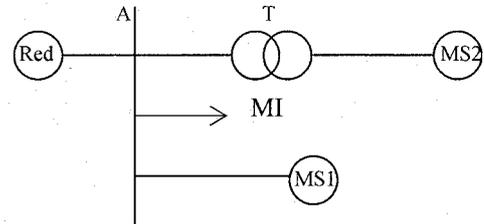


LEER ESTO CON ATENCIÓN

- Doblar las hojas CON PROLIJIDAD, con el NOMBRE y TEXTO VISIBLES en TRES paquetes separados.
- Usar PRIMER nombre como en ACTA.
- NO escribir a ambos lados de cada hoja.
- El uso de TELÉFONO durante la prueba conllevará el inmediato retiro de la misma.

PROBLEMA 1 (17,5 pts.)

El esquema de la figura representa una instalación eléctrica donde dos generadores sincrónicos acoplan a una red eléctrica de potencia infinita; la máquina MS2 acopla al sistema a través de un transformador T mientras que MS1 lo hace en forma directa. Los datos de MI se dan en datos.



1. Determinar el circuito monofásico estrella equivalente de la instalación a nivel 6300V.
2. Determinar la corriente de excitación de ambos generadores si el conjunto MS2- T entregan, en la barra A, la máxima potencia activa posible minimizando la corriente de línea; MS1 funciona como compensador sincrónico y el factor de potencia visto desde la red es de 0.95 inductivo. En esta parte MI mueve una carga mecánica tal que gira a 1470 rpm.
3. En las condiciones de (2) determinar la corriente por la red.
4. Sale de servicio MS2 y MI queda en vacío. Determinar la corriente de excitación de MS1 para que el factor de potencia visto desde la red continúe siendo 0.95 inductivo.

Datos:

MS1: 1.5 MVA, 6.3 kV, 10%, $E = 2000.i$ (de línea @ 50 Hz), 50 Hz.
 MS2: 2 MVA, 2 kV, 15%, $E = 945.i$ (de línea @ 50 Hz), 50 Hz.
 Ambas máquinas son de dos pares de polos.
 T : 1.5 MVA, 6.3/2.0 kV, 6.6%, 50 Hz.
 Máquina motriz que mueve a MS2 puede entregar un máximo de 1.0 MW
 Red de potencia infinita 6.3 kV, 50 Hz.
 MI: motor de inducción trifásico 6300 V, 50 Hz, 1.6 MW, velocidad nominal: 1455 rpm.
 En vacío consume 45 A y potencia activa despreciable. (a tensión nominal)

la red no entrega potencia activa ni reactiva.

Notas:

Se desprecia la impedancia de vacío de T y su impedancia de cortocircuito se asumirá inductiva pura. Usar el modelo para pequeños deslizamientos para MI.

PROBLEMA 2 (17,5 pts.)

Se dispone de un motor de inducción trifásico MI cuyos datos son los siguientes:

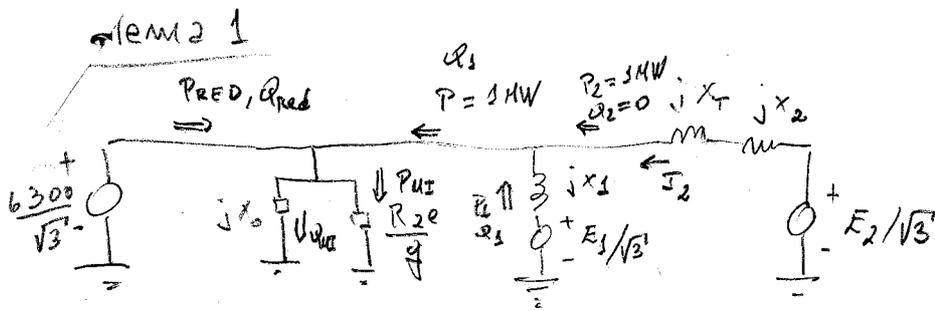
MI: 30 kW, 220 V, 50 Hz, estator en triángulo, 4 polos
 Ensayo de vacío: tensión y frecuencia nominal, 20A, Potencia activa despreciable.
 Ensayo rotor bloqueado: 25 V, 50 Hz, consumió 50 A y 1600 W.
 Resistencia por fase de estator (en triángulo): 0.48 Ohm.

Este motor es alimentado desde una red de potencia infinita de 220 V, 50 Hz por medio de un cable tripolar de cobre de 35 mm² de sección y 100 metros de longitud.

1. Determinar la corriente y el factor de potencia nominal de la máquina de inducción (MI).
2. Determinar la tensión en bornes de la máquina (MI) cuando la misma mueve una carga mecánica que lo hace funcionar a 1455 rpm.
3. Determinar el porcentaje de carga, en corriente, al que queda cargada la máquina en la situación de (2).
4. Determinar la tensión en bornes de la máquina durante el arranque, si la misma arranca mediante un autotransformador que reduce la tensión de la red a un 85%.

Notas:

Resistencia de un conductor de longitud L y sección S:
 $R = L / (57.S)$ en Ohm, siendo L longitud del cable en m y S la sección del mismo en mm².
 Es posible utilizar el modelo para pequeños deslizamientos siempre que se justifique adecuadamente.
 Para calcular la corriente de arranque se admite despreciar la rama de vacío de MI.



$$X_2 = 0,066 \times \frac{6,3^2}{15} = 1,746 \Omega$$

$$X_1 = 0,1 \times \frac{6,3^2}{15} = 2,646 \Omega$$

$$X_2 = 0,15 \frac{6,3^2}{a} = 2,977 \Omega$$

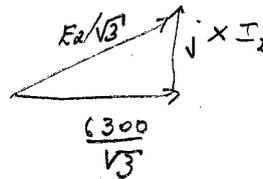
MS: $X_0 = \frac{6300/\sqrt{3}}{45} = 81 \Omega$

$$1,6 \times 10^3 = \frac{q_N(1-q_N)}{q} \frac{6300^2}{R_{2e}}$$

$$q_N = \frac{1500 - 1455}{1500} = 0,03 \Rightarrow R_{2e} = 972 \Omega$$

$$X = X_1 + X_2 = 4,723 \Omega$$

2) MS2: $I_2 = \frac{1 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 6300} = 91,75 A$
 $P_2 = 1 MW$
 $Q_2 = 0$



$$E_2 = \sqrt{3} \sqrt{(6300/\sqrt{3})^2 + (X I_2)^2} = 6344,4 V$$

$$i_2 = \frac{6344,4}{945} \times \frac{2}{63} = 2,13 A$$

MS1: $Q_{MS} = \frac{6300^2}{81} = 490 KVAR$

$$q = \frac{1500 - 1470}{1500} = 0,02$$

$$P_{MS} = \frac{6300^2}{972} \times 0,02 = 1,103 MW \Rightarrow P_{Red} = 103 MW$$

$$\Rightarrow P_{Red} = 103 MW$$

$$\cos \phi = 0,95 \Rightarrow \phi = 18,2^\circ \Rightarrow Q_{Red} = 103 \tan 18,2 = 33,9 KVAR$$

MS1: $P_1 = 0$ $Q_1 = 490 - 33,9 = 456,1 KVAR$

$$I_1 = \frac{456,1 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6300} = 41,8 A$$

$$E_1 = \sqrt{3} \times \left(\frac{6300}{\sqrt{3}} + 2,646 \times 41,8 \right) = \frac{6300}{\sqrt{3}} \times 6491,1 V$$

$$\Rightarrow i_1 = 3,25 A \neq$$

3) $S_{Red} = \sqrt{103^2 + 33,9^2} = 108,4 KVA = \sqrt{3} \times 6300 \times I_{Red} \Rightarrow I_{Red} = 9,95 A \neq$

4) MS solo consume reactiva $Q_{MS} = 490 KVAR = Q_1 = \sqrt{3} \times 6300 \times I_1 \Rightarrow I_1 = 45 A$

$$E_1 = 6300 + \sqrt{3} \times 2,65 \times 45 = 6506 V \Rightarrow i_1 = \frac{6506}{2000} \neq$$

Problema 2

$$\bar{Z}_a = \frac{25\sqrt{3}}{50} \angle \arccos\left(\frac{1600}{\sqrt{3} \times 25 \times 50}\right) = 0,29 \angle 42,3 = (0,21 + j0,19) \Omega$$

$$R_2 = \frac{0,48}{3} = 0,16 \Omega$$

1) $\Rightarrow R_{2e} = 0,05 \Omega$

$$X_1 + X_{2e} = 0,19 \Omega$$

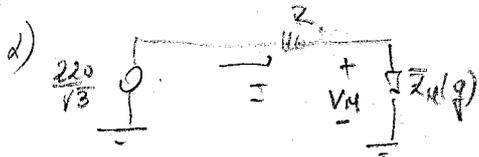
$$\bar{I}_0 = 20 \angle -90^\circ$$

$$30 \times 10^3 = \frac{U_{01}^2}{R_{2e}} (1 - q_N) q_N \Rightarrow q_N = 0,032 \Rightarrow I_{20N} = \frac{220/\sqrt{3}}{0,05} \times 0,032 = 81,3 A$$

$$|\bar{I}_N| = \sqrt{81,3^2 + 20^2} = 83,7 A$$

$$\phi = -\arctan\left(\frac{20}{81,3}\right) = -13,8^\circ \Rightarrow \bar{I}_N = 83,7 \angle -13,8^\circ$$

$$I_N = 83,7 A \quad \cos \phi_N = 0,97 \neq$$



$$R = \frac{100}{57 \times 35} = 0,05 \Omega$$

$$q = \frac{1500 \cdot 1455}{3500} = 0,05$$

$$\bar{Z}_H = jX_0 \parallel \frac{R_{29}}{q} = 1,6 \angle 148 = (1,54 + j0,4) \Omega$$

MPD

$$\bar{I} = \frac{220/\sqrt{3}}{0,05 + 1,54 + j0,4} = \frac{127}{1,59 \angle 14} = 77,4 \angle -14$$

$$V_u = Z_u I = 1,6 \times 77,4 = 123,84 V$$

$$U_u = 214 V$$

3) Arrangue $q=1$

$$I_{arr} = \frac{220/\sqrt{3} \times 0,85}{0,05 + 0,21 + j0,19} = \frac{0,85 \times 127}{0,32 \angle 30} = 337,45 A$$

$$Z_u(q=1) \approx Z_u = 0,29 \Omega$$

$$\Rightarrow V_u = 0,29 \times 337,45 = 98 V \Rightarrow U_u = 169,3 V \neq 77\%$$

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

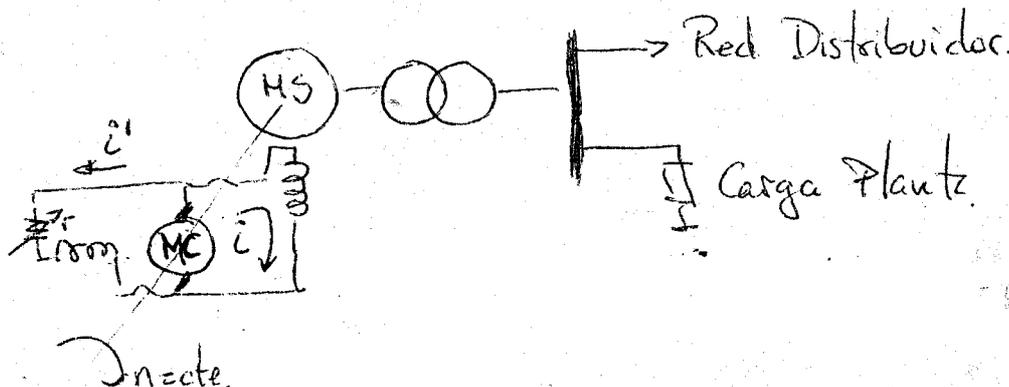
PROBLEMA 1.

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.

- a) (30) Determinar el circuito equivalente monofásico de la instalación con los valores de impedancias que correspondan en Ohm.
- b) (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.
- c) (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.
- d) (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~~ 500 kVA; 2 kV; 2 polos; 50 Hz; 10%; Pérdidas despreciables; E (de línea) = 300 V; Resistencia de la excitatriz de MS 15 Ω .

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

TRANSF.: ~~750~~ 500 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 Δ , 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

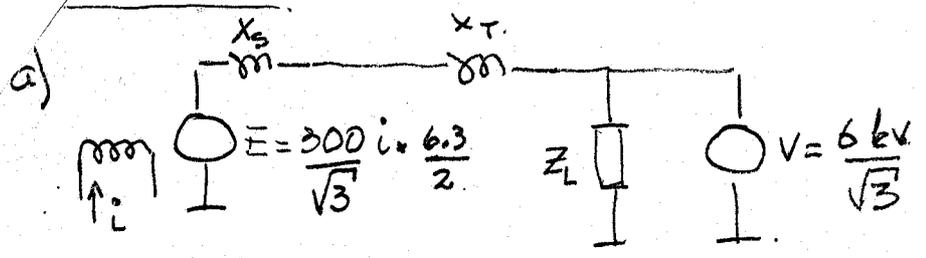
Ensayo en c.c : con 25 V, 50 Hz, entre línea consumió 50 A y 1600 W (para este ensayo no se tiene en cuenta la impedancia de vacío)

Resistencia estática por fase 0,12 Ω

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

- a) (30) Determinar el circuito monofásico equivalente estrella completo del motor indicando los valores de impedancias que correspondan en Ohm.
- b) (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?
- c) (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.
- d) (20) Cuánto vale en Ohm la resistencia de una fase del rotor?

PROBLEMA 1



$$Z_L: 600 \cdot 10^3 = \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot I \cdot 0,92 \Rightarrow I = 62,76 \Rightarrow Z_L = \frac{6 \cdot 10^3 / \sqrt{3}}{62,76} \quad \langle \text{Arco } 0,92 = 55,2^\circ \rangle$$

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

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

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

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

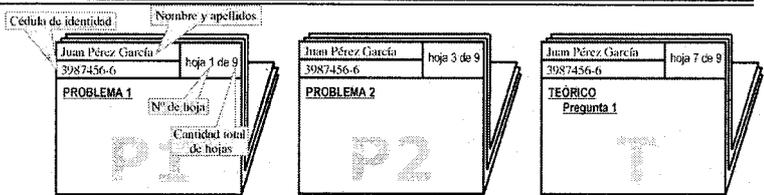
$$\Rightarrow E_F = \sqrt{(495,8 \cdot 0,92)^2 + \left(\frac{6000}{\sqrt{3}} + 495,8 \cdot 0,39\right)^2} = 368$$

$$\Rightarrow E^{2kv} = \sqrt{3} \cdot 368 \cdot \frac{2}{6,3} = 2,026 \Rightarrow \boxed{i = 6,75}$$

d) Operando la resistencia r del inductor de MC.

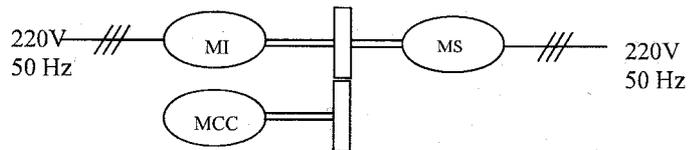
LEER ESTO CON ATENCIÓN

- 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**.
- Luego de la lectura de la letra **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 - Con el propósito de realizar una práctica de laboratorio se acoplan por sus ejes una máquina de inducción (MI), una máquina de corriente continua (MCC) y una máquina sincronía (MS) según esquema.



Los ejes de las tres máquinas giran a la misma velocidad y el acople es ideal (rendimiento uno). Los datos de las máquinas se dan en la sección datos.

1. La excitación de MCC se fija en 1.1A y la excitación de MS en 1.75A; determinar la potencia activa y reactiva que suministra MS a la red.
2. MS es aislada de la red y se deja en vacío; determinar la velocidad a la que funcionara el conjunto y la potencia activa que absorbe MI de la red. No se modifica la excitación de MCC.
3. En la situación de 2 se sube la excitación de MCC a 1.5 A; determinar la velocidad de giro del conjunto y la corriente a la que se caga del banco de baterías que alimenta a la máquina de continua.

Datos: Red: 220 V, 50 Hz, potencia infinita

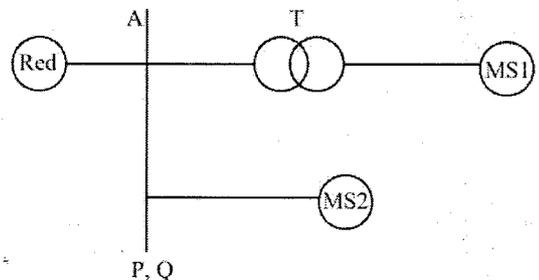
MI: 20 kW, 220 V, 50 Hz, estator en triángulo, dos pares de polos.
 Ensayo de vacío: tensión y frecuencia nominal consumió 10 A y 800 W.
 Ensayo rotor bloqueado: 25 V, 50 Hz, consumió 50 A, 1600 W.
 Resistencia por fase de estator (en triángulo): 0.36 Ohm.
 Pérdidas mecánicas por ventilación y fricción: despreciables

MS datos a 50 Hz: 20 kVA, 220 V, X = 20%, E(de línea) = 150i a 1500 rpm, dos pares de polos.

MCC: 110V, 10 HP, E = 20i a 300 rpm, Rarmadura 1 Ohm, Rinductor = 100 Ohm.
 Alimentado a tensión nominal; excitación shunt; se agrega una resistencia adicional variable en serie con el inductor.

Nota: Para las partes 2 y 3 utilizar el modelo para pequeños deslizamientos de la máquina de inducción.

PROBLEMA 2 - El esquema de la figura representa una instalación eléctrica donde dos generadores sincrónicos acoplan a una red eléctrica de potencia infinita; la máquina MS1 acopla al sistema a través de un transformador T mientras que MS2 lo hace en forma directa.



1. Determinar el circuito monofásico estrella equivalente de la instalación con todos los elementos representados en el nivel de tensión de la barra A. Indicar los valores numéricos de todos los elementos del mismo.

La corriente de excitación de MS1 se ajusta en un 64% de su valor máximo y se encuentra entregando la máxima corriente posible (sin generar sobrecarga en ningún equipo).

2. Calcular las potencias activa y reactiva entregadas por el conjunto MS1 y T.

Adicionalmente MS2 se ajusta con el objetivo primario de consumir la mínima corriente de excitación posible sin que la red entregue reactiva, y con el objetivo secundario de suministrar la máxima potencia activa posible. Se mantiene la premisa de no sobrecargar

$n_{MI} = 1500 \text{ rpm}$ ($p_{MI} = 2$)
 $n_{MS} = 1500 \text{ rpm}$ ($p_{MS} = 2$)
 MS conectada a red potencia infinita 50Hz $\Rightarrow n = 1500 \text{ rpm}$ (tres maquinas)

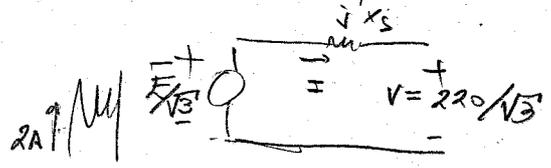
\Rightarrow MI funciona en vacío ($q = 0$) \Rightarrow No suministra potencia mecánica a MS.

MCC: $A\phi(1) = \frac{2}{30} \times i \Rightarrow A\phi(1,1) = \frac{2,2}{30} \Rightarrow E = \frac{2,2}{30} \times 1500 = 110V$

Como la maquina es alimentada a 110V $\Rightarrow I = 0$ MCC en vacío

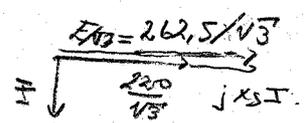
\Rightarrow MCC No suministra potencia mecánica a MS

\Rightarrow MS No absorbe potencia mecánica $\Rightarrow P_{MS} = 0$ (suministrada a la red)



$E = 150 \times 1,75 = 262,5V$

$X_s = 0,2 \times \frac{220^2}{20 \times 10^3} = 0,484 \Omega$



$X_s I = 247V \Rightarrow I = 51,1A \Rightarrow Q_{MS} = \sqrt{3} \times 220 \times 51,1 = 19400 \text{ var}$

2) $C_{MCC} + C_{MI} = 0$ (coprimen)

$C_{MI} = \frac{220^2}{157 \times R_{2e}} \times q$

$C_{MCC} = \frac{30}{\pi} \frac{E_s I}{M} = \frac{30}{\pi} A\phi(1,1) I = \frac{30 \times 2,2}{\pi \times 30} \times I$

$I = \frac{110 - E}{R} = \frac{110 - A\phi(1,1) M}{1}$

$C_{MCC} = \frac{30 \times 2,2}{\pi \times 30} (110 - A\phi(1,1) M)$

$C_{MCC} = 77 \times q$

$M = 1500(1 - q)$

Obs. $M = 1500 \Rightarrow \begin{cases} C_{MCC} = 0 \\ C_{MI} = 0 \end{cases} \Rightarrow M = 1500 \text{ rpm}$ Solucion \Rightarrow MI y MCC en vacío.

$P_{MI} = 800W$ (absorbida de la red)

3) $A\phi(1,5) = 0,1 \Rightarrow C_{MCC} = \frac{30}{\pi} \times 0,1 [0,1 \times 1500(1 - q) - 110] = 0,95 [150 - 110 - 150q]$

$I = \frac{E - V}{R}$ (generador) $C_{MCC} = -142,5q + 38$

MI: $Z_a = \frac{25/\sqrt{3}}{50} \angle \arccos\left(\frac{1600}{\sqrt{3} \times 25 \times 50}\right) = 0,29 \angle 42,3^\circ = 0,21 + j0,19 \Omega$ $R_s = 0,12 \Omega$

$C_{MI} = \frac{220^2 \times q}{157 \times 909}$ $\Rightarrow C_{MCC} = C_{MI} \Rightarrow -142,5q + 38 = 3425,3 \times q$

$\Rightarrow q = 0,012 \Rightarrow M = 1482 \text{ rpm}$ $E = 0,1 \times 1482 = 148,2V \Rightarrow I = 38,2A$

