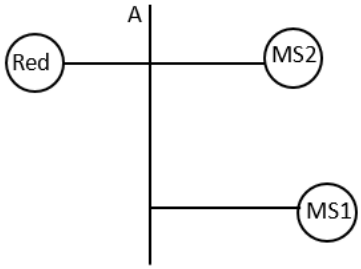
INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA

Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Parcial N°2 – 22 de noviembre de 2018.

Problema No. 1 (20 puntos)



El esquema de la figura representa una instalación eléctrica donde dos generadores sincrónicos acoplan a una red eléctrica no ideal; las MS son idénticas y ambas acoplan a la red en forma directa.

Se pide:

1) Determinar el circuito monofásico estrella equivalente de la instalación.
2) Determinar la corriente por la red si MS1 entrega la máxima potencia activa posible minimizando su corriente de línea y MS2 funciona como compensador sincrónico regulando la tensión en la barra A en 6300V.
3) En las condiciones de (2) determinar la corriente de excitación de ambos generadores de forma que sea posible el funcionamiento según lo mencionado.
4) Sale de servicio MS1. Determinar la tensión en la barra A si no se modifican las condiciones de funcionamiento de MS2.

Datos:

MS1, MS2: 5 MVA, 6.3 kV, 50 Hz.

Ensayo de vacío a 50 Hz:

E (V)	3500	4900	7000	8400	9000
i (A)	12.5	17.5	25	30	35

Ensayo de cortocircuito: I = 450A para i = 20A a 50 Hz.

Ambas máquinas son de dos pares de polos. Las máquinas motrices pueden entregar un máximo de 4.5MW cada una.

Red: Impedancia Thevenin inductiva pura de 0.4 Ohm, tensión de vacío 6.2 kV; todo a 50 Hz.

Problema No. 2 (20 puntos)

Un motor síncrono (MS) opera en paralelo a un motor de inducción (MI), ambos alimentados desde una red de potencia infinita de 6300V, 50 Hz. El MS opera con una corriente **fija** igual a 92A.
MI opera consumiendo una potencia activa de 975 kW con un factor de potencia 0.8 inductivo.

Se pide:

1) Determinar la potencia activa y reactiva de MS si el factor de potencia de la instalación debe ser 0.95 inductivo.

2) Determinar el valor de la corriente de excitación a fijar en MS para que funcione según lo determinado en (1).

Datos:

Ensayo de vacío a 50 Hz:

E (V)	2550	3750	4930	5950	6800	8000
I (A)	8	12	16	20	23	25

Ensayo de Cortocircuito a 50 Hz: I = 20A para i = 8 A
Reactancia de Potier: Xp = 10 Ohm

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA
Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Parcial N°2 – 22 de noviembre de 2018.

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

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

   - Primario en triángulo.
   - 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 estrella con neutro aislado.

2) Explicar qué características de variación con el tiempo y con las coordenadas angulares tiene el llamado "campo giratorio" en el entrehierro de una máquina eléctrica, calculándolo en el caso de 3 bobinas diametrales, fijas en el estator y separadas 120º entre sí, alimentadas por un sistema de corrientes sinusoidales trifásicas. Admita que esas bobinas diametrales no introducen armónicos de espacio.

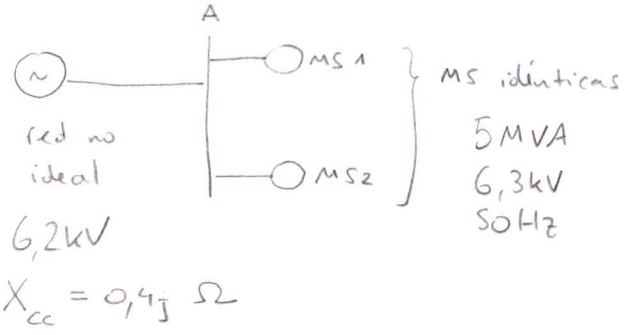
3) En una máquina sincrónica explique qué sucedería a nivel del par y los campos magnéticos si se impusiera a la misma en régimen permanente, una velocidad levemente distinta a la de sincronismo.

4) Describir el diagrama de Curvas "en V" (o diagrama de Mordey) de una máquina sincrónica de polos lisos en régimen lineal. Indicar qué parámetros del funcionamiento de la máquina se grafica en abscisas y en ordenadas, y qué familia de curvas se representa en el diagrama, bajo qué hipótesis.

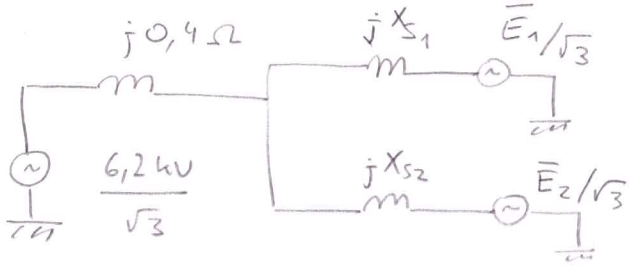
5) Indicar en el plano P,Q, los límites de funcionamiento de una máquina sincrónica de polos lisos en régimen lineal. Señalar cada uno de los factores limitantes, justificando las respuestas.

Segundo Parcial Máquinas Eléctricas 22/11/18 – Solución

Problema 1



1)



Utilizando modelo de B-E:

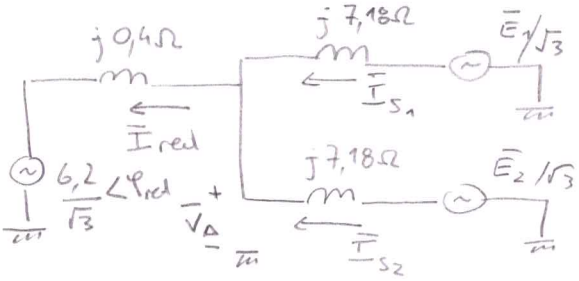
* $|\bar{E}_1|$ y $|\bar{E}_2|$ dependen de $i_{exc_{1,2}}$
* X_{S_1} y X_{S_2} pueden considerarse en zona lineal, luego verificando y eventualmente iterar.

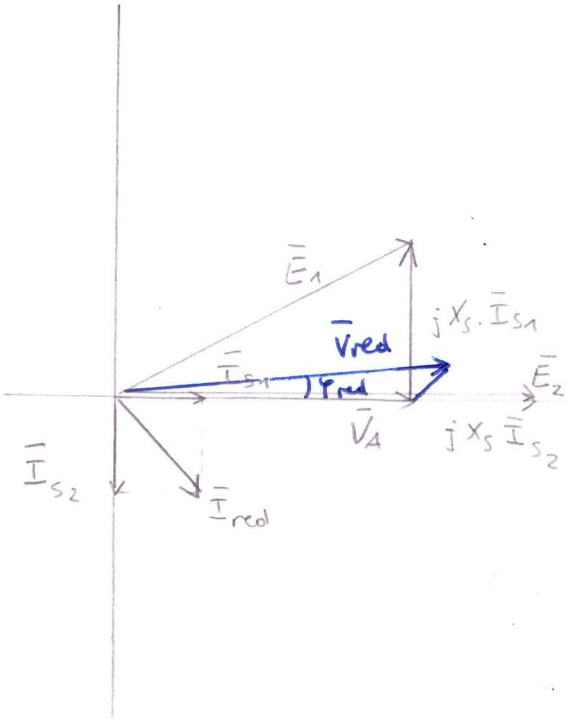
E (V)	i_{exc} (A)	E/i
3500	12,5	280
4900	17,5	280
7000	25	280
8400	30	280
9000	35	257

zona lineal → $X'_{S_{1,2}} = \dfrac{3500/\sqrt{3}}{450A \cdot \frac{12,5}{20}} = 7,18\,\Omega$

$I_{cc} = 450A$ con $i_{exc} = 20\,A$

2)





MS1: $P_1 = 4,5MW$ (limita motor)
$Q_1 = 0$ (minimiza $|\bar{I}_S|$)

MS2: $P_2 = 0$
Q_2 / $V_A = \dfrac{6300}{\sqrt{3}}\,V$

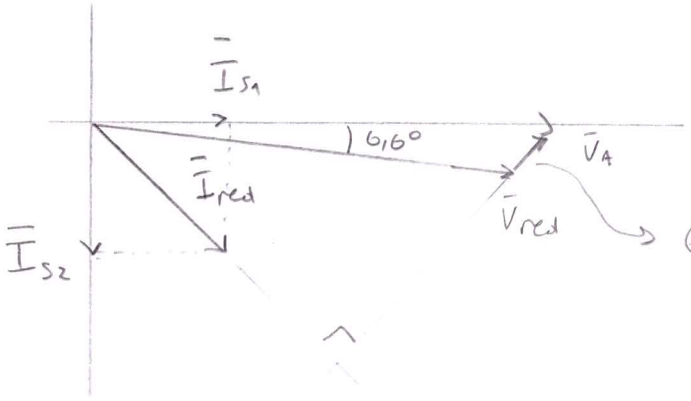
2) (cont.)

$$|\bar{I}_{s1}| = \frac{|\bar{S}_1|}{\sqrt{3}\cdot 6300V} = \frac{4{,}5\,MW}{\sqrt{3}\,6300} = 412{,}4\,A$$

$$P_{red} = -4{,}5\,MW = \frac{|\bar{U}_A|\,|\bar{U}_{red}|\,\text{sen}\,\varphi}{0{,}4\,\Omega} \rightarrow \varphi = -2{,}64°$$

(entregada a barra A)

Redibujando el diagrama fasorial con esta información:



$$\frac{6300\angle 0°}{\sqrt{3}} - \frac{6200\angle -2{,}6°}{\sqrt{3}} = \bar{I}_{red}\cdot j\,0{,}4\,\Omega$$

$$\boxed{\bar{I}_{red} = 440{,}0A\angle -20{,}4°}$$

$$\rightarrow \text{Re}(\bar{I}_{red}) = 412{,}4\ A = |\bar{I}_{s1}|$$
$$\text{Im}(\bar{I}_{red}) = -153{,}8A = -|\bar{I}_{s2}|$$

3) $$|\bar{E}_1| = \sqrt{\left(\frac{6300}{\sqrt{3}}\right)^2 + (7{,}18\Omega\cdot 412{,}4A)^2} = 4690\,V\ (f\text{-}n)$$

$$|\bar{E}_2| = \frac{6300}{\sqrt{3}} + 7{,}18\Omega\cdot 153{,}8A = 4742\,V\ (f\text{-}n)$$

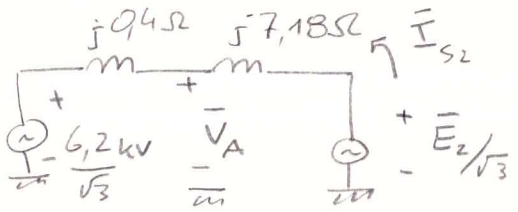
ambos en zona lineal ✓ no se requiere iterar

$$\rightarrow i_{exc_1} = \frac{\sqrt{3}\cdot 4690}{280} = \boxed{29{,}0\,A}$$

$$i_{exc_2} = \frac{\sqrt{3}\cdot 4742}{280} = \boxed{29{,}3\,A}$$

4) MS2 mantiene la misma excitación, sólo intercambiara Q con la red.

Considerando el modelo equivalente:

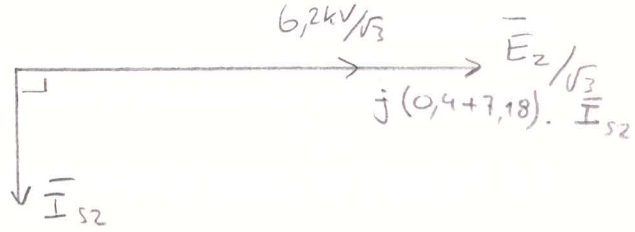


Al no existir intercambio de P y con impedancias inductivas puras, ambas tensiones son colineales:

$$P = 0 = \frac{|\bar{E}_2| \cdot |\bar{U}_{red}|}{j\,X} \operatorname{sen}\varphi \rightarrow \varphi = 0$$

La fuente de mayor amplitud entrega Q a la otra fuente y a las impedancias:

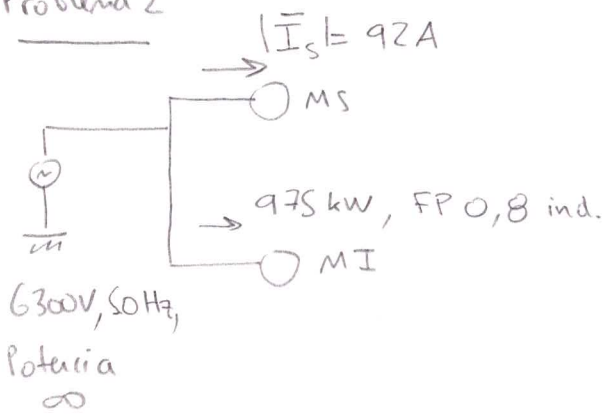
$$\frac{|\bar{E}_2|}{\sqrt{3}} = \frac{8213\ V}{\sqrt{3}} > \frac{6200\ V}{\sqrt{3}}$$



$$\rightarrow |\bar{I}_{S2}| = \frac{(8213-6200)}{\sqrt{3}\,(0,4+7,18)} = 153,3\ A$$

$$\bar{V}_A = \frac{\bar{E}_2}{\sqrt{3}} - 7,18j\Omega \cdot 153,3A = 3641V\angle 0^\circ \rightarrow \boxed{U_A = 6307V}$$

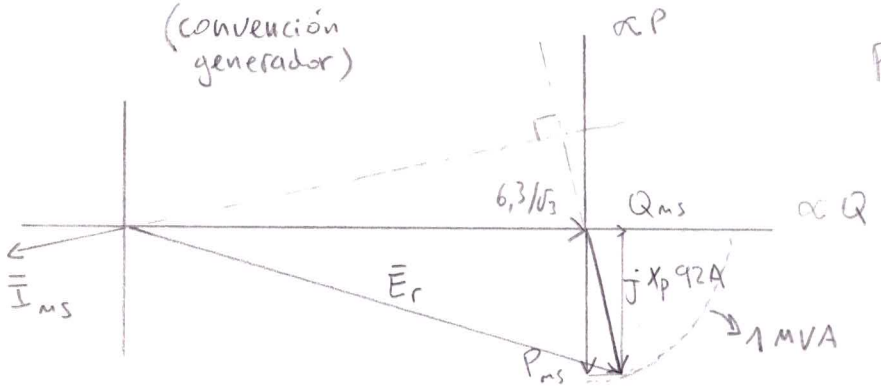
Problema 2



1) $P_{MI} = 975\ kW$

$Q_{MI} = 975 \cdot tg\varphi = 731\ kVAR$

Dado que el FP objetivo es mayor que el del MI, se busca solución con P_{MS} consumida y Q_{MS} entregada a la red.



$$P_{MS}^2 + Q_{MS}^2 = \underbrace{\left(\sqrt{3} \cdot 6300V \cdot 92A\right)^2}_{(1MVA)^2}$$

$$\frac{Q_{tot}}{P_{tot}} = tg(acos\ 0{,}95) = 0{,}329 \rightarrow \frac{731\ kVAr - Q_{MS}}{975\ kW + P_{MS}} = 0{,}329$$

$$\rightarrow 731\ kVAr - \sqrt{1MVA^2 - P_{MS}^2} = 0{,}329 \cdot (975\ kW + P_{MS})$$

resolviendo la ec:

$$\boxed{P_{MS} = 997\ kW} \rightarrow \boxed{Q_{MS} = 77\ kVAr}$$

2) modelo de Potier :

$X_p = 10\ \Omega$

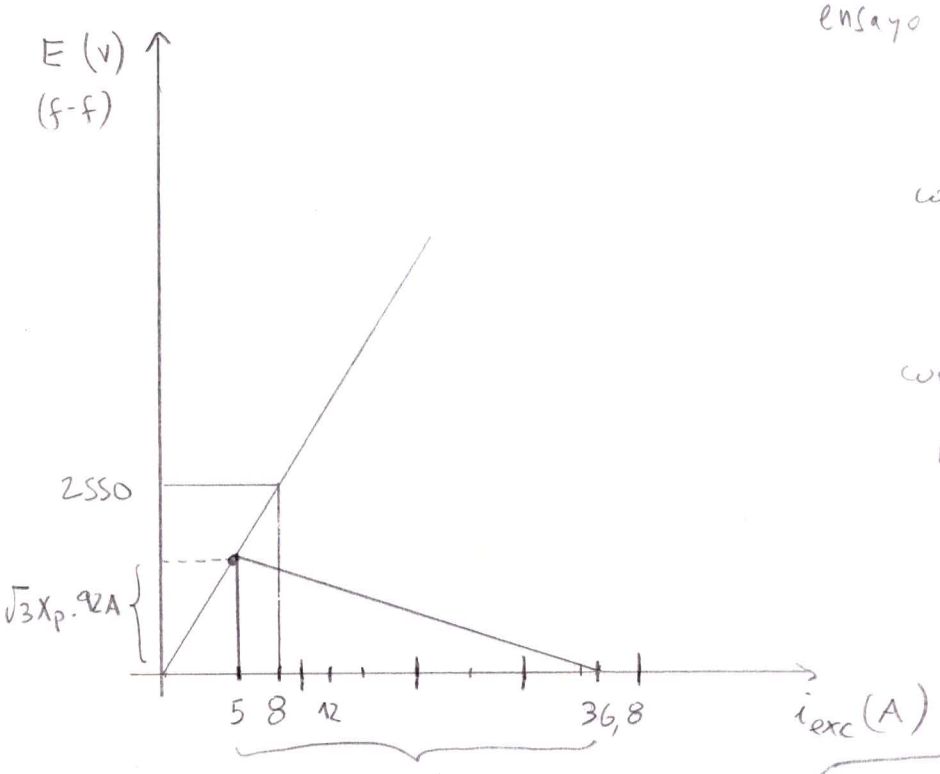
ensayo de CC : $\begin{cases} I = 70A \\ \text{con } i_{exc} = 8A \end{cases}$

con $I_{cc} = 92A \rightarrow i_{exc} = 36,8A$

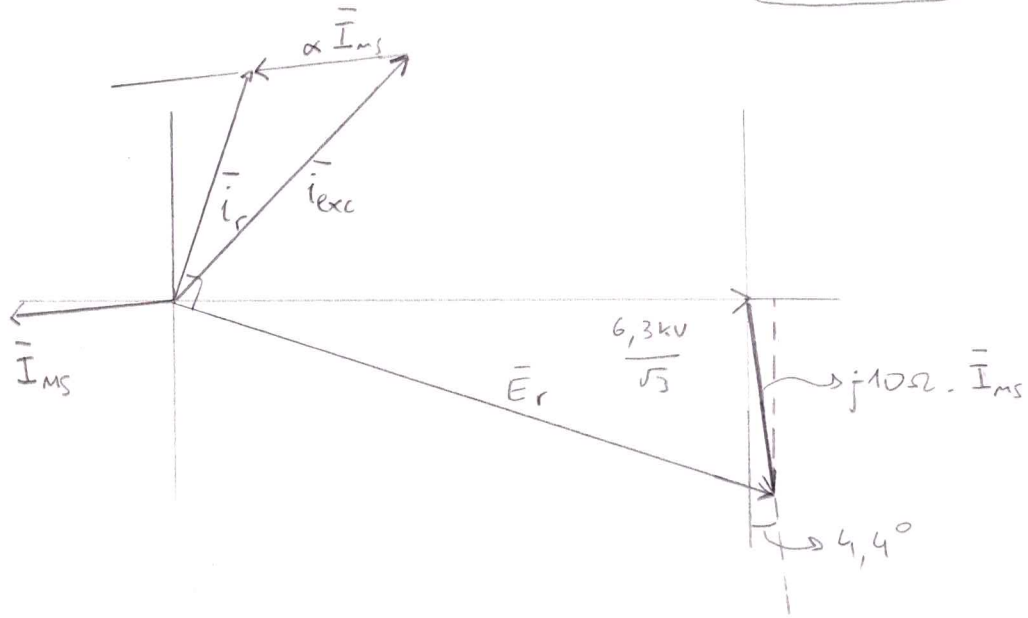
$X_p \cdot I_{cc} = 920V$ (f-n)

curva de vacío :

$E = 920 \cdot \sqrt{3} \rightarrow i_{exc} = 5,0A$



$36,8 - 5,0 = \alpha \cdot 92A \rightarrow \alpha = 0,346$



$\rightarrow \bar{E}_r = 3820 \angle -13,9°\ V$

↳ curva vacío :

$\bar{i}_r = 22,4A \angle 76,1°$

↳ $\bar{i}_{exc} = 44,3\ A \angle 33,1°$

$\boxed{i_{exc} = 44,3A}$