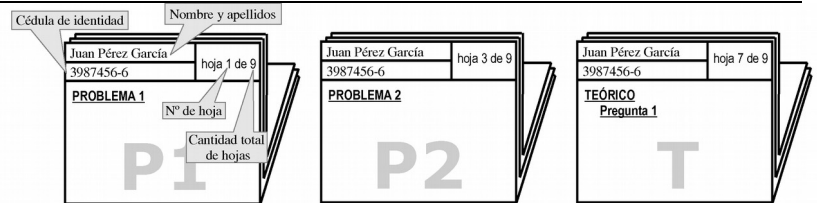


**LEER ESTO CON ATENCIÓN**

- Doblar las hojas CON PROLIJIDAD y con el NOMBRE VISIBLE en TRES paquetes como en los dibujos.
- NO escribir a ambos lados de cada hoja.
- Hacer LETRA PROLIJA, lo que no se entienda no se corrige.



- Usar mínimo 4 cifras significativas en los cálculos. Ej.: 0.002105, 12.36, 1234000.
- El uso de TELÉFONO durante la prueba conllevará el inmediato retiro de la misma.
- Durante la lectura de la letra y en **dos instancias de 10 minutos cada una**, a una hora y dos horas de iniciada la prueba, se responderán dudas **de letra en voz alta y desde el banco**. Fuera de esos intervalos **NO ES POSIBLE ATENDER NINGÚN TIPO DE CONSULTA. POR FAVOR NO INSISTA**, en caso de duda realice una hipótesis razonable y continúe.
- Extensión de las respuestas: se **sugiere** no mas de **3 carillas por problema**, y no más de **1 carilla por pregunta** teórica.

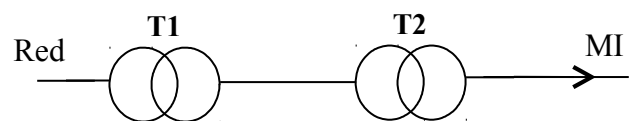
**PROBLEMA 1** – Una buque cuenta con dos grupos generadores diesel para suministrar la electricidad necesaria para su funcionamiento. El consumo de bombas, motores de propulsión y servicios se modelará como una carga inductiva a efecto del presente ejercicio. Ambos grupos cuentan con control de velocidad que asegura 50 Hz para la red de salida, y uno de ellos (MS1) tiene control de excitación que asegura tensión de salida de 6.6 kV, siempre que no se excedan los límites de capacidad de los equipos. Ambos generadores son idénticos a excepción de la regulación de excitación.

1. Hallar la corriente de excitación a imponer al generador sin regulación de excitación (MS2) para que ambos repartan equitativamente la carga.
2. Debido a un desperfecto en el motor de arrastre (MA2), la potencia motriz disponible para MS2 cae al 25%. Determinar la excitación, y las potencias activas y reactivas que entrega cada generador. Para MS2 elegir la excitación que: maximice la potencia activa que entrega MS2 y maximice la potencia reactiva que entrega MS2; sin sobrecargar ningún equipo ni generar mas reactiva de la que consume la carga.
3. MA2 fue reparada y se mantiene la excitación de MS2 en el valor de la parte (2). Sale de servicio MS1. La carga no se desconecta y se observa que la frecuencia de la red cae a 42 Hz. Hallar la tensión de red en esta nueva condición.
4. ¿Qué potencia está entregando ahora MA2?

Datos: Carga: 650 kW,  $\cos\phi = 0.8$  inductivo, bajo 6.6 kV supuesta constante para todo el problema.  
 MS1, MS2: 900 kVA, 6.6 kV, 6 polos, 50 Hz, 30%  
 $E_{MS1} = 50 i_{MS1}$ ,  $E_{MS2} = 50 i_{MS2}$  (E de línea en V, i corriente de excitación en A, a 50 Hz),  
 no hay saturación del hierro.  
 MS1 con control de excitación, MS2 sin control de excitación.  
 MA1, MA2: 900 kW, impone velocidad fija en cualquier condición de carga que no exceda los valores nominales, salvo que se exprese lo contrario.

**PROBLEMA 2** – El esquema representa la alimentación a una fábrica desde una red trifásica de 30 kV, 50 Hz que se supone ideal.

Los transformadores T1 y T2 están unidos por un cable de 300 m de longitud para el cual se adoptará un modelo eléctrico constituido por una reactancia inductiva de 0.005  $\Omega$ /m.



- 1) Modelo monofásico estrella equivalente de la instalación a nivel 400V.
- 2) El motor (MI) puede estar cargado hasta un máximo de 90% de su potencia nominal; si se pretende que la velocidad nunca sea inferior a la nominal; determine el mínimo valor de la tensión en bornes de MI para que esto suceda. ¿Es posible este modo de funcionamiento en la instalación indicada?
- 3) El motor mueve una carga que le impone una velocidad igual a su velocidad nominal. Determinar el estado de carga en corriente del motor.
- 4) Si se instala una batería de capacitores en paralelo con el motor y la carga en el eje del mismo es la misma que en (3); la velocidad del motor sube o baja. No se puntuarán respuestas sin justificación o que la misma no sea adecuada.

Datos: T1: 30/6.0 kV, 3.0 MVA, Dy7,  $U_z = 10\%$ , trifásico  
 T2: 6.4/0.4 kV, 3.2 MVA, Yd11,  $U_z = 5\%$ , trifásico.  
 Red: trifásica 30 kV, 50 Hz.

**Carga 1:** Motor de inducción trifásico (MI) con los siguientes datos nominales: 400 V, 50 Hz, 500 kW, 780 A, dos pares de polos, velocidad nominal 1465 rpm, factor de potencia nominal 0.97.

**Nota:** Para la resolución del problema adopte el modelo para pequeños deslizamientos correspondiente a máquinas asincrónicas (usarlo para todas las partes).

---

## TEÓRICO

### 1) Transformador ideal:

Un transformador ideal tiene 3 bobinados. El número de vueltas de cada uno es el siguiente:  $N_1 = 100$ ,  $N_2 = 50$  y  $N_3 = 5$ . La corriente nominal del bobinado 1 es de 2A. Se sabe que los VA de cada uno de los tres bobinados son iguales. Se dispone de una fuente de 500V y se pide:

- Identificar la conexión a realizar para obtener un voltaje de salida de 275V.
  - Determinar la corriente máxima que se puede tomar a la salida en la conexión anterior.
- 

### 2) Transformador real:

Deducir el componente que es preciso agregar al transformador ideal para modelar el hecho que la permeabilidad del circuito magnético no es infinito. Para la determinación del valor de dicho parámetro emplear: permeabilidad  $\mu$ , largo medio  $L$ , sección uniforme  $S$  y número de vueltas  $N$ .

---

### 3) Máquina de inducción:

Máquina de inducción de doble jaula. Explicar:

- Como es constructivamente.
  - Modelo eléctrico.
  - Funcionamiento.
  - Característica  $C(g)$ .
- 

### 4) Máquina de corriente continua:

Una MCC está funcionando con  $E_0/n_0$  fijo. Se conecta como motor sobre una fuente de voltaje constante  $V_0$  y se sabe que el valor de la resistencia del inducido es  $R_f$ . Se pide deducir y representar:

- Característica de salida  $C(n)$ .
- Característica  $P_m(n)$ : potencia mecánica  $P_m$  en función de la velocidad.
- Deducir el valor de la potencia máxima y el valor de la velocidad a la cual se obtiene la misma.

## SOLUCIÓN P1

1) para c/generador  $P = \frac{650}{2} \text{ kW}$  ,  $Q = \frac{487.5}{2} \text{ kVAr}$   
 $X_s = 0.3 \times \frac{6.6^2}{0.9} = 14.52 \Omega$

$$\left(\frac{E}{X_s}\right)^2 = \left(Q + \frac{U^2}{X_s}\right)^2 + P^2 \Rightarrow E = 7172 \text{ V}$$

$$i_{MS2} = i_{MS1} = \frac{7172}{50} = \underline{143.4 \text{ A}}$$

2)  $P_{\text{MAX MAZ}} = \frac{900}{4} \text{ kW} = 225 \text{ kW} < \frac{650}{2} \text{ kW} \Rightarrow$  no puede funcionar como antes.  $|P_{MS2} = 225 \text{ kW}|$

$$Q_{\text{MAX MS2}} = \sqrt{(900 \text{ kVA})^2 - (225 \text{ kW})^2} = 871.4 \text{ kVAr} > 487.5 \text{ kVAr}$$

$$\Rightarrow |Q_{MS2} = 487.5 \text{ kVAr}| \Rightarrow E_{MS2} = 7688 \text{ V} , |i_{MS2} = 153.8 \text{ A}|$$

$$P_{MS1} = 650 - 225 = \underline{425 \text{ kW}} \quad |Q_{MS1} = 0|$$

$$E_{MS1} = 6666 \text{ V} , |i_{MS1} = 133.3 \text{ A}|$$

3)  $E @ 42 \text{ Hz} = 50 \times \frac{42}{50} \times i_{MS2} = 6460 \text{ V}$

$$X_s @ 42 \text{ Hz} = 14.52 \times \frac{42}{50} = 12.20 \Omega$$

charge:  $R_{||} = \frac{6.6^2}{0.65} = 67.02 \Omega$  ,  $X_{||} = \frac{6.6^2}{0.4875} = 89.35 \Omega$  ,

$$R + jX = R_{||} // jX_{||} = 42.89 + j32.17 , X @ 42 \text{ Hz} = 27.02 \Omega$$

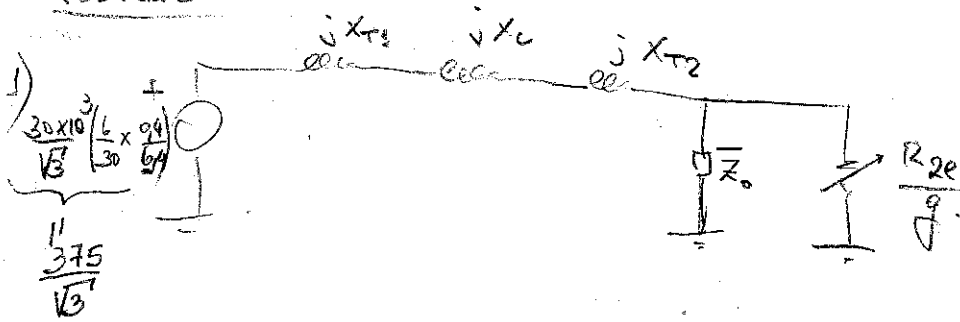
$$I = \frac{6460/\sqrt{3}}{j12.20 + 42.89 + j27.02} = 64.17 \text{ A}$$

$$\Rightarrow |U = 5634 \text{ V}| \quad , \quad R_{||} @ 42 \text{ Hz} = \frac{R^2 + X_{e42 \text{ Hz}}^2}{R} < -42.44^\circ$$

4)  $P_{MA2} = \frac{5(22^2)}{59.91} = \underline{529.8 \text{ kW}}$

# Problema 2

I.E. 12/2015.



$$X_{T1} = 0,1 \times \frac{6^2}{3} \times \left(\frac{0,4}{6,4}\right)^2 = 4,69 \times 10^{-3} \Omega$$

$$X_{T2} = 0,05 \times \frac{0,4^2}{3,2} = 2,5 \times 10^{-3}$$

$$X_C = 0,005 \times 300 \times \left(\frac{400}{6400}\right)^2 = 5,86 \times 10^{-3}$$

$$g_1 = \frac{1500 - 1465}{1500} = 0,0233$$

$$P_N = g_N (1 - g_N) \frac{U_N^2}{R_{2e}} \Rightarrow R_{2e} = 7,28 \times 10^{-3} \Omega$$

$$\Rightarrow I_{2eN} = \frac{400/\sqrt{3}}{R_{2e}} \times g_N = 740 \text{ A}$$

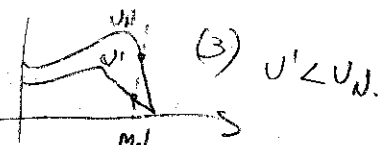
$$\Rightarrow I_{2eN} = 740 \text{ A}$$

$$I_N = 780 \text{ A} \angle 14,1^\circ$$

$$\Rightarrow \bar{I}_0 = 16,6 \text{ A} - j180,3 = 181,1 \text{ A} \angle -84,7^\circ \Rightarrow \bar{Z}_0 = \frac{400/\sqrt{3}}{181,1} \angle 84,7^\circ = 1,28 \angle 84,7^\circ$$

$$2) \quad 0,9 \times 500 \times 10^3 = (1 - g_N) g_N \frac{U^2}{R_{2e}}$$

$U_{min} = 379,4 \text{ V}$ . No es posible.



$$3) \quad g = g_N \Rightarrow \frac{R_{2e}}{g_N} = 0,31 \Omega$$

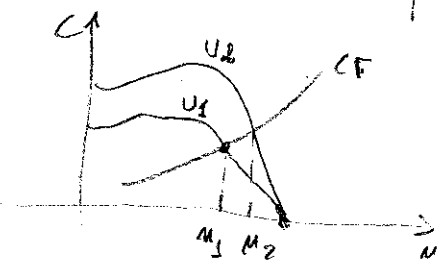
$$\frac{R_{2e} // \bar{Z}_0}{g_N} = \left( \frac{1}{1,28} \angle -84,7^\circ + \frac{1}{0,31} \right)^{-1} = \left( 0,78 \angle -84,7^\circ + 3,22 \right)^{-1} = \left( 3,29 - j0,77 \right)^{-1} = 0,29 \angle 13,2^\circ = 0,28 + j0,066$$

$$I = \frac{375/\sqrt{3}}{j13,05 \times 10^{-3} + 0,28 + j0,066 \times 10^{-3}}$$

$$= \frac{216,7}{0,28 + j7,05 \times 10^{-3}} = \frac{216,7}{0,29 \angle 15,8^\circ} = 747 \text{ A} \angle -15,8^\circ$$

$$\frac{I}{I_N} = \frac{747}{780} = 96\%$$

4) Si se instala batería de capacitores la tensión en bornes del motor sube  $\Rightarrow$



se pasa de la curva para  $U_1$  a la curva para  $U_2$

$\Rightarrow$  se pasa de  $M_1$  a  $M_2 \Rightarrow M \uparrow$

2) No es posible pues la tensión en bornes de MI será siempre menor a la requerida.

*[Signature]*