Ejercicio 2 (de Ejercicios de Máquinas Eléctricas-2)

Un motor trifásico de 4 kW; 400 V; 1.405 r.p.m.; 50 Hz; de anillos rozantes, tiene el rotor conectado en estrella y el estator en triángulo, ambos devanandos con igual número de espiras y similares factores de devanado.
La resistencia entre anillos del rotor es de 1,5 Ω y la inductancia rotórica por fase de 30 milihenrios.
Calcular:
1°. El deslizamiento y su par útil a plena carga.
2°. La resistencia por fase a intercalar en serie con el rotor para obtener el par de arranque máximo.
3°. El valor de la corriente de punta de arranque en el rotor.
4°. Aplicando a este motor un torno de elevación con un tambor de ϕ=0,5 m y una reducción de 1-20, calcular la velocidad a que subirá una carga de 270 kg. Rendimiento del mecanismo del torno, 0,92
Se aceptará que entre el sincronismo y el deslizamiento correspondiente al par máximo, lo pares útiles son proporcionales a los deslizamientos.

1)

$$M_u = \frac{P_u}{\omega} = \frac{P_u}{\frac{2\pi N}{60}} = \frac{4.000}{\frac{1.405 \cdot 2\pi}{60}} = 27,2 \text{ N.m} \Rightarrow \frac{27,2}{9,81} = 2,7 \text{ m.kp}$$

Teniendo en cuenta que la velocidad es de 1.405 rpm, se deduce que se trata de un motor de 4 polos y, entonces, la velocidad del campo giratorio será: $n_1 = \frac{60 f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1.500$ rpm

$$\left.\begin{array}{l} n_1 = 1.500 \text{ rpm} \\ n_r = 1.405 \text{ rpm} \end{array}\right\} s = \frac{n_1 - n_r}{n_1} = \frac{1.500 - 1.405}{1.500} = 0,0635 \quad s = 6,35\%$$

2) El par máximo en el arranque se tendrá para:

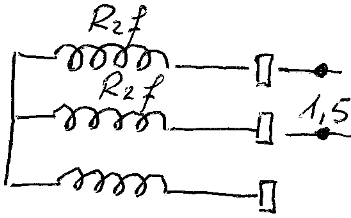
$$s_m = 1 = \frac{R_2' + R_{ad}'}{\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}}$$

Dado que los devanados del rotor y del estator tienen igual número de espiras ($N_1 = N_2$) y similares factores de devanado ($\xi_{d1} = \xi_{d2}$) y aunque no nos dicen nada sobre si la sección de las espiras del rotor es la misma que las del estator, vamos a suponer que es así y, entonces:

$$r_{ti} = \frac{N_1 \xi_{d1}}{N_2 \xi_{d2}} = 1 \; ; \; r_{tu} = \frac{m_1 N_1 \xi_{d1}}{m_2 N_2 \xi_{d2}} = 1 \qquad R_{2f}' = R_{2f} = R_{1f}$$

$$X_{2f}' = X_{2f} = X_{1f}$$

Dado que el rotor está conectado en estrella y la resistencia medida entre los anillos rozantes es de 1,5 Ω, entonces:



$$R_2f = \frac{1,5}{2} = \underline{0,75\,\Omega}$$

En cuanto a la reactancia del rotor:

En movimiento, para $s \Rightarrow X_2f = w_2 L_2 = 2\pi f_2 \cdot L_2 = 2\pi \cdot s \cdot f_1 \cdot L_2$
$= 2\pi \cdot 0,0635 \cdot 50 \cdot 0,03 = \underline{0,6\,\Omega}$

En reposo, para $s = 1 \Rightarrow X_2f = 2\pi \cdot 1 \cdot 50 \cdot 0,03 = \underline{9,42\,\Omega}$

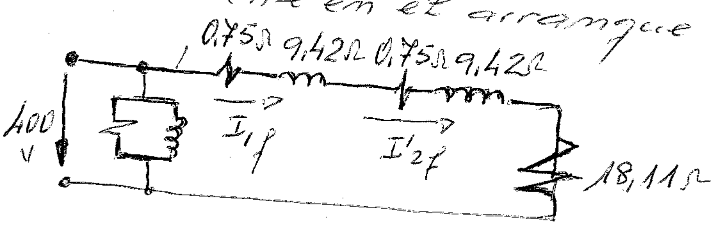
Así pues, en el arranque ($s=1$):

$$\left.\begin{array}{l} R_1 = R'_2f = R_2f = 0,75\,\Omega \\ X_1 = X'_2 = X_2 = 9,42\,\Omega \end{array}\right\} \quad 1 = \frac{0,75 + R'_{adf}}{\sqrt{0,75 + (9,42+9,42)^2}} \Rightarrow R'_{adf} = \boxed{18,11\,\Omega}$$

$R'_{adf} = R_{adf}$

La resistencia a intercalar por fase ha de ser de 18,11 Ω

3) En estas condiciones, con la resistencia intercalada de 18,11 Ω, la corriente en el arranque valdrá:

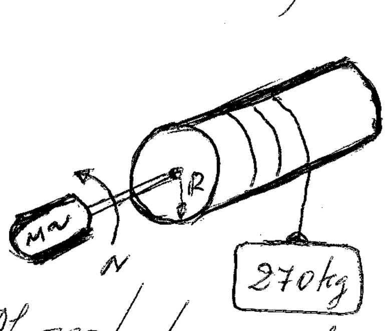


Dado que el estator está en triángulo $U_1f = U_{1L} = 400\,V$

$$I'_2f = \frac{400}{\sqrt{(0,75+0,75+18,11)^2 + (9,42+9,42)^2}} = \frac{400}{26,13} = \mathbf{15,31}\,A = I_2f$$

Como el rotor está en estrella $I_{2L} = I_2f = \underline{15,31\,A}$

4) El par resistente ofrecido por el peso de 270 kg, es:



$Mr = 270 \times R = 270 \times \frac{0,5}{2} = 67,5$ mkp.

Debido a la reducción el par resistente sin pérdidas aplicado al motor, valdrá:

$$\frac{1}{20} \times 67,5 = 3,375 \text{ mkp}$$

Como el rendimiento del mecanismo es 0,92 el par resistente total valdrá: $\frac{3,375}{0,92} = 3,7$ mkp

M_m. Al ser proporcionales así

$$\left.\begin{array}{l} 2,7 — 6,35\% \\ 3,7 — x \end{array}\right\} x = 8,7\%$$

$Nr = 1.500 - 0,087 \times 1.500 = 1.300$ rpm

$$V = \frac{2\pi Nr}{60} \times r \times \frac{1}{20} = \frac{2\pi \cdot 1300}{60} \cdot \frac{0,5}{2} \cdot \frac{1}{20} = \boxed{1,7\text{ m/s}}$$