17 FEBRERO 2002. 1/9

Ex. de: MÁQUINAS ELÉCTRICAS.
CONVERSIÓN ELECTROMECÁNICA.

PROBLEMA 1. Se está estudiando la aplicación de un motor de inducción trifásico para mover una carga mecánica cuyo par resistente se puede considerar constante (independiente de la velocidad de su eje). La fuente que se dispone es de 220V, 50 Hz de potencia infinita y se elijió un motor con el criterio de que su par nominal fuera igual al de la carga.

El motor seleccionado presenta las siguientes características: *20 HP, 220V, 50Hz, Δ/Y, rotor bobinado, para **cada fase** del estator (Δ) se tiene: resistencia 0,09 ohm, reactancia 1,2 ohm (a 50 Hz);*
*para **cada fase** del rotor (Y) se tiene: resistencia 0,023 ohm, reactancia 0,209 ohm (a 50 Hz);*
Con el estator a tensión nominal y el rotor en circuito abierto y detenido se mide entre sus anillos 176V
Con el motor en vacío a tensión y frecuencia nominal se mide una corriente de línea de 15 A y un consumo de 1100W, y una velocidad de aporoximadamente 1500 rpm.

Se pide:

a) Mostrar que el motor no arranca con la carga aplicada.
b) Para solucionar lo anterior se decide conectar resistencias en el rotor.
   b1) Determinar el mínimo valor de las resistencias para que el motor arranque
   b2) Determinar la mínima velocidad del motor a la cual pueden cortocicuítarse las resistencias interpuestas en el rotor calculadas en b1, sin que se detenga el proceso de arranque
c) Muestre gráficamente (sin realizar cálculos) a que velocidad del motor cortocicuitaría las resistencias interpuestas en el rotor calculadas en b1, si Ud ahora, quisiera que el tiempo de arranque fuera el menor posible.

PROBLEMA 2. Una planta industrial presenta un diagrama unifilar básico como el indicado en la figura

La fuente es de potencia infinita, trifásica, 30kV, 50 Hz.

T: Transformador trifásico ideal 31,5/6,3 kV.

MS: Máquina sincrónica de tensión nominal 6 kV, corriente nominal 20 A, 50 Hz, estator en estrella.

Ensayo en vacío a 50 Hz:

Excitación A	5	10	15	20	25	30	39
Tensión entre fases kV	2,2	4,4	6	6,9	7,5	7,8	8,25

Ensayo en c.c: corriente excitación 10 A, corriente de c.c 12 A

Ensayo en devatado bajo tensió nominal: corriente de excitación 32 A, corriente devatada 15 A.

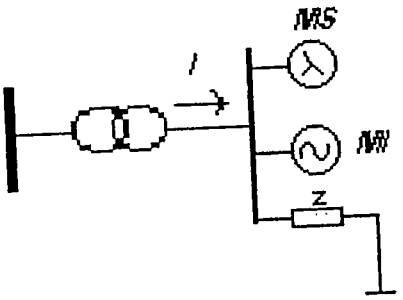
La fuente de continua de excitación no puede entregar más de 39 A.

MI: Motor de Inducción trifásico, 160 HP, 6 kV, 50 Hz, $\cos\varphi_n = 0{,}85$, rendimiento nominal = 89%, rotor de jaula, estator en triángulo.

L: Carga pasiva que consume 100 kW y 75 kVar bajo 6 kV.

a) Determinar la corriente de excitación de MS tal que minimice la corriente en el secundario del transformador, y calcular dicho valor, cuando el motor de inducción trabaja con carga nominal, está conectada la carga L y la máquina sincrónica gira con su eje en vacío.
b) En las condiciones de corriente mínima de línea establecidas en a) calcular el par máximo de carga que puede arrastrar la máquina sincrónica como motor sin sobrecargarse. Fundamentando sin realizar cálculos diga si la excitación permanece incambiada respecto a lo establecido en a).
c) Funcionando en las condiciones de a), puede aplicarle a MS "abruptamente" la carga determinada en b)? (para esta parte se utilizará para la MS el modelo simple de la reactancia sincrónica, admitiendo además que la reactancia es constante para cualquier valor de la excitación.)

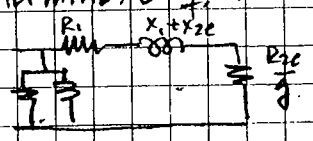
Nota: Se desprecian todas las pérdidas de la MS y se admitirá la linealización por tramos de la curva de vacío.



DEPARTAMENTO DE FAC. INGENIERIA DOCUMENTACION Y

EMA 1 — 17 — 2pc.

determino c. eq. motor x equivalente



$R_1 = \frac{1}{3} R_\Delta = 0.03\,\Omega$ $\quad X_1 = \frac{1}{3} X_{1\Delta} = 0.4\,\Omega$ // $m = \frac{U_{20}}{U_1} = \frac{176}{220} = 0.8$

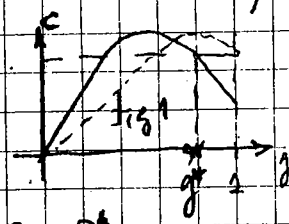
$R_{2e} = \frac{R_2}{m^2} = \frac{0.023}{0.8^2} \cong 0.036\,\Omega$ $\quad X_{2e} = \frac{X_2}{m^2} = \frac{0.209}{0.8^2} \cong 0.326\,\Omega$

Calculo carga aplicada $C(g) = \frac{3V_1^2}{\omega_s} \frac{R_{2e}/g}{(R_1+\frac{R_{2e}}{g})^2+X^2} = \frac{20\times 745}{\omega_s(1-g)} = \frac{P_N}{\omega}$ $\Big\} \Rightarrow \boxed{C_n = 95{,}9\ Nm}$

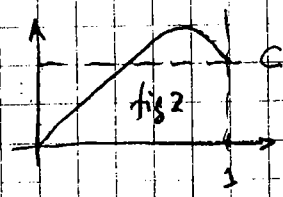
Sustituyo y opero $\boxed{g = 0{,}0121}$

Calculo par de arranque $C(1) \cong 20{,}87 \Rightarrow \boxed{C_{arranque} < 95{,}9\ Nm}$ no arranca.

b) La sit. es



Para a



$\Rightarrow$ Calculo $R_{2e}^* = R_{2e} + R'_{2e}$ ∴ tenga fig 2

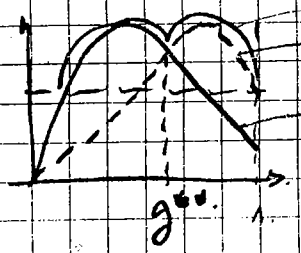
$\Rightarrow$ Quito R en g^* fig 1.

b1) Luego $\frac{3V_1^2}{\omega_s} \frac{R_{2e}^*}{(R_1+R_{2e}^*)^2+X^2} \cong 95{,}9 \Rightarrow \frac{220^2}{95{,}9 \cdot 50\pi} R_{2e}^* = (0.03^2 + 0.06 R_{2e}^* + R_{2e}^{*2}) + 0.726^2 = 3{,}21 R_{2e}^*$

$\Rightarrow R_{2e}^{*2} - 3.15 R_{2e}^* + 0{,}528 = 0 \Rightarrow R_{2e}^* = \frac{3.15 \pm \sqrt{3.15^2 - 4 \cdot 0.528}}{2} = 0{,}178 \rightarrow R'_{2e} = 0{,}14 \Rightarrow \boxed{R = 0{,}09\ \Omega}$

b2) Calculo g^*: $\frac{3V_1^2}{\omega_s} \frac{R_{2e}/g}{(R_1+\frac{R_{2e}}{g})^2+X^2} = 95{,}9$ que es la sol. no tenida en 1). $g = 0{,}1659 \Rightarrow \boxed{n = 1251\ rpm}$

c) La evolución del tiempo arranque mín $\Rightarrow$ Par máx en esa evolución. $\Rightarrow$



$\Rightarrow n_{ce} = 1500(1-g^{**})$

DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACIÓN Y BIBLIOTECA FAC. INGENIERIA

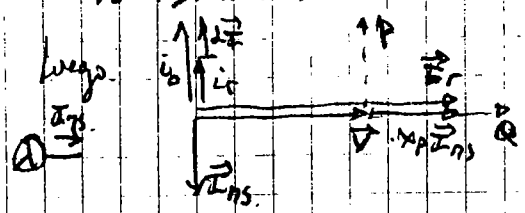
BLEMA 2 Calculo modelo de Potier procedimiento usual. $\boxed{d=0{,}66}$ $\boxed{X_p = 44{,}26\,\Omega}$

Quiero corriente mínima la fuente debe ver una "resistencia" $\uparrow$ $Q=0$ $\rightarrow$ Q_s, $\rightarrow$ 83 kvar, $\rightarrow$ 75 kvar

Factor Ind. $\Rightarrow P_n = \frac{160 \times 745}{0{,}89} = 134$ kw. $\Rightarrow Q_n = 134\,10^3$ tg Arcos 0,85 = 83 kvar.

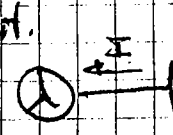
$\Rightarrow Q_s = 158$ kvar. $\Rightarrow$ MS trabaja sobre excitado con $I_{ns} = \frac{158\,10^3}{\sqrt{3}\,6\,10^3} = 15.2$ A. 2/3

Luego.



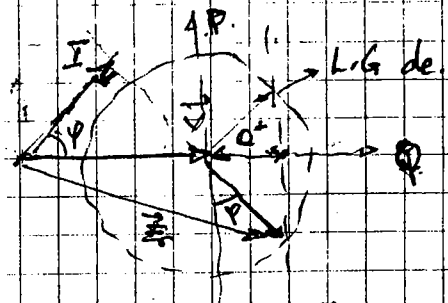
$\Rightarrow \vec{E}_r = \frac{6}{\sqrt{3}}10^3 + 44.26 \times 15.2 = 4.137 \Rightarrow i_r \cong 224 \Rightarrow \boxed{i_0 = 324}$

b) Sat.



$\vec{V} = \vec{E}_r + X_p \vec{I}$

$\vec{E}_r = \vec{V} - X_p \vec{I}$



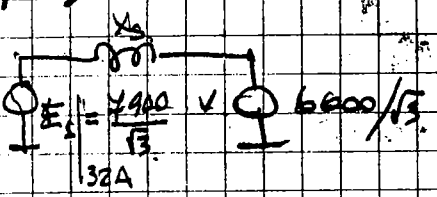
L.G de $20 X_p$ ($I = I_n$)

La excitación cambia (sube)!

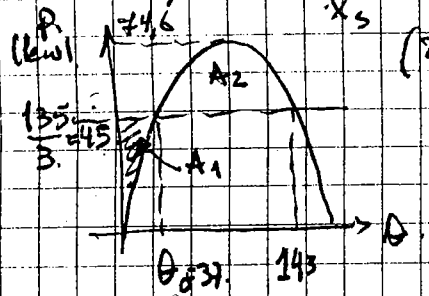
$\rightarrow \boxed{P = 135 \text{ kw}}$

$\Rightarrow Q = 158\,10^3 = \sqrt{3}\,6\,10^3 \times 20 \operatorname{sen}\varphi \Rightarrow \operatorname{sen}\varphi = 0{,}76 \Rightarrow \varphi = 49^\circ \Rightarrow P = \sqrt{3}\,6\,10^3 \times 20 \cos\varphi$

c) Calculo $X_s = \frac{E(10)}{12} = \frac{4.4\,10^3/\sqrt{3}}{12} = 211^{\circ}\,\Omega$



Transf. $P = \frac{E_s V}{X_s} \operatorname{sen}\theta$



(Fase) $\Rightarrow P = \frac{7400 \times 6000}{3 \times 211^{\circ}} \operatorname{sen}\theta \cong 74{,}6 \operatorname{sen}\theta$.

Se le podrá aplicar si $A_2 > A_1$ de lo contrario pierde sincronismo

θ_0 : $\operatorname{sen}\theta_0 = \frac{45}{74{,}6} = 0.6 \Rightarrow \theta_0 = 37^\circ$.

Luego.

$$\int_{37}^{143} (74{,}6 \operatorname{sen}\theta - 45)\, d\theta \overset{?}{>} \int_{0}^{37} (45 - 74{,}6 \operatorname{sen}\theta)$$

DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACIÓN Y ARCH. FAC. INGENIERIA