INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - **Departamento de POTENCIA**
2do. Parcial de MAQUINAS ELECTRICAS - Preguntas de teórico

12 de Diciembre de 2005.

Nota: Puede optarse por responder sólo la pregunta 1) o la 2) de teórico, si se resuelve la parte 3) del Problema 2. Si además de las preguntas 1) y 2) y los problemas 1) y 2) (partes 1 y2) se resuelve la parte 3) del problema 2, se puede obtener puntaje adicional para este 2do. Parcial (máximo 125%).

Pregunta 1) (25%)

Máquina Sincrónica de polos salientes en régimen lineal. P = f(E, δ)
A partir de la expresión general de la tensión en bornes de una MS de polos salientes en régimen permanente sinusoidal:

$$\vec{V}_s + R_s \vec{I}_s = -j\omega\vec{\psi}_s \quad \text{con} \quad \vec{\psi}_s = \vec{\psi}_d + \vec{\psi}_q \quad \text{y} \quad \vec{\psi}_d = M_{rs}\vec{I}_r + L_d \vec{I}_d$$

$$\vec{\psi}_q = L_q \vec{I}_q$$

Se pide deducir la expresión de la potencia activa **P = función (E , δ)** , suponiendo conocidos los parámetros de MS : R_s (se admitirá $R_s \approx 0$), $X_d = \omega L_d$, $X_q = \omega L_q$ y el régimen de funcionamiento: V_s constante, frecuencia constante, e I_s dato (módulo y fase).

Notación: $E = \omega M_{rs} |\vec{I}_r|$, y δ = ángulo interno de la máquina, entre $\vec{V}_s$ y $-j\,\omega M_{rs}\vec{I}_r$

Pregunta 2) (25%)

Estabilidad del funcionamiento de la Máquina Sincrónica.
Se considera el caso de una máquina sincrónica MS (de polos lisos, sin bobinados amortiguadores, funcionando en régimen lineal, de resistencia de bobinados despreciable y reactancia sincrónica Xs) trabajando como alternador y conectada en sus bornes a una red eléctrica de potencia infinita, y con corriente de excitación mantenida constante.

a) Estableciendo las ecuaciones eléctricas y mecánicas que rigen el funcionamiento en régimen permanente equilibrado, mostrar que ante una pequeña variación en la potencia mecánica aplicada al eje de MS, la velocidad de la máquina entra en un régimen oscilatorio superpuesto a la velocidad sincrónica.
b) Analizando las ecuaciones que rigen este movimiento oscilatorio, indicar cuál es la condición de estabilidad del funcionamiento de MS. Mostrar que para cualquier estado inicial P0 de la potencia mecánica en el eje, existe un ΔPmáx (dependiente de P0) tal que si se aplica una variación ΔP de potencia en el eje, con ΔP > ΔPmáx, el funcionamiento resulta inestable, con pérdida del sincronismo.

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA
2do. Parcial de MAQUINAS ELECTRICAS - Problemas

12 de Diciembre de 2005.

Problema 1 (25%)

Un transformador trifásico T, Yy de 200 kVA de potencia nominal alimenta en su secundario exclusivamente a una fábrica cuyos contadores de energía dan las siguientes lecturas medias diarias: 2934 kWh y 5082 kVArh. El transformador resulta sobrecargado, siendo la causa el bajo factor de potencia de las cargas alimentadas. Para corregir el factor de potencia en la fábrica se instala una máquina sincrónica trifásica MS, conectada a las barras del secundario del transformador y que trabajará como compensador sincrónico.

Datos:
Máquina sincrónica MS: Trifásica, conectada en estrella, de tensión nominal igual a la del secundario de T y perteneciente a una gama de potencias que tienen las siguientes características de vacío (tensión entre fase y neutro):

E (% de Vn)	100	120	140	160
iexc (% de in)	86	147	215	295

En la zona de trabajo de la máquina se admitirá que su reactancia sincrónica se mantiene aproximadamente constante y en el valor 0.6 pu. Se despreciarán todas sus pérdidas.

Se pide:
1) Calcular el factor de potencia medio de la fábrica y el factor de sobrecarga (sobrecorriente) del transformador T antes de la corrección.
2) Determinar la potencia reactiva que debe suministrar MS para suministrar la corrección deseada. Se elige una máquina de potencia nominal igual a ese valor de reactiva. Calcular la corriente de excitación requerida en ese funcionamiento, expresado en % de in, y el nuevo factor de potencia de la fábrica.
3) Tiempo después de instalada MS como en 2), se decide utilizar esa máquina también como motor, moviendo una carga de 30 HP. Mostrar que ese funcionamiento es posible sin sobrecarga de MS y calculando el nuevo valor de la corriente de excitación a este efecto, siempre corrigiendo lo más posible el factor de potencia de la fábrica. Advertir que el transformador T puede sobrecargarse nuevamente, calculando el factor de sobrecarga resultante.

Problema 2 (Partes 1 y 2: 25%) - Parte 3 (opcional): 25%)

Se dispone de una máquina sincrónica MS que se empleará como motor. La alimentación se realiza a partir de una red trifásica en cuyos bornes, en vacío, se mide tensión y frecuencia iguales a las nominales de MS. La carga mecánica movida ofrece un par resistente que depende sólo de la velocidad.

Datos MS:
Valores nominales: 6 kV (entre fases) 15 A, 50 Hz, cos φ = 0.8, estator conectado en estrella.
Ensayo en vacío a 50 Hz:

iexc (A)	5	10	15	20	25	30	39
U0 (entre fases) (kV)	2.20	4.40	6.00	6.88	7.49	7.82	8.25

Ensayo en cortocircuito a frecuencia nominal: iexc = 10 A, Icc = 12 A
Ensayo en devatado a tensión y frecuencia nominal: iexc = 32 A, Idev = 15 A

Se pide:
1) Sabiendo que a la velocidad de sincronismo la carga consume 125 kW, determinar la corriente de excitación de MS de modo tal de minimizar la corriente de línea, suponiendo que la alimentación se realiza bajo tensión y frecuencia nominales. Calcular la corriente de línea resultante.
2) Se observa que con la corriente de excitación fija en el valor determinado en 1), cuando se conecta efectivamente la carga, la corriente de línea consumida hace caer 10% la tensión medida en bornes, debido a la impedancia interna de la red (supuesta puramente inductiva). No se observa alteración de la frecuencia. a) Calcular la corriente efectivamente consumida en estas condiciones. b) Calcular la impedancia interna de la red.
3) (Opcional) Mostrar que modificando la corriente de excitación es posible corregir la tensión en bornes de MS a su valor nominal, con la carga y la fuente indicadas. Determinar la corriente de excitación requerida a este efecto, y calcular la nueva corriente de línea consumida por MS.

Notas: En las preguntas 1) y 3) se empleará el método de Potier. Para la pregunta 2) se admitirá un modelo simplificado con reactancia sincrónica variable Xs(iexc), dependiente sólo de la corriente de excitación. En la resolución se despreciarán todas las pérdidas de MS, y se admitirá la linealización por tramos de la curva de vacío.