,}35}{2} = \begin{cases} 19{,}67 \Rightarrow s = 0{,}086 \quad s = \frac{1{,}7}{x} \\ -23{,}675 \end{cases}$$

$$0{,}086 = \frac{1500 - n_r}{1500} \Rightarrow n_r = 1500\,(1-0{,}086) = 1371\ rpm.$$

$$M_i = \frac{3 \cdot \frac{1{,}70}{0{,}086}\left(\frac{400}{\sqrt{3}}\right)^2}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 1500}{60}\left[\left(2+\frac{1{,}70}{0{,}086}\right)^2+4{,}09^2\right]} = \underline{41{,}05\,Nm}$$

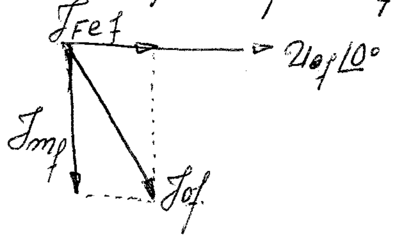
$$M_u = M_i - M_p = 41{,}05 - \frac{300}{\frac{2\pi \cdot 1371}{60}} = \underline{38{,}96\,Nm}$$

5. $s_g = \dfrac{1500 - 1600}{1500} = -0{,}06\overline{6}$ $\quad R_c = 1{,}7 \dfrac{(1+0{,}066)}{-0{,}066} = \underline{-27{,}20\ \Omega}$

$$Z_{12} = (2 + 1{,}7 - 27{,}20) + j4{,}09 = -23{,}5 + j4{,}09 = 23{,}85 \underline{/170{,}13}$$

$$I'_{2f} = \frac{U_{1f} \underline{/0^\circ}}{Z_{12}} = \frac{230{,}94 \underline{/0^\circ}}{23{,}85 \underline{/170{,}13}} = 9{,}68 \underline{/-170{,}13} = -9{,}53 - j1{,}66$$

$$I_{1f} = I_{of} + I'_{2f} = (1{,}23 - j4{,}85) + (-9{,}53 - j1{,}66)$$
$$= -8{,}3 - j6{,}51$$



$$S = 3\, U_{1f}\, I_{1f}^* = 3 \cdot 230{,}94 \cdot (-8{,}3 + j6{,}51) =$$
$$= -5.750{,}41 + j4.510{,}26 = P + jQ$$

$$P_{mec} = 3 \cdot R'_c \cdot I_2'^2 = 3 \cdot (-27{,}20) \cdot 9{,}68^2 = -7.646 \text{ W}$$

$$M_T = \frac{|P_{mec} + perd_{mec}|}{\dfrac{2\pi n_g}{60}} = \frac{7.646 + 300}{\dfrac{2\pi \cdot 1600}{60}} = \underline{47{,}42 \text{ Nm}}$$