PROBLEMA 5

El circuito equivalente de un motor de inducción trifásico de 4 polos conectado en ***estrella*** *tiene los siguientes parámetros:*

- $\boldsymbol{R_1 = R'_2 = 0'85\ \Omega}$
- $\boldsymbol{X_{cc} = 5\ \Omega}$

Si la red a la que se encuentra conectado el devanado estatórico del motor de referencia es de ***380 V*** *y* ***50 Hz****, se pide:*

1º) Velocidad en r.p.m. del campo giratorio debido a las corrientes estatóricas.
2º) Intensidad de la corriente de arranque.
3º) Intensidad de la corriente de plena carga si en tales condiciones el deslizamiento es $\boldsymbol{s_n = 0'04}$.
4º) Velocidad nominal de plena carga.
5º) Par de plena carga.
6º) Par de arranque.
7º) Velocidad del rotor en r.p.m. para la que el par (M_i) *es máximo.*
8º) Intensidad de la corriente que corresponde al par máximo y valor de éste.
9º) Velocidad del motor cuando absorbe de la red una corriente de valor MITAD que la del arranque y par desarrollado por la máquina en ese instante.
10º) Pérdidas en el cobre rotórico en las condiciones de par máximo.
11º) Representación gráfica del diagrama Par = Velocidad.

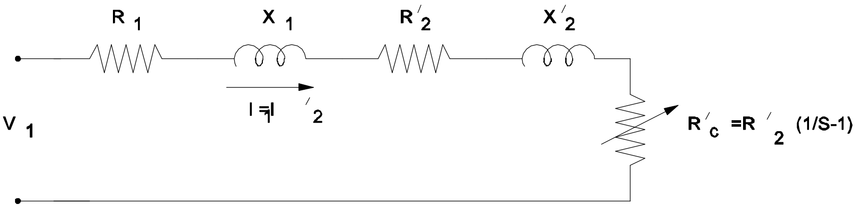
)))))))))))))))))))))))))

SOLUCIÓN

1º) Siendo: $p\, n_1 = 60\, f_1$, se tendrá:

$$n_1 = \frac{60\, f_1}{P} = \frac{60 \times 50}{2} = 1.500\ r.p.m. \quad (velocidad\ síncrona)$$

2º)



La intensidad de la corriente de arranque será:

$$I_{1a} \sim I'_{2a} = \frac{V_1/\sqrt{3}}{\sqrt{\left(R_1 + \dfrac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{cc}^2}}$$

que, en este caso, equivale a:

$$I_{1a} = \frac{380/\sqrt{3}}{\sqrt{(0'85 + 0'85)^2 + 5^2}} = 41'54\ A$$

3º) La intensidad de la corriente de plena carga tendrá por valor:

$$I_{1n} = \frac{380/\sqrt{3}}{\sqrt{\left(0'85 + \dfrac{0'85}{0'04}\right)^2 + 5^2}} = 9'68\ A$$

4º) La velocidad del rotor para la plena carga será:

$$n = n_1\,(1 - s) = 1.500\,(1 - 0'04) = 1.440\ r.p.m.$$

5º) La expresión del par interno, según se sabe, es:

$$M_1 = \frac{3\left(\dfrac{U_1}{\sqrt{3}}\right)^2 \dfrac{R'_2}{s}}{\dfrac{2\,\pi\,n_1}{60}\left[\left(R_1 + \dfrac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{cc}^2\right]}$$

Para plena carga (s = 0'04) resulta:

$$M_i(n) = \frac{380^2 \times \dfrac{0'85}{0'04}}{\dfrac{2\,\pi \times 1.500}{60}\left[\left(0'85 + \dfrac{0'85}{0'04}\right)^2 + 5^2\right]} = \frac{3.068.500}{80.646'25} = 38'05\ N \cdot m$$

6º) El par de arranque valdrá, por su parte:

$$M_i(a) = \frac{380^2 \times 0'85}{\dfrac{2\,\pi \times 1.500}{60}\,(1'7^2 + 5^2)} = \frac{122.740}{4.380'95} = 28\ N \cdot m$$

7º) El deslizamiento para el que el par es máximo tiene por valor:

$$s_{Mmáx} = \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}} = \frac{0'85}{\sqrt{0'85^2 + 5^2}} = 0'1676$$

A ese deslizamiento corresponde una velocidad:

$$n = n_1\,(1 - s) = 1.500\,(1 - 0'1676) = 1.248'6\ r.p.m.$$

8º) La intensidad de la corriente para la situación de par máximo será:

$$I_m = \frac{380/\sqrt{3}}{\sqrt{\left(0'85 + \dfrac{0'85}{0'1676}\right)^2 + 5^2}} = 28'31\ A$$

El par máximo tendrá por valor:

$$M_{máx} = \frac{380^2 \times \dfrac{0'85}{0'1676}}{50\,\pi\left[\left(0'85 + \dfrac{0'85}{0'1676}\right)^2 + 5^2\right]} = \frac{732.338'9}{9.435'04} = 77'62\ N \cdot m$$

9º) La intensidad de la corriente mitad de la de arranque es:

$$I'_a = \frac{I_a}{2} = \frac{41'54}{2} = 20'77\ A$$

Se verificará en consecuencia:

$$20'77 = \frac{380/\sqrt{3}}{\sqrt{\left(0'85 + \frac{0'85}{s}\right)^2 + 5^2}} \quad , \quad \text{es decir:}$$

$$\left(\frac{20'77\ \sqrt{3}}{380}\right)^2 = \frac{1}{\left(0'85 + \frac{0'85}{s}\right)^2 + 25}$$

que se convierte en:

$$0'00896245 = \frac{1}{A^2 + 25}$$

siendo A = 0'85 + 0'85/s. Con ello: $A^2 + 25 = 111'576$ Por tanto: A= ±9'3.

Se tendrá, por tanto:

$$s_1 = \frac{0'85}{9'3 - 0'85} = 0'10$$

El valor A= -9'3 no sirve porque daría lugar a un deslizamiento negativo.

Para el deslizamiento 0'10, la velocidad correspondiente será:

$$n = n_1\ (1 - s) = 1.500\ (1 - 0'10) = 1.350\ r.p.m.$$

Por su parte, el par para s = 0'10 tendrá por valor:

$$M'_{ia} = \frac{380^2 \times \frac{0'85}{0'1}}{50\ \pi \left[\left(0'85 + \frac{0'85}{0'1}\right)^2 + 5^2\right]} = \frac{1.227.400}{17.659'28} = 69'5\ N \cdot m$$

10º) La potencia interna P_{mi} resulta de restarle a la potencia P_a que llega al rotor (potencia electromagnética) la potencia perdida en el devanado del rotor:

$$P_{mi} = P_a - P_{Cu2} = P_a - s\,P_a = P_a\,(1 - s)$$

Por ello:

$$P_{Cu2} = s\,P_a = \frac{s\,P_{mi}}{1 - s} = \frac{s}{1 - s}\,M_i\,\Omega$$

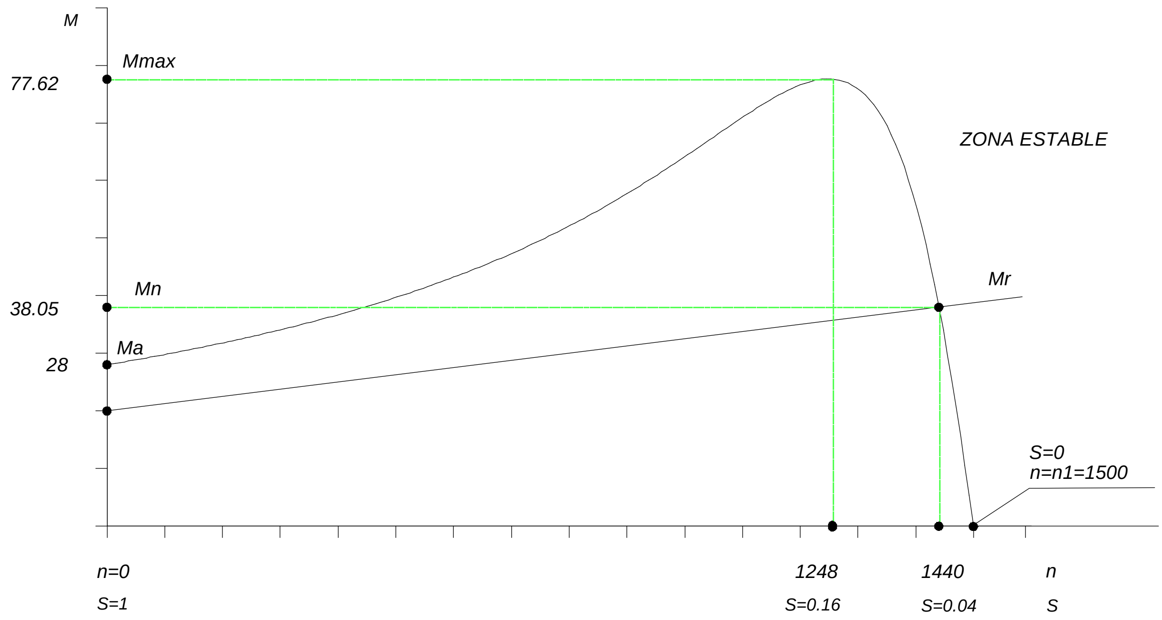
Para el par máximo (apartado 7º) la velocidad es n = 1.248'6 r.p.m. que corresponde a una velocidad angular:

$$\Omega = \frac{2\,\pi \times 1.248'6}{60} = 130'75\ rad/s$$

Por fin:

$$P_{Cu2} = \frac{0'1676}{1 - 0'1676} \times 77'62 \times 130'75 = 2.043'4\ W = 2'043\ kW$$

11º)



Con los resultados hallados se podría dibujar de forma aproximada la curva $M_i = f(n)$ según se ve en la figura.

El coeficiente de estabilidad, en este caso, ascenderá a:

$$C.E. = \frac{M_{máx}}{M_n} = \frac{77'62}{38'05} = 2'04$$

está dentro de lo normalmente aceptado para un motor como el estudiado.