

Examen Febrero 2017 - Introducción a la Electrotécnica

10 de febrero de 2017

IIE - Facultad de Ingeniería - Universidad de la República

- Poner nombre y cédula en todas las hojas. Utilizar hojas separadas para cada ejercicio y el teórico.
- La duración del examen es de 3 horas.
- La prueba es de carácter individual. Sin material. Está prohibida la utilización de celulares.

Problema 1

Una planta industrial (modelada por una impedancia Z) es alimentada desde la red pública a través de dos transformadores. La planta cuenta además con un generador sincrónico (MS) para utilizarse en algún caso que sea necesario. El esquema unifilar se muestra en la figura 1.

Se pide:

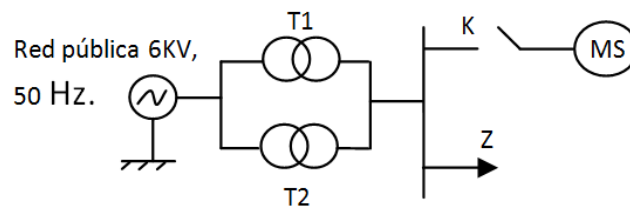


Figura 1: Esquema unifilar del problema 1.

- Determinar el circuito monofásico estrella equivalente de **toda** la instalación (K cerrado) del lado de baja tensión con los valores expresados en Ohmios.
- Con K abierto, determinar la potencia activa y reactiva que circula por cada transformador y la tensión aplicada a la carga Z .
- En base a los resultados obtenidos en la parte b), ¿utilizaría los dos transformadores o uno solo? Justifique.
- Para disminuir costos energéticos se decide conectar la MS en paralelo con la red y operarla de forma que entregue la máxima potencia activa posible a corriente nominal. A su vez se desconecta el T2 para este caso. Determine la potencia activa y reactiva entregada. Calcule para este punto de funcionamiento la corriente de excitación de la MS.

Datos:

- Red pública: 6,3kV, 50 Hz. Se supondrá de potencia infinita.
- T1: 6,3/0,23KV; 500 kVA; Dy9; $u_z = 4\%$.
- T2: 6,0/0,21KV; 500 kVA; Dy9; $u_z = 3,6\%$.
- Carga Z : Consume 500 KVA bajo 220 V con $\cos\phi = 0,9$ inductivo.
- MS: 250 kVA; 220V; 2 polos; 50 Hz; 10%; $E/i = 300 \text{ V/A}$; $R_{excMS} = 15\Omega$.
- MA: Turbina a gas con potencia nominal de 200 kW.

NOTA: para la parte d) considerar el transformador T1 como ideal.

Problema 2

El esquema de la figura 2 representa una instalación donde un motor es alimentado desde una estación de transformación a través de un cable (L) de 150 metros de longitud. Se debe estudiar la posibilidad de arrancar en forma directa la máquina para lo que se evaluará la caída de tensión en un arranque de este tipo.

- Determinar la impedancia que representa la máquina durante un arranque directo.
- Determinar el circuito monofásico estrella equivalente de la instalación en la configuración que represente menor tensión en bornes del motor. Justifique su respuesta.
- Determinar la tensión en bornes del motor en un arranque directo para la configuración de la instalación indicada en b)

d) Determinar el par de arranque en la condiciones de funcionamiento de la parte b)

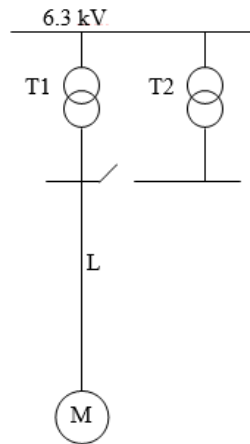


Figura 2: Diagrama unifilar del problema 2.

Datos:

$I_{arranque}$	$\cos\phi_{i_{arranque}}$	$C_{arranque}$
1250 A	0,3 (ind)	10 Nm

Cuadro 1: Datos bajo tensión nominal.

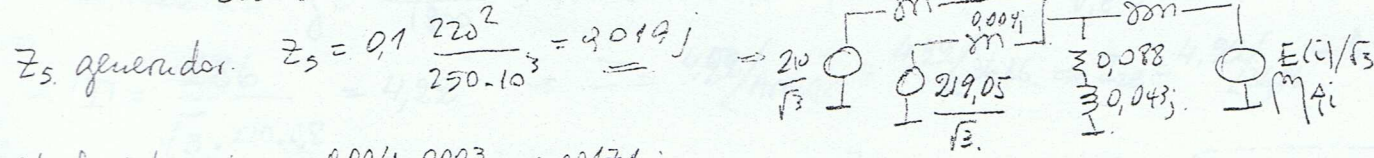
- Red pública: 6kV, 50 Hz. Se supondrá de potencia infinita.
- T1, T2: 6,3/0,44KV; 750 kVA; $u_z = 5,3\%$.
- L: longitud 150 m; $0,3 \Omega/km$ inductivo puro.
- M: motor de inducción 440 V, 110 kW, $I_n = 178$ A.

Teórico

- a) Se requiere diseñar un transformador de tres bobinados que permita obtener los siguientes cuatro voltajes de salida: 3, 6, 9 y 12V. Se dispone de una fuente de alimentación de 100V y se sabe que el bobinado N1 tiene 500 vueltas. Se pide:
 1. Determinar el número de vueltas de los dos restantes bobinados (N2 y N3) e indicar su conexionado.
 2. Sabiendo que en cualquiera de las 4 configuraciones debe poder entregar una corriente de 10 A a la salida, se pide determinar la corriente de diseño del bobinado de 500 vueltas (mínima).
- b) Se requiere arrancar un MI trifásico con autotransformador (ATR), de forma que la corriente de arranque tomada de la red se reduzca al 50% del valor que tendría si se arranca en forma directa. Se pide determinar la relación del ATR y deducir en cuanto se reduce el par de arranque tomado de la red.
- c) Una máquina de corriente continua MCC está trabajando en la zona lineal, con su característica $E(i,n)=0,12 \times n \times i$, con E en V, n en rpm e i en A. Se conecta en la configuración paralelo (shunt) a una fuente de 200V. Se pide determinar i para que quede funcionando como motor en vacío a 1500 rpm.
- d) Una máquina sincrónica MS tiene los siguientes datos: $U_n = 400V$, $S_n = 80kVA$, $X_s = 8\%$. Se conecta a una red de 400V y potencia infinita. Se pide:
 1. Modelo monofásico estrella equivalente de MS.
 2. Valor en HP del motor propulsor máximo que puede ser necesario para el funcionamiento de MS como generador.
 3. Rango de funcionamiento de E para todas las condiciones posibles de funcionamiento (E_{max} y E_{min}).
- e) Analizar mediante el modelo de fasores el campo giratorio resultante para el caso de un motor de inducción que queda funcionando en dos fases. Se tomará la fase 1 con ángulo cero y se tomará la fase 2 abierta.

impedancia de carga $Z = \frac{220^2}{500 \cdot 10^3} \angle \text{Arctg } 0,99 = 0,097 \angle 25,84 = 0,088 + j0,043$

ratos $Z_{cc1} = 0,04 \frac{230^2}{500 \cdot 10^3} = 0,004$; $Z_{cc2} = 0,036 \frac{210^2}{500 \cdot 10^3} = 0,003$



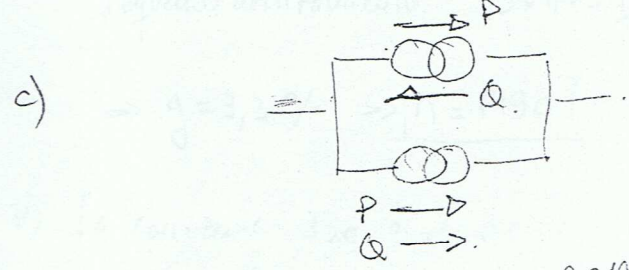
2) Calculo Thevenin. $Z_{TH} = \frac{0,004 \times 0,003}{0,007} = 0,00171j$

$I = \frac{219,05/\sqrt{3} - 210/\sqrt{3}}{0,007j} \rightarrow V_{TH} = \frac{219,05}{\sqrt{3}} - 0,004j I = 123,48 \Rightarrow I_L = \frac{123,48}{0,088 + j0,0447} = 1251 A \angle -26,9$

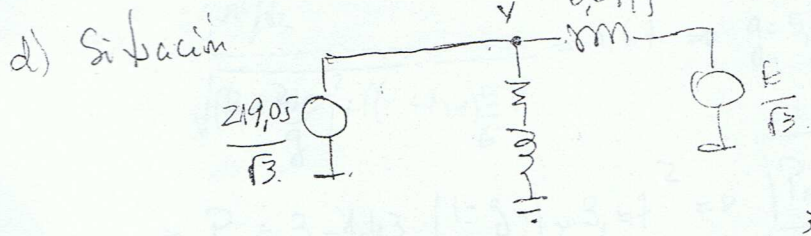
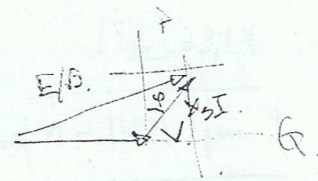
$\Rightarrow N_L = 0,097 \angle 25,84 \times 1251 \angle -26,9 = 121,35 \angle -1,06 \Rightarrow U_L = 210,2 V$

$I_{T1} = \frac{219,05/\sqrt{3} - 121,35 \angle -1,06}{0,004j} \approx \frac{5,14 + j2,245}{0,004j} = 1402 \angle -66,4 \Rightarrow$ Se sobrecarga $P_1 = 212,96 kW$ $Q_1 = 487,44 kVAr$

$I_{T2} = 1251 \angle -26,9 - 1402 \angle -66,4 = 554,35 + j718,7 = 907 \angle 52,3 \Rightarrow P_2 = 201,75 kW$ $Q_2 = 961,03 kVAr$



Utilizo un solo trazo hay una "instil" Circulacion de reactiva.



Generador a nominal $\Rightarrow I = \frac{250 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \times 220} = 656 A$

Pago lo menos posible $\Rightarrow P_g = 200 \cdot 10^3 \Rightarrow Q_g = \sqrt{(250 \cdot 10^3)^2 - (200 \cdot 10^3)^2} = 150 \cdot 10^3$

\Rightarrow Entrega a load. $Q = 150 \cdot 10^3 - 3 \times 0,019 \cdot 656^2 = 125,471 kVar$

$\Rightarrow \phi = \text{Arctg } \frac{125471}{200000} = 32^\circ \Rightarrow \frac{E}{\sqrt{3}} = \sqrt{\left(\frac{219,05}{\sqrt{3}}\right)^2 + (656 \cdot 0,019)^2} + 2(1)(1) \cos 32 = 1342$

$\Rightarrow E = 237,6 \Rightarrow \boxed{i = 0,79 A}$

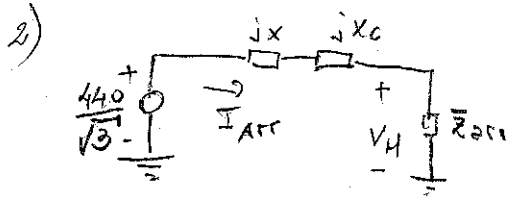


[Handwritten signature]

olema 2

1) $Z_{err} = \frac{440/\sqrt{3}}{1250} = 0,2 \Omega$

$\Rightarrow \bar{Z}_{err} = 0,2 \angle 110,93 = 0,2 \angle 72,5^\circ = (0,06 + j0,19) \Omega$



$\bar{V}_H = \frac{440}{\sqrt{3}} - j(X + X_c) \bar{I}_{arr}$

$X_T = 0,053 \cdot \frac{440^2}{750 \times 10^3} = 0,014 \Omega$

$X_C = 0,8 \times 0,15 = 0,045 \Omega$

1 trafos en funcionamiento

$X = X_T \Rightarrow I_{arr}$ toma el valor minimo. $\Rightarrow V_H$ valor minimo ($V_H = 0,2 I_{arr}$)

3) $\bar{I}_{arr} = \frac{440/\sqrt{3}}{j(X_T + X_C) + \bar{Z}_{err}} = \frac{440/\sqrt{3}}{0,06 + j0,249} = \frac{440/\sqrt{3}}{0,256 \angle 76,1^\circ} = 993,5 \angle -76,1^\circ$

$V_H = 0,2 \times I_{arr} \Rightarrow V_H = 198,7 V \Rightarrow U_H = 343,73 V$

22% de caída de tensión!!

A) $C_{ArrN} = K U_N^2 \Rightarrow C_{Arr} = \left(\frac{U}{U_N}\right)^2 \times C_{ArrN} = \underline{\underline{6,1 N \times mm}}$

u2