ME-16-06-17

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 940 rpm. Su rotor bobinado también trifásico tiene una tensión entre escobillas a circuito abierto de 520 V. Se somete a esta máquina a ensayos y se obtienen los siguientes resultados:

ENSAYO EN VACÍO: 400 V, 4 A, 1200 W

ENSAYO A ROTOR BLOQUEADO: 40 V, 14 A, 700 W.

Medida de la resistencia por fase del estator en caliente= 2,5 Ω

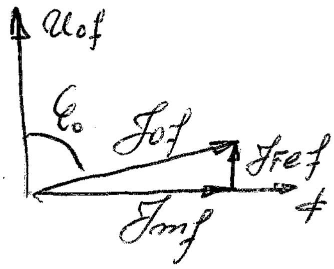
Pérdidas mecánicas consideradas constantes a las diferentes velocidades = 200 W.

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, par útil en condiciones nominales de sobrecarga 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 tercera 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.
6.- Si la máquina se acciona mediante una turbina eólica a 1.060 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 eólica.

---

1. $P_0 = P_{Fe} + 3R_{1f} I_{0f}^2 + P_{erd_{mec}} = P_{Fe} + 3\cdot 2{,}5 \left(\frac{4}{\sqrt{3}}\right)^2 + 200 = 1.200\ W$



$P_{Fe} = 960\ W = \sqrt{3}\, U_0 I_0 \cos\varphi_0 \to \cos\varphi_0 = \frac{960}{\sqrt{3}\cdot 400\cdot 4} = 0{,}3464$

$\varphi_0 = 69{,}73° \Rightarrow \text{sen}\,\varphi_0 = 0{,}9381$

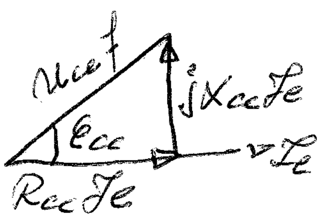
$I_{mf} = I_{0f}\,\text{sen}\,\varphi_0 = \frac{4}{\sqrt{3}}\cdot 0{,}9381 = 2{,}17\ A$

$I_{Fef} = I_{0f}\cos\varphi_0 = \frac{4}{\sqrt{3}}\cdot 0{,}3464 = 0{,}8\ A$

$R_{Fef} = \frac{U_{0f}}{I_{Fef}} = \frac{400}{0{,}8} = 500\ \Omega$ $\quad X_{\mu f} = \frac{U_{0f}}{I_{\mu f}} = \frac{400}{2{,}17} = 184{,}33\ \Omega$

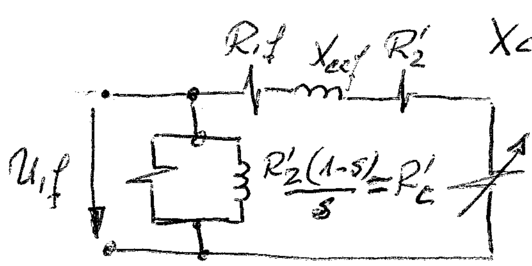
$P_{cc} = \sqrt{3}\, U_{cc} I_e \cos\varphi_{cc} \Rightarrow \cos\varphi_{cc} = \frac{700}{\sqrt{3}\cdot 40\cdot 14} = 0{,}7217$

$\varphi_{cc} = 43{,}81° \Rightarrow \text{sen}\,\varphi_{cc} = 0{,}6922$



$R_{ccf} = \frac{U_{ccf}\cos\varphi_{cc}}{I_{ef}} = \frac{40\cdot 0{,}7217}{\frac{14}{\sqrt{3}}} = 3{,}57\ \Omega$

$R_2' = R_{ccf} - R_{1f} = 3{,}57 - 2{,}5 = 1{,}07\ \Omega$



$X_{ccf} = \frac{U_{ccf}\,\text{sen}\,\varphi_{cc}}{I_{ef}} = \frac{40\cdot 0{,}6922}{\frac{14}{\sqrt{3}}} = 3{,}43\ \Omega$

$I_{2f}' = \frac{U_{1f}}{\sqrt{\left(R_{1f} + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{cc}^2}}$ $\quad M_i = \frac{3\cdot \frac{R_2'}{s} I_{21}'^2}{\frac{2\pi n_1}{60}}$

2. ARRANQUE ($s=1$)

NOMINAL ($s_n = \frac{1000-940}{1000} = 0{,}06$)

$I_{2fa}' = \frac{400}{\sqrt{\left(2{,}5 + \frac{1{,}07}{1}\right)^2 + 3{,}43^2}} = 80{,}80\ A$

$I_{nf} = \frac{400}{\sqrt{\left(2{,}5 + \frac{1{,}07}{0{,}06}\right)^2 + 3{,}43^2}} = 19{,}40\ A$

3.

$$M_a = \frac{3 \cdot \frac{1,07}{1}}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60}} \cdot 80,80^2 = 200,12 \ Nm$$

$$M_n = \frac{3 \cdot \frac{1,07}{0,06}}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60}} \cdot 19,40^2 = 192,28 \ Nm.$$

$$M_u = M_n - M_p = 192,28 - \frac{200}{\frac{2\pi \cdot 940}{60}} = 190,25 \ Nm$$

$$s_m = \frac{R_2'}{\sqrt{R_{1f}^2 + X_{cef}^2}} = \frac{1,07}{\sqrt{2,5^2 + 3,43^2}} = 0,252$$

$$M_m = \frac{3 \cdot \frac{1,07}{0,252} \cdot 400^2}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60}\left[\left(2,5 + \frac{1,07}{0,252}\right)^2 + 3,43^2\right]} = 339,81 \ Nm$$

4.

$$1 = \frac{R_2' + R_r'}{\sqrt{R_{1f}^2 + X_{cef}^2}} = \frac{1,07 + R_r'}{\sqrt{2,5^2 + 3,43^2}} \Rightarrow R_r' = 4,24 - 1,07 = 3,17 \ \Omega$$

$$m_1 = m_2 = 3. \qquad r_i = r_u = \frac{400}{\frac{520}{\sqrt{3}}} = 1,33$$

$$R_r' = r_u r_i R_r \Rightarrow R_r = \frac{R_r'}{r_u \cdot r_i} = \frac{3,17}{1,33 \cdot 1,33} = 1,79 \ \Omega$$

5.

$$\frac{80,80}{3} = \frac{400}{\sqrt{\left(2,5 + \frac{1,07}{s}\right)^2 + 3,43^2}} \qquad \left(\text{zi } x = \frac{1,07}{s}\right)$$

$$26,93^2 = \left[(2,5 + x)^2 + 3,43^2\right] = 400^2$$

$$6,25 + 5x + x^2 + 3,43^2 = \left(\frac{400}{26,93}\right)^2 = 220,62$$

$$x^2 + 5x - 202,61 = x \Rightarrow x = \frac{-5 \pm \sqrt{25 + 810,44}}{2} = \frac{-5 \pm 28,90}{2}$$

$$x = \begin{cases} 11,95 \\ -16,95 \end{cases} \Rightarrow s = \frac{1,07}{x} = \begin{cases} 0,09 \\ -0,063 \end{cases}$$

$$s = \frac{n_1 - n_r}{n_1} \Rightarrow \frac{1000 - n_r}{1000} = 0,09 \Rightarrow n_r = 1000 - 0,09 \cdot 1000 = 910 \text{ rpm}$$

$$M_i = \frac{3 \cdot \frac{1,07}{0,09} \cdot 400^2}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60}\left[\left(2,5 + \frac{1,07}{0,09}\right)^2 + 3,43^2\right]} = 83,02 \ Nm.$$

6. $$s_g = \frac{1000-1060}{1000} = -0{,}06 \qquad R_c' = \frac{1.07(1+0{,}06)}{-0{,}06} = -18{,}90\,\Omega$$

$$Z_{12} = (2{,}5+1{,}07-18{,}90) + j3{,}43 = -15{,}33 + j3{,}43 = 15{,}71\,\underline{|+167{,}68°}$$

$$I_{2f}' = \frac{U_{1f}}{Z_{12f}} = \frac{400\underline{|0°}}{15{,}71\underline{|167{,}68}} = 25{,}46\,\underline{|-167{,}68°} = -24{,}87 - j5{,}43$$

$$I_{1f} = I_0 + I_{2f}' = (0{,}8 - j2{,}17) + (-24{,}87 - j5{,}43) = -24{,}07 - 7{,}60j$$

$$S = 3U_f I_{1f}^* = 3.400(-24{,}07 + j7{,}60) = -28884 + 9120 = P + jQ$$

$$P_1 = -28.884\,W \qquad Q = 9120\,VAr$$

$$P_{mg} = 3R_{cf}' \cdot I_{2f}'^{\,2} = 3(-18{,}90).25{,}46^2 = -36.753{,}60\,W$$

$$M_T = \frac{|P_{mg} + perd_{mec}|}{\frac{2\pi n_g}{60}} = \frac{36753{,}60+200}{\frac{2\pi.1060}{60}} = 332{,}90\,Nm$$