INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA

Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Parcial N°2 – 22 de noviembre de 2019.

Problema No. 1 (20 puntos)

Dos alternadores trifásicos iguales, conectados en estrella, cada uno de 700 kVA, 6,0 kV, están rígidamente acoplados a la misma maquina motriz. Los alternadores son de 20 polos, y tienen una resistencia por fase despreciable. Sus estatores están eléctricamente acoplados en paralelo a una red de potencia infinita de 6000V, 50 Hz.

El sistema de excitación es único para las dos máquinas, y se conectan los bobinados inductores en serie, trabajando entonces ambos con la misma corriente de excitación.

Los estatores de los alternadores están perfectamente alineados pero sus rotores están montados con un desplazamiento angular mecánico o geométrico de 3° uno respecto del otro.

Datos:

Maquinas Síncronas:

Ensayos a frecuencia nominal:

a) Ensayo en vacío:

iexc (A)	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	15,6
E (kV)	0	2,20	4,40	6,00	6,88	7,49	7,82	8,25

b) Reactancia de Potier: Xp = 48.1 Ohm

c) Ensayo en cortocircuito: iexc = 3 A, Icc= 9 A

Se pide:

1) (20%) Determinar el modelo completo de Potier de las maquinas síncronas.

2) (40%) Determinar el valor a ajustar a la corriente de excitación de forma que una de las máquinas solo entregue potencia activa a la red y la otra solo potencia reactiva.

3) (40%) Determinar el valor de las potencias activa y reactiva aportadas a la red.

Nota: Se asume que se trata de dos máquinas de polos lisos.

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA

Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Parcial N°2 – 22 de noviembre de 2019.

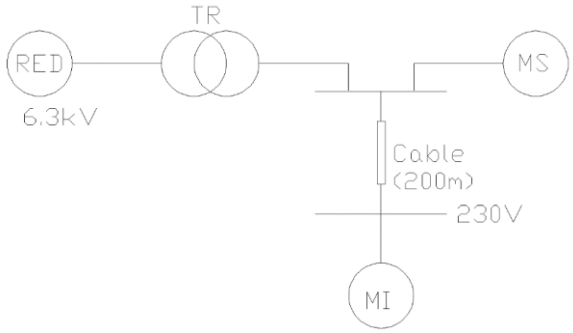
Problema No. 2 (20 puntos)

Se tiene una Máquina de Inducción (MI) con cuatro pares de polos. La misma se ensaya con una tensión de alimentación de 276V - 60Hz conectada a una carga cuyo comportamiento es lineal con la velocidad. Se midió el par, resultando en 97.5 Nm, con un deslizamiento de 2%.

Asimismo, se le realiza un ensayo de vacío, con 276V-60Hz resultando:

- $P_0 = 3\text{kW}$
- $Q_0 = 12.5\text{kVAr}$

La máquina se instala en una red de 230V – 50Hz, arrastrando la misma carga mecánica anterior, según se muestra en el esquema de la siguiente figura.



Datos de chapa del resto de los componentes:

MS: x = 12%, 230V, 200kVA, $E = 10i_{exc}$ (tensión compuesta) / $máx\{i_{exc}\} = 30A$

TR: x = 4%, 6.3/0.23 kV, 160kVA

Cable: $r_{cable} = 0.523\ \Omega/km$, largo = 200m (resistivo puro)

Hipótesis:

- Despreciar las pérdidas **en el cobre** de las máquinas y el transformador.
- La red se asume de potencia de CC infinita.
- Asumir que las pérdidas de vacío de MI tienen un comportamiento según $P_0 = kf\Phi^2$, donde f es la frecuencia de alimentación.

Se pide:

1) (25%) Determinar a qué velocidad queda operando MI en la red de 50Hz y la potencia activa que consume, si la máquina sincrónica (MS) fija la tensión en barras de MI a 230V funcionando como compensador síncrono.

2) (25%) Determinar la corriente de MI en el escenario del punto anterior.

3) (25%) Determinar la corriente de excitación de MS según la operación indicada en (1).

4) (25%) Se desconecta la red del sistema y la MS se regula para operar a 50Hz fijando la tensión en barras de MI en 230V y entregando en el eje la misma potencia determinada en (1). Determinar si es posible el punto de funcionamiento indicado en régimen permanente justificando su respuesta.

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA
Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Parcial N°2 – 22 de noviembre de 2019.

Teórico (10 puntos totales, todas las preguntas valen lo mismo)

1) Considere un transformador con el siguiente grupo de conexión:

   - Primario en estrella, neutro aislado.
   - Secundario en estrella, neutro aterrado.

   Indique qué características tiene la forma de onda de tensión fase-neutro secundaria. Comente qué diferencias se tendrían si el primario tuviera conexión triángulo.

2) Mostrar la expresión genérica del par motor en un convertidor lineal de dos excitaciones, en función de las inductancias propias y mutuas del mismo.

3) Indique cuáles son las dos formas de obtener par motor en una máquina rotativa, explicando brevemente qué características físicas de la máquina sustentan cada una de ellas.

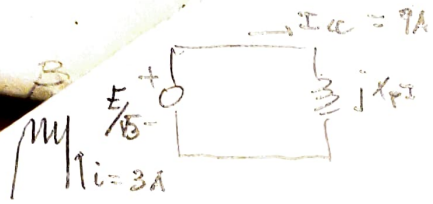
4) Explique qué sucede con el campo giratorio en una máquina rotativa trifásica si se desconecta una fase, permaneciendo las dos restantes conectadas.

5) Explique qué significado físico tiene el ángulo delta en una máquina síncrona y cómo varía el mismo cuando la máquina pasa de operar como generador a operar como motor.

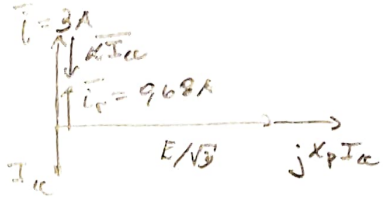
22/11/2019

Maquinas Electricas

B



$E = \sqrt{3} \times 48{,}1 \times 9 = 748{,}9 \Rightarrow i_r = 0{,}68A.$

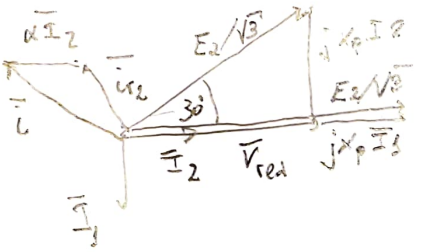


$\alpha 9 + 0{,}68 = 3$

$\Rightarrow \boxed{\alpha = 0{,}257}$

$\theta_e = p\,\theta_m$

(2)



$\frac{E_2}{\sqrt{3}} = \frac{V_{red}}{\cos 30} = 4004{,}7V \Rightarrow E_2 = 6928{,}1V$

$i_{r2} = 8{,}2\,A. \Rightarrow \bar{i}_{r2} = 8{,}2 \angle 120°$

$X_p I_2 = \sqrt{(E_2/\sqrt{3})^2 - V_{red}^2} = 2002{,}3\,V.$

$\Rightarrow I_2 = 41{,}6\,A \Rightarrow \alpha \bar{I}_2 = 10{,}6 \angle 0°$

$\bar{i}_r = \bar{i} + \alpha \bar{I}_2 \Rightarrow \bar{i} = 8{,}2\angle 120° - 10{,}2\angle 0° = -4{,}1 + j7{,}1 - 10{,}2 = -14{,}3 + j7{,}1$

$\bar{i} = 16 \angle 153{,}6° \Rightarrow \boxed{i = 16}$

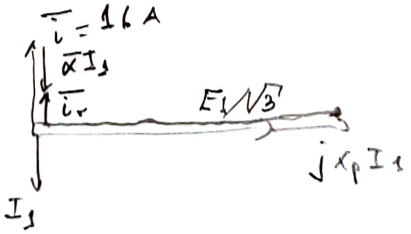
(3) Si bien los E en vacio son iguales en ambas maquinas, los E_r de Potier no tienen por que ser iguales, pues dependen del estado de saturacion de cada Maquina

Iterando: supongo $E_1 \xrightarrow{\text{curva}} i_{r1} \longrightarrow I_1 = \frac{16 - i_{r1}}{\alpha} \rightarrow X_p I_1 \longrightarrow E_1 = (V_{red} + X_p I_1)\sqrt{3}$

$\Rightarrow$ Solucion: $E = 7630V \Rightarrow i_{r1} = 10{,}85V$ $\quad I_1 = 20A$ $\quad X_p I_1 = 962V$ $\quad E = 7664V$

Si $I_1 = 20 \Rightarrow Q_1 = \sqrt{3} \times 6000 \times 20 = \underline{207{,}6\ KVAr}$

$P_2 = \sqrt{3} \times 6000 \times 41{,}6 = \underline{431{,}8\ kW}$



PROBLEMA 2 - Solución propuesta.

(1) $C = 97{,}5\,Nm.$

$g = 2\%$

ENS 60Hz $\rightarrow n_{oper.} = 887\,rpm. \Rightarrow$ @50Hz, 220V, $\phi = cte \Rightarrow$

* $C^{@50Hz,\,220V}(n) = \dfrac{-97{,}5}{750-732}\,(n-750)$

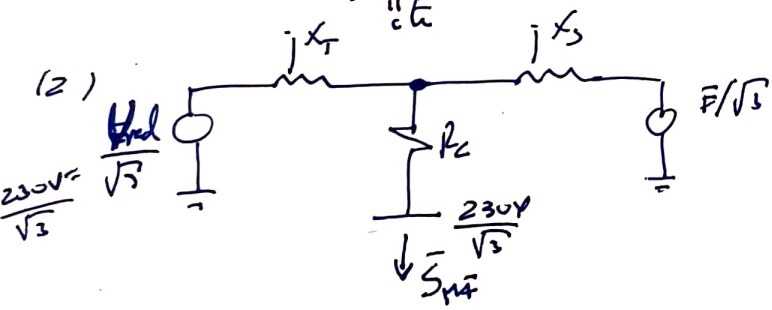
* Carga: $C_L(n) = \dfrac{97{,}5}{882}\cdot n$

$\Rightarrow \boxed{n = 735\,rpm.} \in [732, 750]\,rpm.$

$\Rightarrow C = 81{,}25\,Nm. \Rightarrow \boxed{P_{mec} = 6{,}254\,KW}$

$P_{TOT} = P_{mec} + \underbrace{P_0}_{\propto f\phi^2 = cte} + P_J^{\approx 0}$ latón $\Rightarrow \boxed{P_{MI}^{TOT} = 8{,}754\,KW}$

(2)

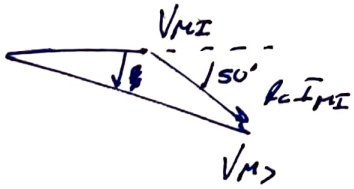


$Q_{MI} = \left(\dfrac{230}{276}\right)^2 \cdot \dfrac{6}{5} \cdot 12.5.10^3 = 10{,}4\,KVAr$

$\Rightarrow \bar{S}_{MI} = (8{,}754 + j\,10{,}4).10^3\,VA.$

$\Rightarrow \bar{I}_{MI} = 34\angle{-50}\,A$

$\Rightarrow \bar{V}_{MS} = \dfrac{230}{\sqrt{3}} + R_c \bar{I}_{MI}$



$\Rightarrow \bar{V}_{MS} = 135\angle{-1{,}2} \Rightarrow$ Tomo ref de fase V_{MS}

$\Rightarrow \boxed{\bar{I}_{MI} = 34\angle{-49°}\,A}$

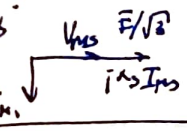
$X_T = 13\,m\Omega$

$X_S = 32\,m\Omega$

(3) V_{red}

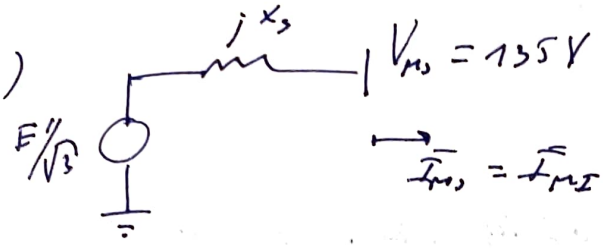
$P_{red} = P_{cable} + P_{MI} = 3R_c I_{MI}^2 + P_{MI}^{TOT} = 9{,}116\,KW$

$\Rightarrow \rho = \text{Arcsen}\,\dfrac{P X_T}{V_{MS} V_R} \Rightarrow \rho = 0{,}13° \Rightarrow \bar{V}_{red} = \dfrac{230}{\sqrt{3}}\angle 0{,}13°$

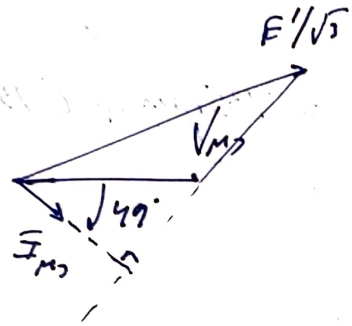


$\Rightarrow \bar{I}_R = \dfrac{V_R - V_{MS}}{jX_T} = 117\angle 82°\,A \Rightarrow \bar{I}_{MS} = 201\angle{-90°}\,A \Rightarrow \bar{E} = 245\,V \Rightarrow \boxed{I_{exc} = 24{,}5\,A}$

(4)



$\vec{I}_{MS} = \vec{I}_{MI} = 34 \angle -49^\circ\ A$



$\Rightarrow \vec{E}' = 231\,V \Rightarrow I_{exc} = 23\,A < 30\,A$