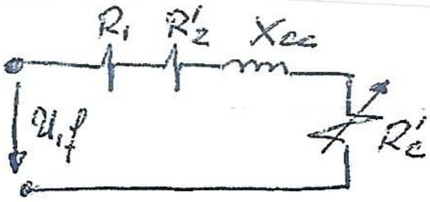
250619-ME

El circuito equivalente de un motor de inducción trifásico de 4 polos, conectado en estrella, presenta los siguientes valores: $R_1=R'_2=0,7\ \Omega$; $X_{cc}=3\ \Omega$.
Si se encuentra conectado a una red de 400 V, 50 Hz. Calcular:

a) Corriente de arranque y corriente de plena carga si el deslizamiento correspondiente a plena carga es del 3%.
b) Par de arranque, par de plena carga, par máximo y capacidad de sobrecarga del motor.
c) Si manteniendo la tensión de red, el motor se pasa a conexión triángulo, ¿cuáles serían en condiciones nominales, la velocidad, la corriente y el par?.
d) Determinar la velocidad de accionamiento si la máquina, conectada en triángulo, absorbe/cede una intensidad de 60 A. Determinar la potencia activa y reactiva que cede o consume de la red en cada uno de los casos anteriores, indicando si la máquina se comporta como motor, generador o freno.



$$n_s = \frac{60 f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ rpm.}$$

$$R'_c = \frac{R'_2(1-s)}{s} = \frac{0,7(1-0,03)}{0,03} = 22,63\ \Omega$$

a)
$$I'_{2f} = \frac{U_{1f}}{\sqrt{\left(R_1+\frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{cc}^2}} \Rightarrow \text{arranque } s=1 \Rightarrow I_{af} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\left(0,7+\frac{0,7}{1}\right)^2+3^2}} = \underline{69,76\ A}$$

nominal
$$s=0,03 \Rightarrow I_{nf} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\left(0,7+\frac{0,7}{0,03}\right)^2+3^2}} = \underline{9,54\ A}\ \lambda \Rightarrow I_{af} = I_{aL} = I_a$$

b)
$$M_a = \frac{3 \cdot \frac{R'_2}{1} I_a^2}{\frac{2\pi n_s}{60}} = \frac{3 \times \frac{0,7}{1} \times 69,76^2}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60}} = \underline{65,05\ Nm.}$$

$$M_n = \frac{3 \cdot \frac{0,7}{0,03}\ 9,54^2}{\frac{2\pi\ 1500}{60}} = \underline{40,05\ Nm.} \qquad s_m = \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2+X_{cc}^2}} = \frac{0,7}{\sqrt{0,7^2+3^2}} = 0,227$$

$$M_{max} = \frac{3 \cdot \frac{R'_2}{s_m} \cdot U_{1f}^2}{\frac{2\pi n_s}{60}\left[\left(R_1+\frac{R'_2}{s_m}\right)^2+X_{cc}^2\right]} = \frac{3 \cdot \frac{0,7}{0,227}\left(\frac{400}{\sqrt{3}}\right)^2}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60}\left[\left(0,7+\frac{0,7}{0,227}\right)^2+3^2\right]} = \underline{134,71\ Nm.}$$

$$CS = \frac{M_{max}}{M_n} = \frac{134,71}{40,05} = 3,36$$

c)
$$\frac{M_{n\lambda}}{M_{n\Delta}} = \frac{k\left(\frac{U}{\sqrt{3}}\right)^2}{k \cdot U^2} = \frac{1}{3} \Rightarrow M_{n\Delta} = 3 \cdot M_{n\lambda} = 3 \cdot 40,05 = \underline{120,15\ Nm}$$

$$\left.\begin{aligned} I_{nf\lambda} &= \frac{U_f}{\sqrt{Z_{cc}^2}} = \frac{\frac{U}{\sqrt{3}}}{Z_{cc}} \\ I_{nf\Delta} &= \frac{U}{Z_{cc}} \end{aligned}\right\} \frac{I_{nf\lambda}}{I_{nf\Delta}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$I_{nf\Delta} = \sqrt{3} \cdot I_{nf\lambda} = \sqrt{3} \cdot 9,54 = \underline{16,52\ A}$$

$$I_{nL\Delta} = \sqrt{3} \cdot I_{nf\Delta} = 28,62$$

$$M_{n\Delta} = 120{,}15 = \frac{3 \cdot \frac{0{,}7}{s} \cdot 16{,}52^2}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60}} \Rightarrow 120{,}15 = \frac{3{,}65}{s} \Rightarrow s = \frac{3{,}65}{120{,}15} = 0{,}03$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \Rightarrow n_r = n_s(1-s) = 1500\,(1-0{,}03) = \underline{1.455 \text{ rpm}}$$

d). Absorbe 60 A

$$\frac{60}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{\left(0{,}7 + \frac{0{,}7}{s}\right)^2 + 3^2}} \qquad \text{si } x = \frac{0{,}7}{s}$$

$$(0{,}7 + x)^2 + 3^2 = \frac{400^2 \cdot 3}{60^2} = 133{,}33$$

$$0{,}49 + x^2 + 1{,}4x = 133{,}33 \Rightarrow x^2 + 1{,}4x - 132{,}84 = 0$$

$$x = \frac{-1{,}4 \pm \sqrt{1{,}96 + 531{,}36}}{2} = \frac{-1{,}4 \pm 23{,}09}{2} = \begin{cases} 10{,}85 \\ -12{,}245 \end{cases}$$

$$s = \frac{0{,}7}{x} = \begin{cases} 0{,}065 & \text{MOTOR} \\ -0{,}057 & \text{GENERADOR} \end{cases}$$

$$M \Rightarrow n_r = n_s(1-s) \Rightarrow \quad n_r = 1500\,(1-0{,}065) = 1.402 \text{ rpm.}$$

$$G \Rightarrow n_r = n_s(1+s) \Rightarrow \quad n_r = 1500\,(1+0{,}057) = 1.585 \text{ rpm}$$

MOTOR. $R'_c = \frac{R'_2(1-s)}{s} = \frac{0{,}7\,(1-0{,}065)}{0{,}065} = 10\ \Omega$

$$Z_{12} = (R_1 + R'_2 + R_c) + j\,X_{cc} = (0{,}7 + 0{,}7 + 10) + j3 = 11{,}4 + j3 = 11{,}79 \angle 14{,}74$$

$$I'_{2f} = \frac{U_f}{Z_{12}} = \frac{400 \angle 0^\circ}{11{,}79 \angle 14{,}74} = 33{,}93\,A \angle -14{,}74 = 32{,}81 - j\,8{,}63$$

$$S = 3 \cdot U_f \cdot I'^{*}_{2f} = 3 \cdot 400 \cdot (32{,}81 + j\,8{,}63) = \underline{39.372} + j\,10356 = P + jQ$$

GENERADOR. $R'_c = \frac{0{,}7\,(1+0{,}057)}{-0{,}057} = -12{,}98\ \Omega$

$$Z_{12} = (R_1 + R'_2 + R'_c) + j\,X_{cc} = (0{,}7 + 0{,}7 - 12{,}98) + j3 = -11{,}58 + j3 = 11{,}96 \angle 165{,}48$$

$$I_{12} = \frac{U_f}{Z_{12}} = \frac{400 \angle 0^\circ}{11{,}96 \angle 165{,}48} = 33{,}44 \angle -165{,}48 = -8{,}38 - j32{,}37$$

$$S = 3 \cdot U_f \cdot I'^{*}_{2f} = 3 \cdot 400 \cdot (-8{,}38 + j\,32{,}37) = -10.056 + j\,38.844 = P + jQ$$

Entrega a la red 10.056 W de potencia activa y consume 38.844 VAr de potencia reactiva