

Una máquina asíncrona trifásica, de rotor bobinado, está conectada en triángulo a una red de 400 V, 50 Hz, siendo su velocidad nominal actuando como motor de 1430 rpm. Se somete a esta máquina a ensayos y se obtienen los siguientes resultados:

ENSAYO EN VACÍO: 400 V, 8A, 1200 W

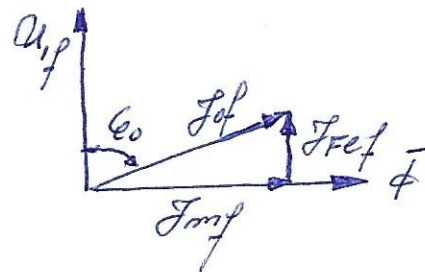
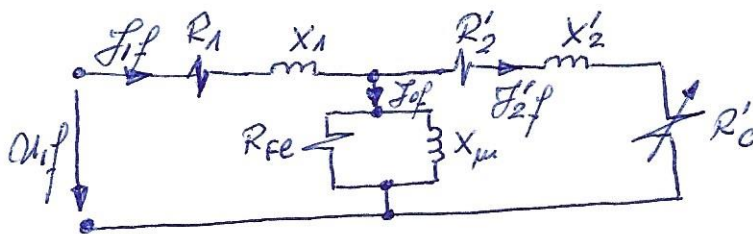
ENSAYO A ROTOR BLOQUEADO: 50 V, 16 A, 1000 W.

Medida de la resistencia del estator en caliente = 1.5Ω

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 en el funcionamiento de la máquina como motor.
4. Determinar la resistencia del reóstato (vista en el estator) que sería preciso añadir en serie con el rotor para obtener el par máximo en el arranque.
5. Determinar la velocidad de accionamiento si la máquina absorbe una intensidad de 135 A. ¿Y si cede 135 A?. Determinar la potencia activa que cede o absorbe de la red en cada uno de los casos anteriores, indicado si la máquina se comporta como motor, generador o freno.



$$1.- P_{Fe} = 1.200 - 3 \times 1.5 \cdot \left(\frac{8}{\sqrt{3}}\right)^2 - 300 = 804 \text{ W}$$

$$P_{Fe} = \sqrt{3} \cdot U_0 I_0 \cos \epsilon_0 \Rightarrow \cos \epsilon_0 = \frac{P_{Fe}}{\sqrt{3} U_0 I_0} = \frac{804}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8} = 0.1451 \Rightarrow \epsilon_0 = 81.66^\circ$$

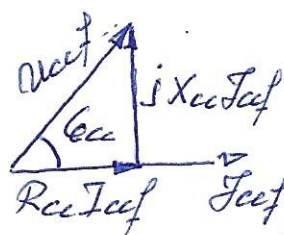
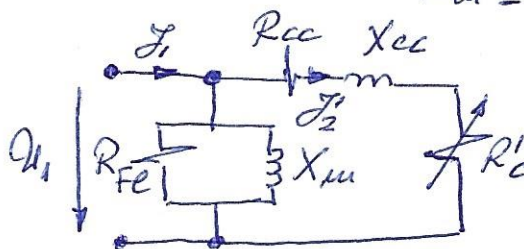
$\sin \epsilon_0 = 0.9894$

$$I_{f_{fc}} = I_{0f} \cdot \cos \epsilon_0 = \frac{8}{\sqrt{3}} \cdot 0.1451 = 0.67 \text{ A}$$

$$R_{Fe} = \frac{U_{0f}}{I_{f_{fc}}} = \frac{400}{0.67} = 597 \Omega$$

$$I_{mf} = I_{0f} \cdot \sin \epsilon_0 = \frac{8}{\sqrt{3}} \cdot 0.9894 = 4.57 \text{ A}$$

$$X_{mu} = \frac{U_{0f}}{I_{mf}} = \frac{400}{4.57} = 87.53 \Omega$$



$$R_{cc} \cdot I_{ccf} = U_{cc} \cdot \cos \epsilon_{cc}$$

$$X_{cc} \cdot I_{ccf} = U_{cc} \cdot \sin \epsilon_{cc}$$

$$P_{cc} = \sqrt{3} \cdot U_{cc} I_{cc} \cos \epsilon_{cc} \Rightarrow \cos \epsilon_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} U_{cc} I_{cc}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 50 \cdot 16} = 0.7217$$

$\epsilon_{cc} = 43.81^\circ$

$$R_{ccf} = \frac{U_{cc} \cos \epsilon_{cc}}{I_{ccf}} = \frac{50 \cdot 0.7217}{\frac{16}{\sqrt{3}}} = 3.91 \Omega$$

$$X_{cc} = \frac{U_{cc} \sin \epsilon_{cc}}{I_{ccf}} = \frac{50 \cdot 0.6922}{\frac{16}{\sqrt{3}}} = 3.75 \Omega$$

$$R'_{2f} = 3.91 - 1.5 = 2.41 \Omega$$

2.

$$I'_{2f} = \frac{U_r}{\sqrt{(R_1 + \frac{R'_2}{s})^2 + X_{cc}^2}}$$

- arraque $s=1 \rightarrow I'_{2af} = \frac{400}{\sqrt{(1,5 + \frac{2,41}{1})^2 + 3,75^2}} = 73,83 \text{ A}$

- nominal $s_n = \frac{1500 - 1430}{1.500} = 0,046 \approx 0,04\%$

$$I'_{2nf} = \frac{400}{\sqrt{(1,5 + \frac{2,41}{0,04\%})^2 + 3,75^2}} = 7,56 \text{ A}$$

3.

$$M_i = \frac{3 \frac{R'_2}{s} U_r^2}{\frac{2\pi n s}{60} [(R_1 + \frac{R'_2}{s})^2 + X_{cc}^2]} = \frac{3 \cdot \frac{R'_2}{s} I_{2f}^2}{\frac{2\pi n s}{60}}$$

arraque $s=1$

$$M_a = \frac{3 \cdot \frac{2,41}{1}}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60}} \cdot 73,83^2 = 250,89 \text{ Nm}$$

nominal $s=0,04\%$

$$M_n = \frac{3 \cdot \frac{2,41}{0,04\%}}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60}} \cdot 7,56^2 = 55,9\% \text{ Nm}$$

máximo $s_m = \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}} = \frac{2,41}{\sqrt{1,5^2 + 3,75^2}} = 0,6$

$$M_{max} = \frac{3 \cdot \frac{2,41}{0,6} \cdot 400^2}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60} [(1,5 + \frac{2,41}{0,6})^2 + 3,75^2]} = 275,84 \text{ Nm}$$

útil

$$M_u = M_n - M_p = 55,9\% - \frac{300}{\frac{2\pi \cdot 1430}{60}} = 53,9\% \text{ Nm}$$

4..

$$s_m = \frac{R'_2 + R'_a}{\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}} = 1 \quad \frac{2,41 + R'_a}{\sqrt{1,5^2 + 3,75^2}} = 1$$

$$4,04 = 2,41 + R'_a \rightarrow R'_a = 1,63 \Omega$$

5.- Si una máquina asíncrona con una corriente nominal de fase $I_{2nf} = 7,56 \text{ A}$ absorbe, o cede, 135 A de línea, es decir, en este caso, $135/\sqrt{3} = 77,94 \text{ A}$, si no actúan las protecciones (térmico, magnetotérmico, o simples fusibles), se quema. FIN DEL PROBLEMA.

Si, con todo ello, queremos seguir adelante haciendo cálculos, tendremos, en el caso de no considerar I_0

• Absorbe 135 A . $\frac{135}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{(1,5 + \frac{2,41}{s})^2 + 3,75^2}}$ si $x = \frac{2,41}{s}$

$$(1,5 + x)^2 + 3,75^2 = \frac{400^2 \cdot 3}{135^2} \Rightarrow x^2 + 3x + 16,31 - 26,34 = 0$$

$$x^2 + 3x + 10,02 = 0 \quad x = \frac{-3 \pm \sqrt{9 + 40,08}}{2} = \frac{-3 \pm 7}{2} = \begin{matrix} 2 \\ -5 \end{matrix}$$

$$s = \frac{2,41}{x} = \begin{matrix} 1,205 \\ -0,482 \end{matrix} \Rightarrow s > 1 \Rightarrow \text{Funciona como FRENO.}$$

como generador, pero una máquina asíncrona que absorbe 135 A , no tiene sentido que funcione como generador.
FRENO: cede

$$s_F = 1,205 \Rightarrow n_r = n_s(1-s) = 1500(1-1,205) = -307,5 \text{ rpm.}$$

$$R'_c = \frac{R'_2(1-s)}{s} = \frac{2,41(1-1,205)}{1,205} = -0,41 \Omega$$

$$Z_{12} = (R_1 + R'_2 + R'_c) + jX_{cc} = (1,5 + 2,41 - 0,41) + j3,75 = 3,5 + j3,75 = 5,13 \angle 46,9^\circ$$

$$I'_{2f} = \frac{V_{1f}}{Z_{12}} = \frac{400 \angle 0^\circ}{5,13 \angle 46,9^\circ} = 77,97 \angle -46,9^\circ = 53,20 - j57,9$$

$$S = 3 \cdot V_{1f} \cdot I'_{2f}^* = 3 \cdot 400(53,20 + j57,9) = 63.840 + j69.480 = P + jQ$$

En el caso de considerar la corriente de vacío, se tendría:

$$I_{0f} = 0,67 - j4,57 \quad I_{1f} = I_{0f} + I'_{2f} = (53,20 + 0,67) - j(57,9 + 4,57) = 53,87 - j62,47$$

$$S = 3 V_{1f} I_{1f}^* = 3 \cdot 400(53,87 + j62,47) = 64.644 + j74.964$$

GENERADOR.

$$s_g = -0,482 \quad n_{rg} = n_s(1-s) = 1500(1+0,482) = 2.223 \text{ rpm}$$

$$R'_c = \frac{R'_2(1-s)}{s} = 2,41 \cdot \frac{(1+0,482)}{-0,482} = -7,41 \Omega$$

$$Z_{12} = (1,5 + 2,41 - 7,41) + j3,75 = -3,5 + j3,75 = 5,13 \angle 133,03^\circ \Omega$$

$$I'_{2f} = \frac{V_{1f}}{Z_{12}} = \frac{400 \angle 0^\circ}{5,13 \angle 133,03^\circ} = 77,97 \angle -133,03^\circ = -53,21 - j57$$

$$S_g = 3 \cdot V_{1f} \cdot I'_{2f}{}^* = 3 \cdot 400 \cdot (-53,21 + j57) = -63.846 + j68.400 = P_g + jQ_g$$

En caso de considerar la corriente de vacío, se tendrá:

$$I_{1f} = I_{0f} + I'_{2f} = (-53,21 + 0,67) - j(57 + 4,57) = -52,54 - j61,57$$

$$S_g = 3 \cdot 400 (-52,54 + j61,57) = -63.048 + j73.884 = P_g + jQ_g$$

En este caso, la máquina asíncrona funcionando como generador, generaría una potencia activa de 63.048 W y absorbería una potencia reactiva de 73.884 VAR.