

PROBLEMA 2

El esquema de la figura representa un sistema de laboratorio destinado a obtener una fuente trifásica de 440 V 60 Hz desde una red trifásica de 220 V 50 Hz.

El sistema esta compuesto por un convertidor de frecuencia (V/f), un motor de inducción (MI), una máquina sincrona (MS) y un transformador (T); los datos correspondientes a estos equipos se dan más adelante.

El convertidor de frecuencia (V/f) funciona manteniendo a su salida la relación tensión frecuencia constante; el valor de la constante se puede obtener de los valores nominales de la máquina MI.

Se pide:

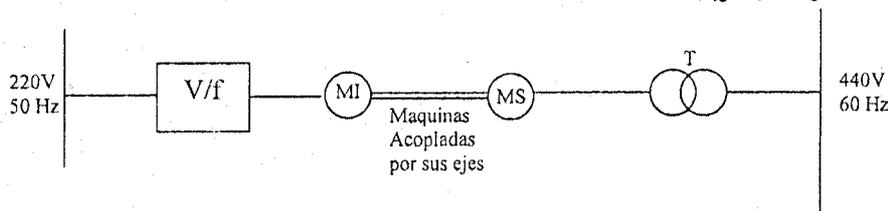
1. Determinar el modelo monofásico versión estrella equivalente de todo el sistema.
2. Para el caso en que el transformador (T) se encuentra en vacío determinar: a) el valor de la corriente de excitación de MS, b) el valor de la frecuencia y la tensión a la salida del convertidor (V/f) de forma tal que la tensión en bornes secundarios de T sea 440 V 60 Hz.
3. Repetir la parte anterior para el caso en que el transformador (T) alimenta una carga con factor de potencia igual a la unidad que toma 80 KW. Utilizar modelo para pequeños deslizamientos.

Datos:

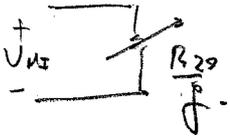
MI: 220 V, 50 Hz, 150 kW,  $p = 1$ ,  $R_1 = 0,12$ ,  $R_2e = 0,06$ ,  $X =$ , datos correspondientes al modelo estrella equivalente. *No considerar pérdidas mecánicas por ventilación y fricción*

MS: 220 V, 60 Hz,  $X_s = 5\%$ , 200 kVA.  $\xi = 147$  L (de línea)  $P = 2$

T: 220/440 V,  $X_t = 3\%$ , 250 kVA.  $\hookrightarrow 60$  Hz.



# 2



$$X_S = 0,05 \frac{440^2}{200 \times 10^3}$$

$$X_T = 0,03 \times \frac{440^2}{250 \times 10^3}$$

b) MS en vacío  $\Rightarrow V = \frac{E}{\sqrt{3}}$

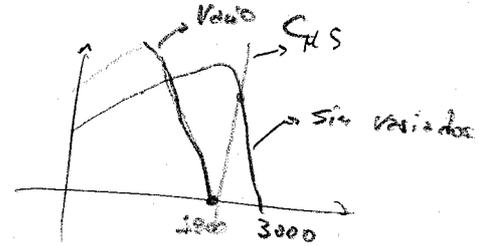
$$\Rightarrow i = \frac{440}{147} \approx 3,0 \text{ A}$$

con datos nominales.

$$N_{S_{NI}} = \frac{50 \times 60}{2} = 3000 \text{ rpm}$$

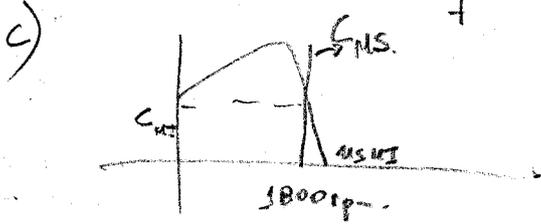
$$N_{S_{NS}} = \frac{60 \times 60}{2} = 1800 \text{ rpm}$$

para que  $f_{MS} = 60 \text{ Hz}$ .



Vacio  $\Rightarrow P_{MS} = 0 \Rightarrow P_{MI} = 0 \Rightarrow N_{S_{NI}} = N_{S_{NS}} = 1800 \text{ rpm} \Rightarrow f_{NI} = \frac{1800}{60} = 30 \text{ Hz}$

Variador de frecuencia  $\frac{U}{f} = cte = \frac{220}{50} = 4,4 \Rightarrow U = 4,4 \times 30 = 132 \text{ V}$



$$M_{MI} = M_{MS} = 1800 \Rightarrow f_{MS} = 60 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow C_{MI} \times \frac{2\pi \times 1800}{60} = 80 \times 10^3$$

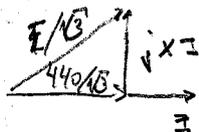
$$C_{MI} \approx \frac{U_{MI}^2 q}{\omega_{S_{MI}} R_{20}} = \frac{U_{MI}^2}{R_{20}} \times \frac{q(1-g)}{188,5} = \left(\frac{4,4}{2\pi}\right)^2 \frac{188,5 q}{R_{20} \cdot 188,5}$$

$$\omega_{S_{MI}} = \frac{\omega_{MI}}{1-g} = \frac{188,5}{1-g}$$

$$U_{MI} = 4,4 f_{MI} = 4,4 \frac{\omega_{S_{MI}}}{2\pi} \times p = \frac{4,4 \times 1}{2\pi} \frac{188,5}{1-g}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{4,4}{2\pi}\right)^2 \times \frac{188,5}{0,06} q = 424,4(1-g) \Rightarrow g = 21,6\% = \begin{cases} \omega_{S_{MI}} = 249,4 \text{ rds} \\ f_{MI} \approx 39,3 \text{ Hz} \\ U_{MI} = 168,52 \text{ V} \end{cases}$$

$$\frac{E}{\sqrt{3}} = \sqrt{(X_S + X_T) I^2} + \frac{440}{\sqrt{3}}$$



$$80 \times 10^3 = \sqrt{3} \times 440 I \Rightarrow I = 105 \text{ A} \Rightarrow \frac{E}{\sqrt{3}} \Rightarrow i$$

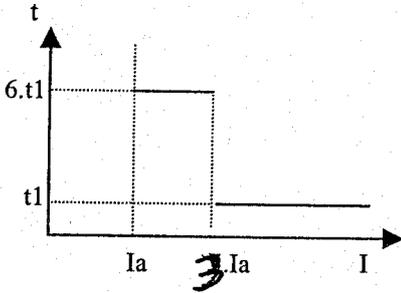
**Problema**

Para mover una carga mecánica que ejerce un par resistente constante se dispone de un motor de inducción trifásico MI con los siguientes datos: 220 V, 10 kW (en el eje),  $p=2$ , 50 Hz,  $R_{2e} = 0.23 \text{ Ohm}$ ,  $R_1 = 0.28 \text{ Ohm}$ ,  $X_1 + X_{2e} = 0.72 \text{ Ohm}$ , pérdidas de vacío a tensión nominal despreciables, reactancia de vacío 90 Ohm. Los parámetros dados corresponden al modelo eléctrico del motor versión estrella equivalente.

Par de carga constante igual a: 70 N.m

MI es alimentado desde una red eléctrica de 220 V, 50 Hz supuesta ideal.

Con el propósito de proteger a MI se instala en serie con el mismo un dispositivo capaz de desconectarlo de la red de acuerdo a la siguiente curva:



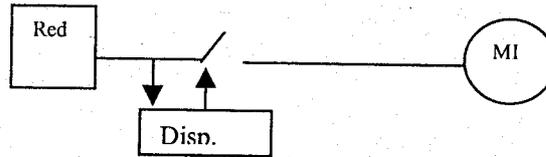
t: tiempo de apertura de protección.

I: corriente por el motor

Si  $I < I_a$ : el dispositivo no actúa.

Si  $I_a < I < 3I_a$  por al menos  $t_2$  segundos: el dispositivo abre en  $t_2$  segundos.

Si  $I > 3I_a$  por al menos  $t_1$  segundos: el dispositivo abre en  $t_1$  segundos

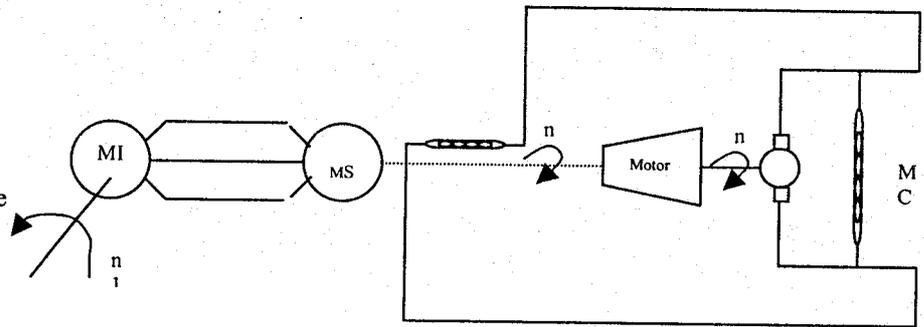


- 1) Determinar el valor límite de "Ia" para que MI funcione en régimen arrastrando la carga mencionada sin que la protección actúe. Para el ajuste de "Ia" se admite aumentar el valor límite hasta un 10% .
- 2) Para el ajuste de Ia efectuado en la parte anterior, determinar hasta que porcentaje de la corriente nominal de MI puede llegar a circular, por el mismo, por tiempo indefinido. (se admite despreciar la corriente de vacío).
- 3) Determinar hasta que porcentaje de  $U_n$  de MI puede bajar la tensión de alimentación sin que actúe la protección con el motor arrastrando la carga (se admite no tener en cuenta la corriente de vacío).
- 4) Determinar  $t_1$  para que la protección no opere en el arranque y proteja a MI en caso de que el rotor se trabe. ( $T_{amb} = 40^\circ\text{C}$ ,  $T_{max} = 80^\circ\text{C}$   $K = 8000 \text{ W S}^\circ\text{C}$ ) El arranque tiene una duración máxima de 30 ciclos de red. En esta parte se admite calentamiento adiabático.

Nota: Se admite la utilización del modelo para pequeños deslizamientos en 1), 2) y 3). Se desprecian pérdidas mecánicas.

**Problema 2**

En la figura se representa un sistema de alimentación eléctrica formado por un motor de combustión interna, que a efectos del problema se supondrá que tiene un regulador de velocidad ideal que le permite mantener la velocidad en el eje constante en toda situación, un generador de corriente continua (MC), y un generador sincrónico (MS).



Las tres máquinas mencionadas anteriormente están acopladas directamente por sus ejes, la máquina de continua tiene excitación shunt y es utilizada para alimentar la excitatriz de la generador sincrónico.

El generador sincrónico es utilizado para alimentar una máquina de inducción (MI).

Se pide:

1. Determinar la velocidad de giro del motor de combustión interna y valor de la corriente de inductor de MC para que MS en vacío genere 220 V, 50 Hz.
2. MI se encuentra protegida por un dispositivo que no permite que la misma tome más de 70A de MS; en caso que esto no se cumpla desconecta a MI. Demostrar que la máquina no arranca.
3. Si puede controlar la corriente por el inductor de la MC con un reostato, aumentaría esta resistencia o la disminuiría para poder arrancar el MI? Fundamente cualitativamente
4. Una vez que la máquina arranca se ajusta la corriente de inductor de MC al valor determinado en la parte 1. Determinar la velocidad de giro de MI cuando arrastra una carga de par constante e igual a 100 Nm. Se admite utilizar el modelo de pequeños deslizamientos.

Datos:

MI: 220V, 50 HZ, 22 kW, 2 pares de polos.

Ensayo rotor bloqueado 45V, 40A, 550W, 50Hz,  $R_1 = R_{2e}$ .

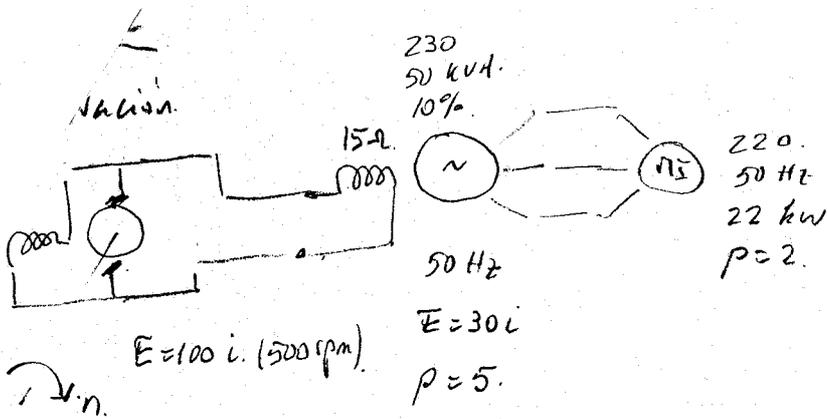
Ensayo Vacío: 220V, corriente despreciable.

MS: 230V, 50KVA, 10%, 50Hz, 5 pares de polos,  $E$  (de línea) =  $30i$ .

Resistencia de la excitatriz 15 Ohm.

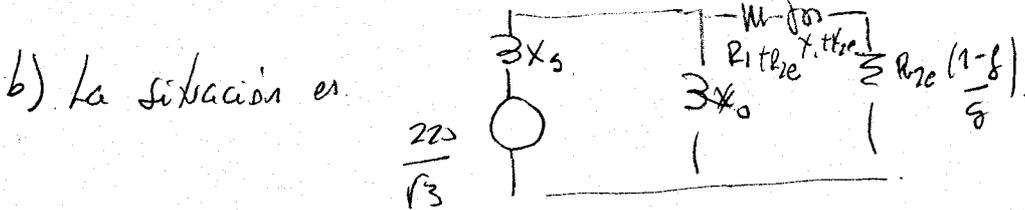
MC: 1.5 HP, resistencia de armadura despreciable,  $E = 100i$  a 500 rpm

Se desprecian las pérdidas mecánicas.



a)  $f = \frac{pn}{60} \Rightarrow n = \frac{60 \times 50}{5} = \boxed{600 \text{ rpm} = n}$  ;  $i = \frac{220}{30} = 7,3 \text{ A} \Rightarrow E_{MCC} = 15 \times 7,3 = 109,5$

$\Rightarrow \frac{E_{600}}{600} = \frac{E_{500}}{500} = \frac{1}{5} i \Rightarrow i = \frac{5}{600} 109,5 \Rightarrow \boxed{i = 0,9125 \text{ A}}$



$X_s = 0,1 \frac{230^2}{50 \cdot 10^3} = 0,1058 j$   
 $Z_{cc} = \frac{45/\sqrt{3}}{40} \left( \text{Arc. cos } \frac{550}{\sqrt{3} \cdot 45 \cdot 40} \right) = 0,115 + j 0,64$

$\Rightarrow |I_{arr}| = \frac{220/\sqrt{3}}{|0,115 + j 0,75|} \approx 170 \text{ A} > 70$  no arranca..

c) Aumento el reactancia  $\Rightarrow$  baja Flujo  $\Rightarrow E_{MCC} \downarrow \Rightarrow i_{exc. ns} \downarrow \Rightarrow E_{ns} \downarrow \Rightarrow I_a \downarrow$

d)  $C \approx \frac{220^2 g}{\omega_s R_{2e}} \Rightarrow g = \frac{\omega_s R_{2e} C}{220^2} = \frac{50 \pi \cdot 0,0575 \cdot 1000}{220^2} = 0,018 \Rightarrow \boxed{n = 1472 \text{ rpm}}$

$f = \frac{pn}{60} \Rightarrow \omega_s = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 1472}{60} = 155,8 \text{ rad/s}$

AD

**EXÁMEN DE INTRODUCCIÓN A LA ELECTROTÉCNICA FEBRERO 2004.  
PRÁCTICO.**

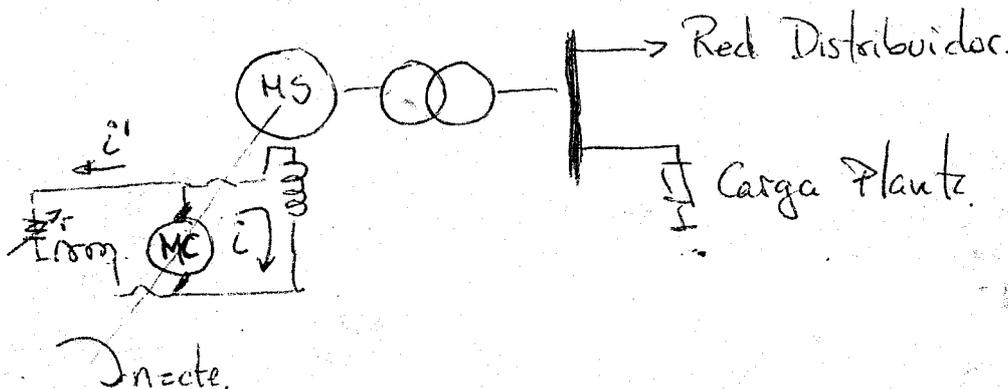
**PROBLEMA 1.**

En una planta industrial se está estudiando la viabilidad de la cogeneración en paralelo con la red de distribución de la compañía eléctrica la cual se supondrá de potencia de cortocircuito infinita y tensión constante igual a 6 kV entre líneas.

Hasta el momento la planta es alimentada solo por el Distribuidor en 6 kV y tiene un consumo de potencia activa de 600 kW con  $\cos\phi=0,92$  inductivo. Este consumo se supondrá constante y de comportamiento igual a una impedancia.

Se quiere incorporar un generador sincrónico (MS). La turbina que mueve el generador se supondrá que puede mantener la velocidad constante para cualquier carga. El generador es excitado a través de un generador shunt de continua (MC) movido este por el mismo eje de MS. El generador se conecta a barras de 6 kV a través de un transformador como indica la figura.

- (30) Determinar el circuito equivalente monofásico de la instalación con los valores de impedancias que correspondan en Ohm.
- (30) Determinar la velocidad de giro "n" de la turbina y el valor de la corriente del inductor ( $i'$ ) de MC para que MS pueda conectarse en vacío a barras de 6 kV.
- (30) Calcular el valor de la corriente de excitación ( $i$ ) de MS para que este suministre toda la carga de la instalación y sea nulo el intercambio de potencia (activa y reactiva) con la red del Distribuidor.
- (10) De acuerdo con los elementos que se disponen en la figura, cual de ellos Ud. Utilizaría para ajustar el valor de la corriente calculada en c).



Datos:

MS: ~~750~~ kVA; 2 kV; 2 polos; 50 Hz; 10%; Pérdidas despreciables; E (de línea) = 300 i; Resistencia de la excitatriz de MS 15  $\Omega$ .

MC: Resistencia de armadura despreciable; E = 100 i' a 2000 rpm; Pérdidas despreciables.

TRANSF.: ~~750~~ kVA; 2/6,3 kV; 50 Hz; 5%; impedancia de vacío no se considera. Pérdidas despreciables.

**PROBLEMA 2.**

Se considera un motor de inducción trifásico, de rotor bobinado, 20 HP (en el eje), 220V, estator en Y, rotor en  $\Delta$ , relación de tensiones estator rotor 1/1, 50 Hz, 4 polos.

Ensayo en vacío: bajo tensión y frecuencia nominal consumió 10 A y 800 W

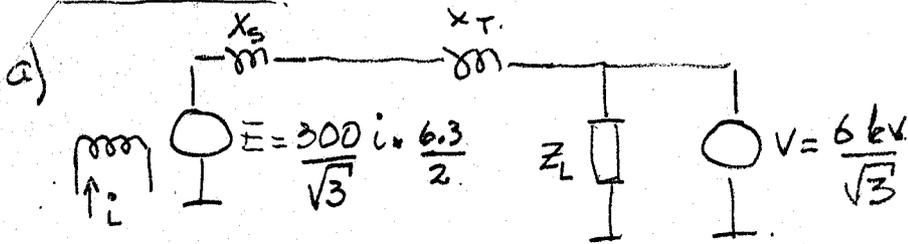
Ensayo en c.c : con 25 V, 50 Hz, entre línea consumió 50 A y 1600 W (para este ensayo no se tiene en cuenta la impedancia de vacío)

Resistencia estatórica por fase 0,12  $\Omega$

Pérdidas por fricción y ventilación igual a 745 W supuestas constantes.

- (30) Determinar el circuito monofásico equivalente estrella completo del motor indicando los valores de impedancias que correspondan en Ohm.
- (30) Si el motor opera durante 8 horas todos los días arrastrando una carga de 19 HP y se sabe que el costo de la energía eléctrica es de 0,1 U\$S/kWH, cuanto se debe pagar por mes por el uso del motor?.
- (20) El motor está protegido por un interruptor magnético que abre si la corriente supera un cierto valor  $I_a$  durante más de 5 segundos. Sabiendo que a los 5 segundos del momento del arranque el motor con la carga conectada alcanza una corriente igual a la mitad de la de arranque determinar el menor valor de  $I_a$  de tal manera que se pueda arrancar el motor.
- (20) Cuánto vale en Ohm la resistencia de una fase del rotor?

PROBLEMA 1



$$Z_L: 600 \cdot 10^3 = \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot I \cdot 0,92 \Rightarrow I = 62,76 \Rightarrow Z_L = \frac{6 \cdot 10^3 / \sqrt{3}}{62,76} \quad \left( \cos \phi = 0,92 = \frac{55,2}{62,76} \right)$$

$$X_T: X_T = 0,05 \cdot \frac{(6,3 \cdot 10^3)^2}{750 \cdot 10^3} = \underline{\underline{2,65 \, \Omega}} \quad ; \quad X_s^{26V} = 0,1 \cdot \frac{(2 \cdot 10^3)^2}{750 \cdot 10^3} = 0,53 \, \Omega \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X_s^{6,3} = 0,53 \cdot \left( \frac{6,3}{2} \right)^2 = \underline{\underline{5,25 \, \Omega}}$$

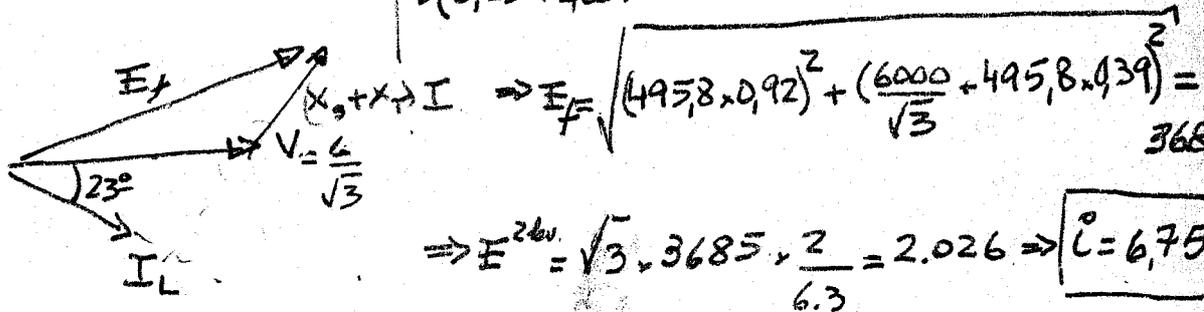
b)  $f = \frac{p \cdot n}{60} \Rightarrow n = \frac{60 \cdot 50}{1} = \underline{\underline{3000 \, \text{rpm}}}$

Para conectarse a 6  $\Rightarrow E = \frac{6}{6,3} \times 2 \, \text{kV} = 1,9 \, \text{kV} \Rightarrow i = 6,35 \, \text{A} \Rightarrow E_{nc} = 6,35 \cdot 15 =$

$$\Rightarrow 95 = 100 i' \cdot \frac{3000}{2000} \Rightarrow \boxed{i' = 0,63 \, \text{A}}$$

c) La corriente de carga es 62,76 A  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow (5,25 + 2,65) \cdot 62,76 = 495,8$$



d) Operando la resistencia r del inductor de 4C.

**Problema 1.**

El esquema de la figura representa un sistema de laboratorio destinado a ensayar máquinas eléctricas. El sistema está compuesto por un convertidor de frecuencia (V/f), un motor de inducción (MI) y una máquina síncrona (MS); los datos correspondientes a estos equipos se dan más adelante.

El convertidor de frecuencia (V/f) funciona manteniendo a su salida la relación tensión frecuencia constante; el valor de la constante se puede obtener de los valores nominales de la máquina MI.

Para la resolución del problema se utilizará el modelo de pequeños deslizamientos para máquinas de inducción.

Se pide:

1. Determinar  $R_{2e}$  y  $I_{2e}$  en condiciones nominales.
2. Determinar el rango de frecuencias en que puede funcionar el sistema sin sobrecargar el motor de inducción ( $f_{\min}$ ,  $f_{\max}$ ) y de forma que MI entregue siempre potencia mecánica en el eje mayor o igual a cero.
3. Determinar el mínimo valor de  $S_{ms}$  que permita que el sistema funcione sin sobrecargar a la máquina síncrona.
4. Se ajusta  $f = f_{\max}$ . Determinar en cuánto se debe ajustar la corriente de excitación de la máquina síncrona de forma que la misma entregue potencia a la red sin sobrecargarse. Para esta parte tomar  $X_s = 20\%$  (reactancia síncrona de MS) y el valor de  $S_{ms}$  igual al determinado en (3).

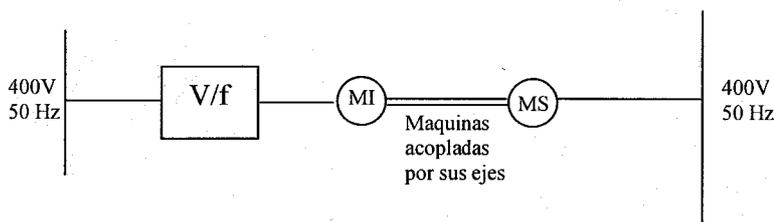
Datos:

MI: 400 V, 60 Hz, 75 kW,  $p = 2$ ,  $N_n = 1746$  rpm.

MS: 400 V, 50 Hz,  $p = 2$ ,  $\cos\phi_n = 1$ ,  $S_{ms}$ ,  $E = 100$  i (a 50 Hz) de línea.

No considerar pérdidas mecánicas en ninguna de las máquinas.

Red 400 V, 50 Hz.

**Problema 2.**

Se tienen dos transformadores trifásicos (T1 y T2) conectados en paralelo desde una red trifásica ideal. El paralelo de los transformadores alimenta un cable trifásico, que a su vez suministra potencia a una carga resistiva pura.

Datos:

- Red: 31.5kV, 50Hz, ideal
- Transformador T1: 31.5/6 kV, 5MVA,  $x=8\%$
- Transformador T2: 31.5/6 kV, 5MVA, impedancia de cortocircuito desconocida
- Cable: impedancia por fase 1.1ohm, inductiva pura
- Carga: resistencia trifásica, consume 770A a 5700V

Se pide:

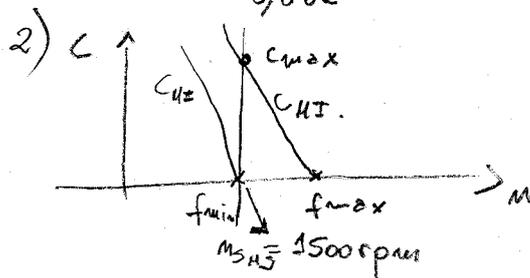
1. Circuito monofásico estrella equivalente de toda la instalación.
2. Determinar el valor en ohm de la impedancia del transformador T2 sabiendo que la carga opera con tensión  $V_{\text{carga}} = 0.95 \cdot V_{\text{red}}$
3. Determinar en cuánto se carga cada transformador.
4. Determinar los kVAR del banco de capacitores a conectar en paralelo con la red tal que el factor de potencia visto desde la red sea 1.

$$45 \times 10^3 = (1-g) \frac{q U_N^2}{R_{2e}}$$

$$g_N = \frac{1800 - 1746}{1800} = 0,03$$

$$U_N = 400V \Rightarrow R_{2e} = 0,062 \Omega$$

$$I_{2eN} \approx \frac{400/\sqrt{3} \times 0,03}{0,062} = 112 A$$



$n_{MS} = \frac{50 \times 60}{2} = 1500 \text{ rpm} \Rightarrow$  los ejes de ambos motores girarán a 1500 rpm.

$$I_{2e} \leq I_{2N} \Rightarrow \frac{U_{max} \times g}{\sqrt{3} R_{2e}} = 112 A$$

$$\frac{U_N}{f_N} = \frac{400}{60} \Rightarrow U_{max} = 6,67 \times f_{max}$$

$$\frac{6,67 f_{max} \times g}{\sqrt{3} \times 0,062} = 112$$

$$\frac{6,67 \times 1500 \times g}{30(1-g)} = 112$$

$$n_{MS} = \frac{1500}{1-g} = \frac{f_{max} \times 60}{2} \Rightarrow f_{max} = \frac{1500}{30(1-g)}$$

$$\frac{g}{1-g} = \frac{112}{3150} = 0,036$$

$$g = 0,035 \Rightarrow \boxed{P_{max} = 51,8 \text{ kW}}$$

$$\boxed{f_{min} = 50 \text{ Hz}}$$

3)  $\Rightarrow f = f_{max}$  MS debe poder entregar a la red:

$\hookrightarrow$  a esta frecuencia MI está en vacío.

$$P_{max} = \frac{1500}{60} \times 2\pi \times C_{max}$$

$$C_{max} = \frac{3 \times R_{2e} \times 112^2}{\omega_{MS} \times 0,035}$$

$$\omega_{MS} = \frac{2\pi \times 1500}{2} = 1500 \text{ rad/s}$$

$$\Rightarrow C_{max} = 410 \text{ N}\cdot\text{m} \Rightarrow \boxed{P_{max} \approx 65 \text{ kW}} \text{ otra forma:}$$

$$P = (1-g) \frac{q U_{max}^2}{R_{2e}}$$

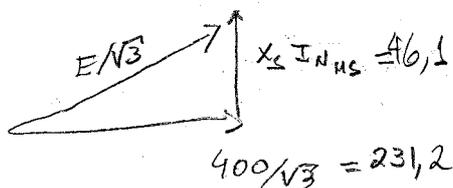
$$U_{max} = 6,67 \times 51,8 = 345,5V \Rightarrow \boxed{P_{max} = 65 \text{ kW}}$$

La máquina debe poder entregar a la red 65 kW  $\Rightarrow$  si  $S_{MS} = 65 \text{ kVA}$  es posible transferir la potencia requerida.

$$4) X_S = 0,2 \frac{400^2}{65 \times 10^3} = 0,49 \Omega$$

$$I_{NMS} = \frac{65 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 94 A$$

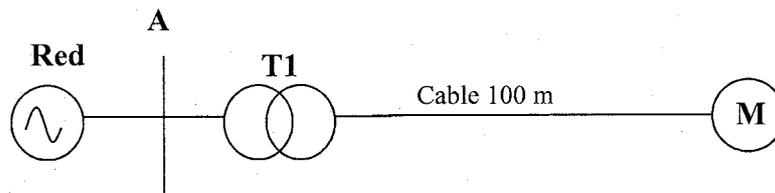
$$E = \sqrt{3} \times \sqrt{231,2^2 + 46,1^2} \approx 408V$$



$$\Rightarrow \boxed{i_{max} = 4,08 A}$$

*2.7*

### Problema 1.



El esquema de la figura representa la alimentación a un motor de inducción de 440V de tensión nominal desde una red de 6300 V.

Los datos del motor, cable y transformador se dan más adelante.

Se pide:

- Modelo monofásico estrella equivalente de la instalación a nivel 440V.
- Determinar la tensión en bornes de la máquina cuando la misma mueve una carga que le impone una velocidad de giro de 1475 rpm.
- Se proyecta instalar un segundo transformador T2, en paralelo con T1, para lo que se estudian las siguientes posibilidades: 1) 6.3/0.44 kV 500 kVA, 4% 2) 6.3/0.44 kV 300 kVA, 6% 3) 6.1/0.44 kV, 500 kVA, 6%. Indique que opción recomendaría Ud. si se desea que ambos transformadores estén cargados a igual porcentaje de su corriente nominal para cualquier estado de carga del motor. Fundamente.
- Estando el transformador original en paralelo con el determinado en (C) y el eje del motor girando a 1475 rpm determinar en qué porcentaje de su corriente nominal queda cargado cada transformador.

Datos:

Motor: 440 V, 500 kW, 50 Hz,  $n_N = 1470$  rpm, corriente de vacío a tensión nominal 100A, pérdidas de vacío despreciables.

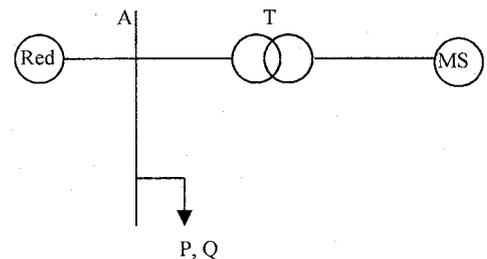
Transformado T1: 6.3/0.44 kV, 500 kVA, 6%.

Cable:  $Z_c = (0.2 + j0.01)$  Ohm/km

Notas: despreciar impedancia de vacío de los transformadores; considerar en modelo para pequeños deslizamientos para la máquina de inducción.

### Problema 2.

El esquema de la figura representa una carga eléctrica, que consume una potencia activa P y una potencia reactiva Q, alimentada desde una red de media tensión (31.5 kV, 50 Hz) y una máquina síncrona MS; la máquina MS acopla al sistema a través de un transformador T.



- Determinar el circuito monofásico estrella equivalente de la instalación a nivel 13.5 kV.
- Determinar la corriente de excitación de MS si ésta funciona a entregando la máxima potencia activa posible y el factor de potencia visto desde la red es 1.
- Para la situación planteada en (2) determinar la corriente por la red, el porcentaje, en corriente, a que se encuentran cargados T y MS.
- Si estando en las condiciones de (2) se baja la excitación de MS un 5% sin bajar la potencia activa que aporta al sistema; ¿Cuál es el factor de potencia visto desde la red?

Datos:

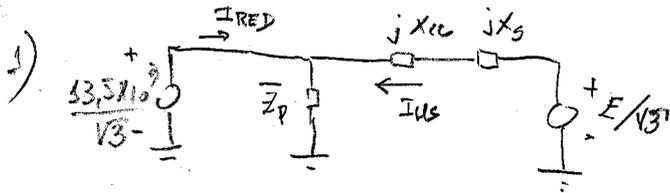
Carga:  $P = 12$  MW,  $Q = 2$  MVAR

MS: 10 MVA, 13.5 kV, 10%,  $E = 1000.i$  (de línea @ 50 Hz)

Máquina motriz de MS: potencia máxima 8 MW

T: 12 MVA, 31.5/13.5 kV, 12%

Problema 2.



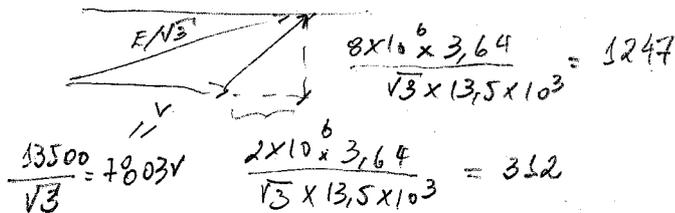
$$X_s = 0,1 \times \frac{13,5^2}{10} = 1,82 \Omega$$

$$X_{cc} = 0,12 \times \frac{13,5^2}{12} = 1,82 \Omega$$

$$E = 1000 \times i$$

$$X_s + X_{cc} = 3,64 \Omega$$

2)  $P_{HS} = 8 \text{ MW}$   $Q_{HS} = 2 \text{ MVAR}$



$$E = \sqrt{3} \sqrt{(7803 + 312)^2 + 1247^2} = 14204$$

$$\Rightarrow i = 14,2 \text{ A}$$

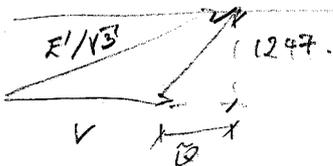
3)  $P_{red} = 4 \text{ MW}$   $Q_{red} = 0 \Rightarrow I_{red} = \frac{4 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 13500} = 171,3 \text{ A}$

$$I_{HS} = \frac{\sqrt{8^2 + 2^2} \times 10^6}{\sqrt{3} \times 13500} = 353 \text{ A}$$

$$I_{NHS} = \frac{10 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 13500} = 428,2 \text{ A} \Rightarrow 82,5\%$$

$$I_{VT} = \frac{12 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 13500} = 513,8 \text{ A} \Rightarrow 68,7\%$$

4)  $E' = 0,95 \times 14204 = 13494 \text{ V} \Rightarrow \frac{E'}{\sqrt{3}} = 7800 \text{ V}$



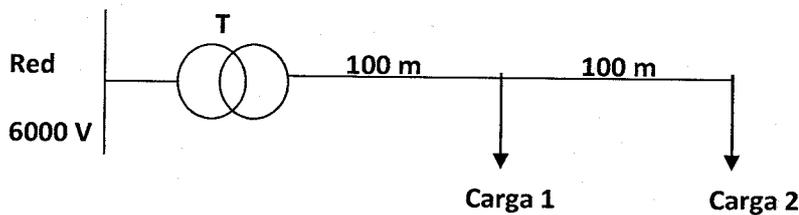
$$V + \hat{Q} = \sqrt{7800^2 - 1247^2} = 7699,7 \text{ V}$$

$$\Rightarrow \hat{Q} = 100 = \frac{Q_{red} \times 3,64}{\sqrt{3} \times 13500}$$

$$\Rightarrow Q_{red} = -642 \text{ kVAR} \Rightarrow Q_{red} = 2,642 \text{ MVAR}$$

$$\Rightarrow \tan \varphi = \frac{1,38}{4} = 33,4^\circ \Rightarrow \cos \varphi = 0,83 \text{ inductivo.}$$

$$P_{red} = 4 \text{ MW}$$

Problema 1

El diagrama unifilar representa la instalación eléctrica de una fábrica la cual se alimenta desde una red de 6 kV, 50 Hz por intermedio de un transformador (T) el cual baja la tensión al nivel de tensión al cual se conectan las cargas 1 y 2.

La carga 1 dista del transformador 100 m y la misma es un motor de inducción trifásico (MI1) cuyos datos se dan más adelante.

La carga 2 dista del transformador 200 m y se trata de un motor de inducción trifásico (MI2) idéntico a MI1.

1. Determinar el modelo monofásico estrella equivalente de cada motor a partir de los datos disponibles.
2. Determinar el circuito eléctrico monofásico estrella equivalente de la instalación a nivel de baja tensión.
3. Determinar la tensión sobre cada motor cuando MI1 funciona a 1470 rpm y arranca MI2.
4. Se desconecta la carga 1 y el motor MI2 se arranca en estrella. Determinar la tensión en bornes de MI2.

Datos:

Red: trifásica 6000 V, 50 Hz.

Transformador (T): trifásico, 6.3/0.4 kV, 300 kVA, 50 Hz,  $U_z = 5\%$

Cables: cada tramo de 100 m se puede modelar como una resistencia de 350 mΩ/km.

MI1: 400 V, 50 Hz, 125kW, velocidad nominal 1455 rpm, conexión en triángulo.

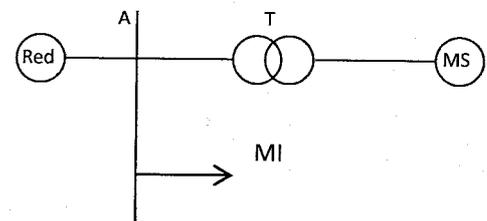
En vacío a tensión y frecuencia nominal consume 30A potencia activa despreciable

Corriente de arranque a tensión y frecuencia nominal  $5I_n$  ( $I_n$ : corriente nominal) con factor de potencia 0.4.

Nota: Para el arranque es posible despreciar la corriente de vacío. En condiciones nominales se sugiere utilizar el modelo para pequeños deslizamientos. Se desprecia la impedancia de vacío de T y su impedancia de cortocircuito se asumirá inductiva pura.

Problema 1.

El esquema de la figura representa una instalación eléctrica donde un generador sincrónico (MS) acopla a una red eléctrica de potencia infinita a través de un transformador T. El motor de inducción MI acopla directo a la barra A.



1. Determinar el circuito monofásico estrella equivalente de la instalación a nivel 6300V.
2. MI mueve una carga cuyo par resistente es  $C_r = 5.5$  n (con  $C_r$  en N.m y n en rpm). Determinar la potencia activa y reactiva que consume MI.
3. Determinar la corriente de excitación de MS si este está entregando la máxima potencia activa posible sin sobrecargar ningún equipo y el factor de potencia visto desde la red es 0.95 inductivo.
4. En las condiciones de (3) determinar la corriente por la red.

Datos:

MS: 2 MVA, 2 kV, 15%,  $E = 945.i$  (de línea @ 50 Hz), 50 Hz, un par de polos.

T : 2.0 MVA, 6.3/2.0 kV, 8%, 50 Hz.

Maquina motriz que mueve a MS puede entregar un máximo de 1.0 MW

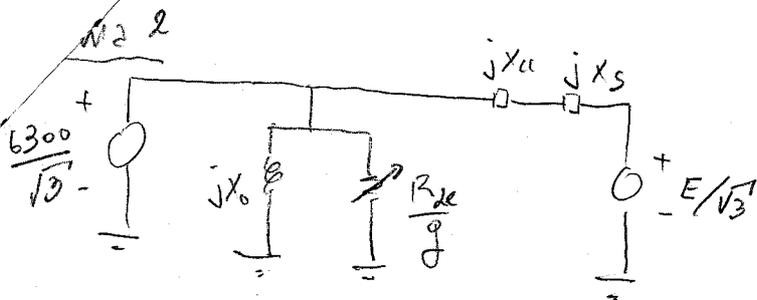
Red de potencia infinita 6.3 kV, 50 Hz.

MI: 6.3 kV, 50 Hz, 1.5 MW, velocidad nominal 1470 rpm. En vacío, a tensión y frecuencia nominal, consume 60A y potencia activa despreciable.

Notas:

Se desprecia la impedancia de vacío de T y su impedancia de cortocircuito se asumirá inductiva pura.

Asumir modelo para pequeños deslizamientos para MI.



$$X_a = 0,08 \times \frac{6,3^2}{2} = 1,59 \Omega$$

$$X_s = 0,15 \times \frac{6,3^2}{2} = 2,98 \Omega$$

$$X = X_a + X_s = 4,57 \Omega$$

$$MI: g_N = \frac{1500 - 1470}{1500} = 0,02 \Rightarrow 1,5 \times 10^6 = 0,02 \times 0,98 \times \frac{6300^2}{R_{ze}} \Rightarrow R_{ze} = 0,52 \Omega$$

$$X_0 = \frac{6300/\sqrt{3}}{60} = 60,7 \Omega$$

$$2) \quad Q_{MI} = \frac{6300^2}{60,7} = 653,9 \text{ kVAR} \neq C = \frac{6300^2}{157 \times 0,52} \times 0,9 = 5,5 \times 1500 (1 - 0,9)$$

$$\Rightarrow 0,9 (58,9 + 1) = 1 \Rightarrow 0,9 = 0,9167 \Rightarrow n = 1475 \text{ rpm.} \Rightarrow P_{MI} = 1275 \text{ kW}$$

$$3) \quad \left. \begin{array}{l} P_{MS} = 1000 \text{ kW} \\ P_{MI} = 1275 \text{ kW} \end{array} \right\} P_{red} = 275 \text{ kW} \Rightarrow \varphi_{red} = \arccos 0,995 = 18,2^\circ \Rightarrow Q_{red} = 275 \tan 18,2^\circ = 90,4 \text{ kW} \Rightarrow Q_{MS} = 563,4 \text{ kVAR}$$

$$E = \sqrt{3} \times \sqrt{\left(\frac{6300}{\sqrt{3}} + \tilde{Q}\right)^2 + \tilde{P}^2}$$

$$E = \sqrt{3} \times \sqrt{3878^2 + 419,3^2} = 6748 \text{ V}$$

$$i_{MS} = \frac{6748 \times 2000}{945 \times 6300} = 2,27 \text{ A}$$

$$\tilde{P} = \frac{X \times P_{MS}}{\sqrt{3} \times 6300} = 419,3$$

$$\tilde{Q} = \frac{X \times Q_{MS}}{\sqrt{3} \times 6300} = 236,3$$