INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA

Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Examen Julio 2014 – 21 de Julio 2014.

FACULTAD DE INGENIERIA
Depto. De Documentación y Biblioteca
Montevideo - Uruguay

Examen Parcial

Pregunta No. 1 (30%) Armónicos en los transformadores trifásicos

Una instalación se alimenta a partir de un transformador trifásico 6/0.4 kV de 20 kVA. El transformador es de núcleo de 3 columnas, montaje Ynyn0. El neutro del primario está conectado a tierra, y el del secundario, aunque accesible, está aislado. Las cargas a alimentar son todas trifásicas equilibradas, de conexión estrella y con neutro aislado.

Se pide (justificando las respuestas):

a) Con el montaje indicado, ¿pueden encontrarse armónicos múltiplos de 3 en las tensiones en vacío del secundario del transformador?

b) ¿Pueden encontrarse armónicos múltiplos de 3 en las corrientes de las cargas?

c) Suponiendo que inadvertidamente se conecta a tierra el neutro de una de las cargas, y que debido a un defecto en la red primaria, por ella circulan corrientes homopolares. ¿Cómo afecta esto a la carga con neutro a tierra?

d) ¿Cómo respondería a la pregunta anterior si el neutro del secundario del transformador estuviese conectado a tierra?

Pregunta No.2 (30%) Convertidores de energía conservativos

a) Indicar la expresión general del par o fuerza de origen electromagnético en un convertidor electromecánico con varias entradas eléctricas y una sola salida mecánica, calculado en función de la energía y la co-energía magnética almacenada en el dispositivo.

b) En un sistema electromecánico de rotación (es decir donde hay varias entradas eléctricas y una sola salida mecánica, y la parte móvil o rotor puede girar libremente con un eje de rotación) en régimen lineal (sin saturación del hierro), indicar la expresión general del par mecánico generado por efecto electromagnético en función de las inductancias y corrientes del dispositivo.

c) En función de la expresión anterior, indicar qué condición se requiere de las inductancias de ese sistema para que el dispositivo presente par de reluctancia, es decir que el par sea no nulo cuando todos los bobinados excepto uno, estén sin corriente.

Pregunta No. 3 (40%) Estabilidad de Máquinas sincrónicas de polos lisos en régimen lineal

Una MS trifásica de rotor cilíndrico y sin saturación, de la cual se conocen los datos y ensayos que se indica más abajo, se encuentra conectada en sus bornes a su tensión nominal Vsn (entre fase y neutro) a una red trifásica de frecuencia constante y de tensión independiente de la carga o inyección de corriente.

Datos y ensayos de MS:

- Se suponen conocidos: Vs_n (tensión fase-neutro nominal), Is_n (corriente de fase nominal), conexión estrella, $\cos \varphi_n = 1$, resistencia de bobinado de fase despreciable.
- En un ensayo como generador en vacío a frecuencia nominal, se requirió una corriente de excitación de valor $iexc_{0n}$ para tener la tensión nominal en bornes.
- En un ensayo como generador en cortocircuito a frecuencia nominal, se requirió una corriente de excitación $iexc_{ccn}$ igual al doble de $iexc_{0n}$ para tener una $Is = Is_n$.

Se pide:

a) (5/35) Expresar el valor de la reactancia sincrónica Xs en p.u.

b) (8/35) Expresar el valor de la relación entre la corriente de excitación nominal $iexc_n$ (correspondiente al funcionamiento nominal, a Vs_n, Is_n y $\cos \varphi_n$), y la corriente $iexc_{0n}$.

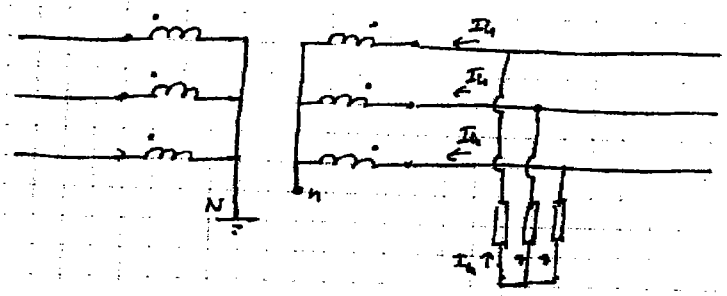
c) (12/35) Con MS funcionando como generador, conectada a la red indicada, a partir del funcionamiento nominal de b) y manteniendo la potencia activa constante, se comienza a reducir gradualmente la corriente de excitación. Expresar el mínimo valor posible para dicha corriente de excitación, en relación con la corriente de excitación nominal. Indicar cual es el fenómeno que limita esa reducción de la corriente de excitación.

d) (15/35) Igual que en c), pero suponiendo ahora que a partir del funcionamiento nominal la reducción de la corriente de excitación se realiza en forma brusca. Empleando la "Ley de las Áreas" indicar las condiciones que deben cumplirse para determinar el mínimo valor posible al que podría reducirse la corriente de excitación, expresada como $iexc_{min} = \alpha * iexc_n$, indicando, sin resolverlas, las ecuaciones que determinan el valor de dicho α.

FACULTAD DE INGENIERIA Depto. De Documentación y Biblioteca

Parcial 1. MÁQUINAS ELÉCTRICAS – 03/10/2014

Pregunta 1.

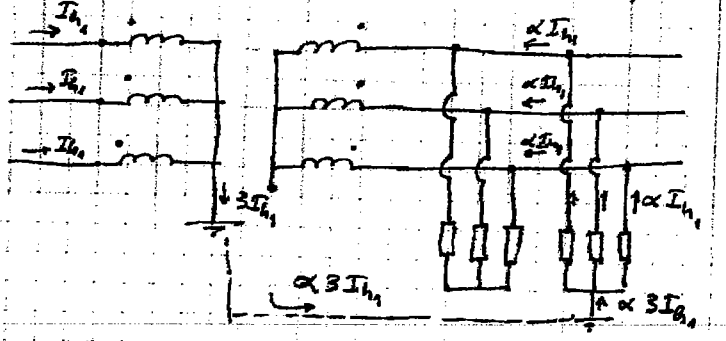


Transf. YNyn0, N conectado a tierra.

a) Tensiones de vacío: Como el neutro N del primario está conectado a tierra, pueden circular corrientes 3ª, y por lo tanto se minimiza el efecto de los armónicos en la tensión secundaria. Además es un transf. de 3 columnas (flujo $\phi_{3ª}$ nulo) que impone que el flujo homopolar (armónico 3ª) está limitado al flujo de fuga, y por lo tanto, tensiones minimizadas.

b) Si circulan I_{h_1} (homopolar, o armónico 3ª) por las cargas, tendría que circular por el secundario del transf., lo que es imposible. ⇒ No circulan corrientes armónicas 3ª por las cargas.

c) Hip: Circulan corrientes homopolares por la red primaria, y la carga no cuenta a tierra.

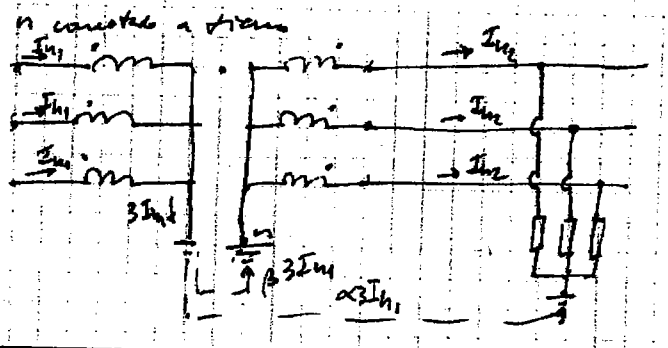


Pero, cuando las corrientes αI_{h_1} deberían circular por el secundario del transf., resulta $3(\alpha I_{h_1}) = 0$

$\Rightarrow \alpha = 0$

No pueden circular corrientes I_{h_1} y la carga no está afectada.

d) n conectado a tierra



En este caso las corrientes I_{h_1} pueden circular, y pueden ser inyectadas por el neutro n por trafo o el de la carga conectada a tierra.

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA
Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Examen Julio 2014 – 21 de Julio 2014.

Pregunta N°2

a)

FACULTAD DE INGENIERIA
Depto. De Documentación y Biblioteca
Montevideo Uruguay

$$\Rightarrow \begin{cases} \Gamma_m = -\left(\dfrac{\partial W_s(\psi_1,\dots,\psi_m,\theta)}{\partial\theta}\right)_{\psi_1,\dots,\psi_m=ctes.} \\ \Gamma_m = \left(\dfrac{\partial W'_s(i_1,\dots,i_m,\theta)}{\partial\theta}\right)_{i_1,\dots,i_m=ctes.} \end{cases}$$

b)

Se puede escribir como una forma cuadrática en el vector de corrientes o flujos.

$$[i] = \begin{bmatrix} i_1 \\ \vdots \\ i_m \end{bmatrix} \qquad [\psi] = \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \vdots \\ \psi_m \end{bmatrix}$$

$$[\psi] = [L][i] \qquad [L] = \begin{bmatrix} L_1 & L_{12} & \cdots & L_{1m} \\ L_{21} & L_2 & & \\ \vdots & & \ddots & \\ L_{m1} & & & L_m \end{bmatrix}$$

(simétrica si el circuito es pasivo
circulante si se trata de 1 máq. eléct.)

$$W'_s = \frac{1}{2}[i]^t[L][i] \quad ; \quad W_s = \frac{1}{2}[\psi]^t[L]^{-1}[\psi]$$

Para <u>sist. lineales</u>: $[L] = [L(\theta)]$: depende de la posición solo, pero no de las corrientes, es cte.

$$\Gamma_m = \left(\frac{\partial W'_s}{\partial\theta}\right)_{i=cte} \qquad \boxed{\Gamma_m = \frac{1}{2}[i]^t \frac{\partial}{\partial\theta}[L(\theta)].[i]}$$

(puedo tener fs. $i(t)$, $L(\theta,t)$)

⇒ lo importante es q' L <u>varíe</u> con la posición, si no, <u>no</u> hay forma de tener un par o una fuerza de origen magnético.

c) Para que exista Par de Reluctancia, es decir Γm ≠ 0 con todas las corrientes i =0 excepto una, i j ≠ 0, debe ser no nula la derivada parcial respecto de Θ del elemento L jj de la diagonal principal de la matriz de inductancias.

FACULTAD DE INGENIERIA
Depto. De Documentación y Biblioteca
Montevideo - Uruguay

Pregunta 3

(1)

MS – Estabilidad – Datos V_{sn}, I_{sn}, $\cos\varphi = 1$

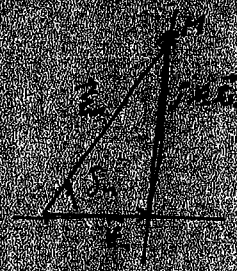
$E = k\, i_{exc}$ (régimen lineal)

$$\begin{cases} E_0 = V_{sn} = k\, i_{exc_{0n}} \\ X_s I_{sn} = E_{cc} = k\, i_{exc_{cc_{0n}}} \end{cases} \quad \text{En sup.: } i_{exc_{cc_{0n}}} = 2\, i_{exc_{0n}}$$

1) $$x_s\,p.u. = \frac{X_s}{\left(\frac{V_{sn}}{I_{sn}}\right)} = \frac{\frac{k\, i_{exc_{cc_{0n}}}}{I_{sn}}}{\left(\frac{k\, i_{exc_{0n}}}{I_{sn}}\right)} = \frac{i_{exc_{cc_{0n}}}}{i_{exc_{0n}}} = 2$$

$$\boxed{x_s\,p.u. = 2\,u}$$

2) Reacción de armadura

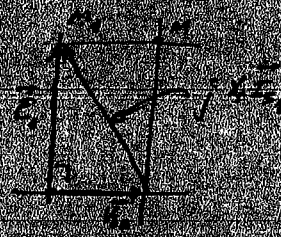


$$|X_s I_{sn}| = 2\,|V_{sn}|$$

$$E_0 = V_{sn}\sqrt{1+\delta} = \sqrt{5}\, V_{sn}$$

$$\Rightarrow \boxed{i_{exc_{0n}} = \sqrt{5}\, i_{exc_{0n}}}$$

3)



Si pasa de M a M_1, se deriva i_{exc} y conserva $P = cte$

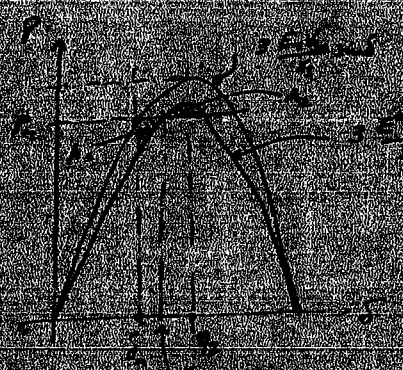
$$E_1 = E_{cc} = 2V_{sn}$$

$$\Rightarrow \boxed{i_{exc_1} = 2\, i_{exc_{0n}}}$$

FACULTAD DE INGENIERIA
Depto. De Documentación y Biblioteca
Montevideo - Uruguay

3) Frenos [illegible]

$$\operatorname{tg}\delta_n = \frac{X_s I_{sn}}{V_{sn}} = 2 \Rightarrow \boxed{\delta_n = 63^\circ 43'}$$



Luego de la [illegible] E^* tal que $A_1 = A_2$

[illegible] con $E^* = \alpha E_n \Rightarrow$ [illegible]

[illegible] δ_n [illegible]

[illegible] $\sin\delta$ y $\alpha\sin\delta$, $\cos\delta < 1$

(1) $\boxed{\alpha\sin\delta^* = \sin\delta_n}$

(2) Luego de la [illegible] $A_1 = \int_{\delta_n}^{\delta^*} (\sin\delta_n - \alpha\sin x)\,dx$ } luego $A_1 = A_2$

$\frac{1}{2}A_2 = \int_{\delta^*}^{\frac{\pi}{2}} (\alpha\sin x - \sin\delta_n)\,dx$

$A_1 = \sin\delta_n(\delta_n - \delta^*) + \alpha(\cos\delta^* - \cos\delta_n)$

$A_2 = 2\left[\alpha(\cos\delta^* - \cos\frac{\pi}{2}) - \sin\delta_n(\frac{\pi}{2} - \delta^*)\right] = 2\alpha\cos\delta^* - 2\sin\delta_n(\frac{\pi}{2} - \delta^*)$

$A_1 = A_2 \Rightarrow \sin\delta_n(\delta_n - \delta^*) + \alpha(\cos\delta^* - \cos\delta_n) = 2\alpha\cos\delta^* - 2\sin\delta_n(\frac{\pi}{2} - \delta^*)$

$\sin\delta_n(\delta_n - \delta^*) - \alpha\cos\delta_n = \alpha\cos\delta^* - 2\sin\delta_n(\frac{\pi}{2} - \delta^*)$

(2) $\boxed{\sin\delta_n(\delta_n - \delta^*) = \alpha(\cos\delta_n + \cos\delta^*) - 2\sin\delta_n(\frac{\pi}{2} - \delta^*)}$

Las (1) y (2) resuelven α y δ^*

FACULTAD DE INGENIERIA
Depto. De Documentación y Biblioteca
Montevideo - Uruguay

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA

Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Examen Julio 2014 – 21 de Julio 2014.

Examen Total

Parte Práctica (50% del examen) (Eliminatorio: mínimo 50% del práctico)

Problema No.1 (25% del examen)

Un motor sincrónico MS trabaja en una instalación industrial donde está alimentado a su tensión nominal y mueve una carga que consume su potencia nominal, la cual está conectada a su eje en forma permanente. En dicha instalación industrial, donde las demás cargas son todas inductivas, se decide emplear MS además para colaborar a corregir el factor de potencia del conjunto.

Datos y ensayos MS:

MS trifásica de rotor cilíndrico y sin saturación, conectada en sus bornes a una red trifásica de frecuencia constante y de tensión independiente de la carga.

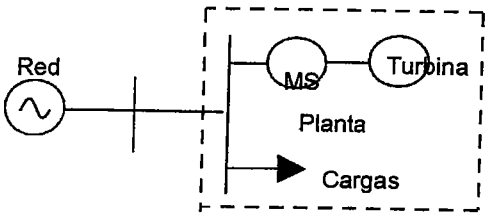
Datos y ensayos de MS como generador:

- Us_n = 6 kV (tensión fase-fase nominal), Is_n = 9.63 A (corriente de fase nominal), conexión estrella, cos φ_n =1, resistencia de bobinado de fase despreciable.
- En un ensayo en vacío a frecuencia nominal, se requirió una corriente de excitación $i_{exc\,0n}$ = 1.0 A para tener la tensión nominal en bornes.
- En un ensayo en cortocircuito a frecuencia nominal, se requirió una corriente de excitación $i_{exc\,ccn}$ igual al doble de $i_{exc\,0n}$ para tener una corriente de línea igual a Is_n.

Se pide:

1) (7/25) Determinar la corriente de excitación nominal $i_{exc\,n}$ y la reactancia sincrónica X_s.
2) (8/25) Indicar la acción a tomar con MS para contribuir a corregir el factor de potencia de la instalación. Calcular el máximo valor teórico de potencia reactiva que MS podría absorber en esa instalación y el valor de la corriente de excitación requerido con ese fin.
3) (10/25) A los efectos de asegurar la estabilidad del funcionamiento de MS en esas condiciones, se decide implementar un tope mínimo a su corriente de excitación. Empleando la "Ley de la Áreas", y partiendo del funcionamiento nominal, escribir (sin resolverlas) las ecuaciones que determinan ese valor mínimo de la corriente de excitación.

Problema No. 2 (50% del práctico, 25% del examen)



En una planta industrial se tiene autoproducción de energía eléctrica, mediante una turbina de vapor, con vapor generado en el propio proceso de la planta. La potencia mecánica entregada en el eje de la turbina se puede regular a voluntad entre 0 y 100 kW, la cual se emplea como motor primario de una máquina sincrónica MS empleada como alternador, cuyos datos se indica más abajo. El objetivo es tener total autoproducción del consumo eléctrico de la planta, cuya carga total suma 84 kW con cos φ = 0.7 inductivo, de forma tal que, aunque la planta se mantiene siempre conectada a la red de 6 kV (entre fases, supuesta de potencia infinita) se busca que la corriente intercambiada con la red sea nula.

Datos Alternador: Valores nominales 125 kVA, 6 kV (entre fases) conexión en estrella, 50 Hz
Rotor cilíndrico de 2 polos

Ensayos a frecuencia nominal:

a) ensayo en vacío:

iexc (A)	0	2	4	6	8	10	12	15.6
Uo (kV) (fase-fase)	0	2.2	4.4	6.0	6.88	7.49	7.82	8.25

b) Ensayo en devatado bajo tensión nominal: iexc = 11.33 A, Id = 12 A

c) Ensayo en cortocircuito: iexc = 3 A, Icc= 9 A

Se pide:

1) (18/25) Determinar la potencia mecánica en el eje de la turbina y la corriente de excitación del alternador, para lograr el objetivo de tener corriente nula con la red.
2) (7/25) Si con la MS girando a la velocidad de sincronismo se desconectara la turbina y luego se cortara la corriente de excitación del alternador, pero dejando MS conectada por sus bornes a la red de 6 kV, ¿cuál sería el valor de la corriente consumida de la red por el conjunto de la planta?

Notas: Para la pregunta 1) se aplicará el método de Potier. La pregunta 2) se resolverá por el método aproximado de la reactancia sincrónica variable Xs(iexc). En todos los cálculos se supondrá despreciable la resistencia de estator del alternador, así como todas las pérdidas.

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA

Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Examen Julio 2014 – 21 de Julio 2014.

FACULTAD DE INGENIERIA
Depto. De Documentación y Biblioteca
Montevideo - Uruguay

Preguntas de Teórico (50% del examen – Se corrige sólo con el Práctico aprobado)

Pregunta No. 1 (25%) Armónicos en los transformadores trifásicos

Una instalación se alimenta a partir de un transformador trifásico 6/0.4 kV de 20 kVA. El transformador es de núcleo de 3 columnas, montaje Ynyn0. El neutro del primario está conectado a tierra, y el del secundario, aunque accesible, está aislado. Las cargas a alimentar son todas trifásicas equilibradas, de conexión estrella y con neutro aislado.

Se pide (justificando las respuestas):

a) Con el montaje indicado, ¿pueden encontrarse armónicos múltiplos de 3 en las tensiones en vacío del secundario del transformador?
b) ¿Pueden encontrarse armónicos múltiplos de 3 en las corrientes de las cargas?
c) Suponiendo que inadvertidamente se conecta a tierra el neutro de una de las cargas, y que debido a un defecto en la red primaria, por ella circulan corrientes homopolares. ¿Cómo afecta esto a la carga con neutro a tierra?
d) ¿Cómo respondería a la pregunta anterior si el neutro del secundario del transformador estuviese conectado a tierra?

Pregunta No.2 (25%) Fuerzas y pares en circuitos magnéticos

Convertidores de energía conservativos

a) Indicar la expresión general del par o fuerza de origen electromagnético en un convertidor electromecánico con varias entradas eléctricas y una sola salida mecánica, calculado en función de la energía y la co-energía magnética almacenada en el dispositivo.
b) En un sistema electromecánico de rotación (es decir donde hay varias entradas eléctricas y una sola salida mecánica, y la parte móvil o rotor puede girar libremente con un eje de rotación) en régimen lineal (sin saturación del hierro), indicar la expresión general del par mecánico generado por efecto electromagnético en función de las inductancias y corrientes del dispositivo.
c) En función de la expresión anterior, indicar qué condición se requiere de las inductancias de ese sistema para que el dispositivo presente par de reluctancia, es decir que el par sea no nulo cuando todos los bobinados excepto uno, estén sin corriente.

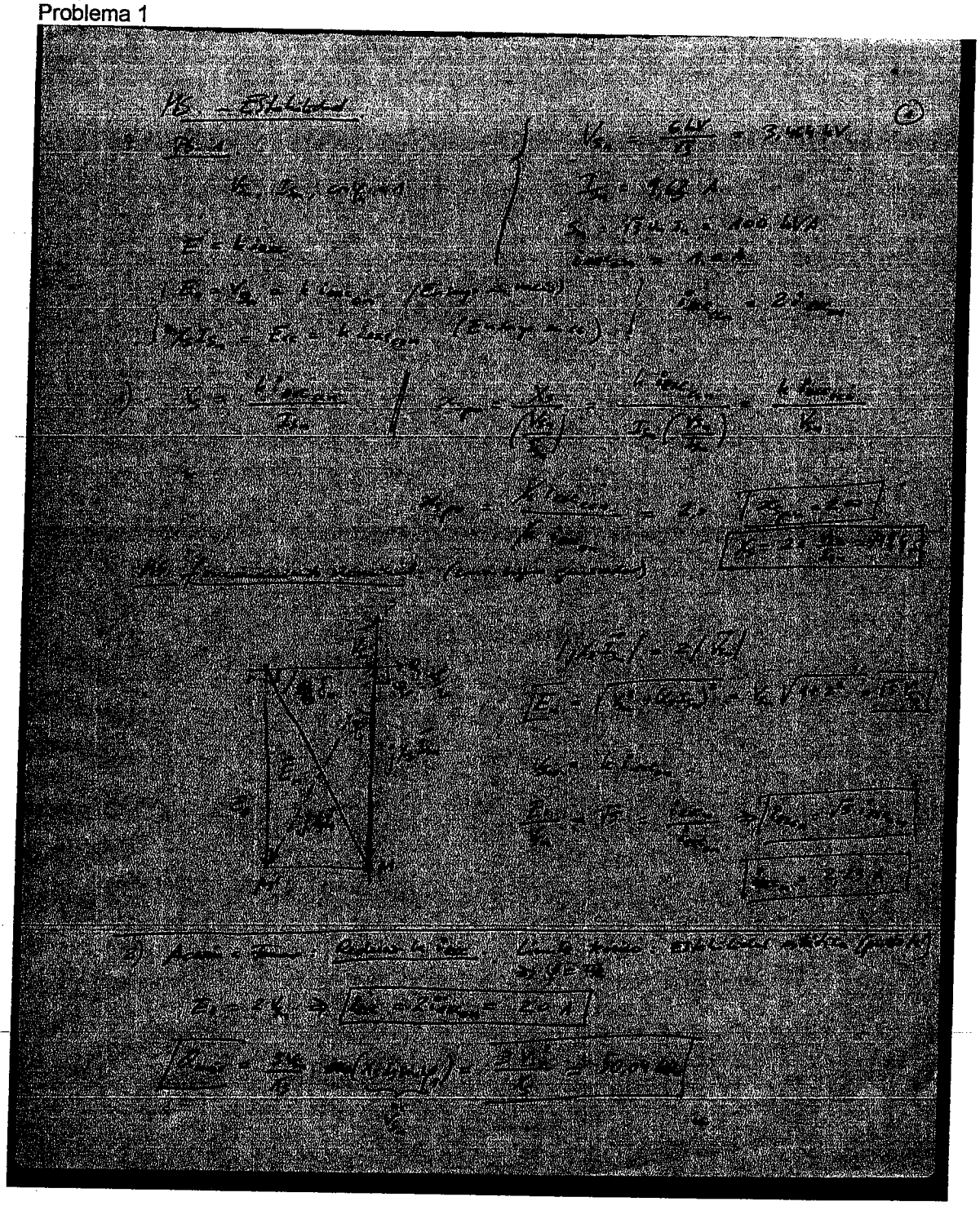
FACULTAD DE INGENIERIA
Depto. De Documentación y Biblioteca
Montevideo - Uruguay

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA

Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Examen Julio 2014 – 21 de Julio 2014.

Respuestas

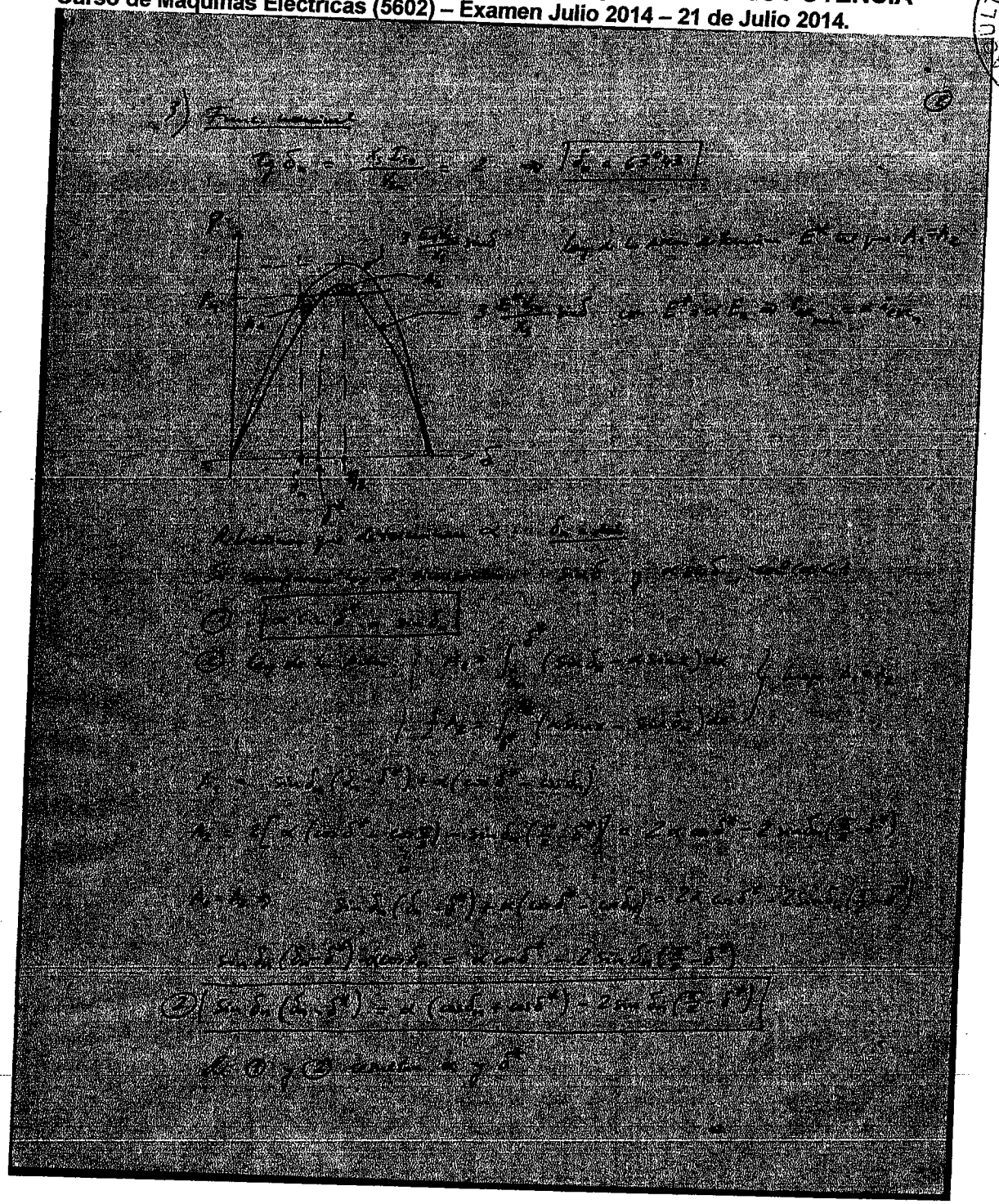
Problema 1



FACULTAD DE INGENIERIA
Depto. De Documentación y Biblioteca
Montevideo - Uruguay

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA

Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Examen Julio 2014 – 21 de Julio 2014.



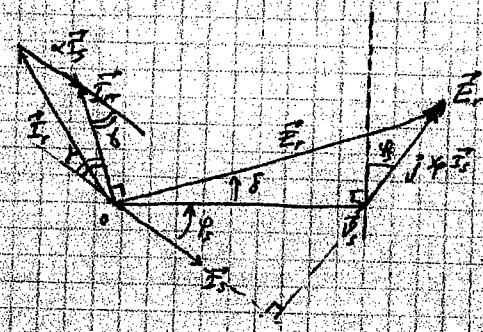
FACULTAD DE INGENIERIA
Depto. De Documentación y Biblioteca
Montevideo - Uruguay

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA
Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Examen Julio 2014 – 21 de Julio 2014.
Problema 2

Problema 2. Solución Propuesta. ①

1) Método de Potier. En anexo se determinaron gráficamente α y X_p

$$\boxed{\begin{array}{l}\alpha = 0{,}254 \\ X_p = 48{,}11\ \Omega\end{array}}$$



① $$\boxed{E_r^2 = V_s^2 + X_p^2 I_s^2 - 2 V_s X_p I_s \underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{2}+\varphi_s\right)}_{-\sin(\varphi_s)}}$$

$$\gamma + \frac{\pi}{2} + (\varphi_s + \delta) = \pi$$

$$\Rightarrow \boxed{\gamma = \frac{\pi}{2} - (\varphi_s + \delta)}$$

$$I_r^2 = I_{rr}^2 + (\alpha I_s)^2 - 2 I_{rr} \cdot \alpha I_s \underbrace{\cos(\pi - \gamma)}_{\underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{2} + (\varphi_s + \delta)\right)}_{-\sin(\varphi_s + \delta)}}$$

② $$\boxed{I_r^2 = I_{rr}^2 + \alpha^2 I_s^2 + 2 \alpha I_s I_{rr} \sin(\varphi_s + \delta)}$$

$$\boxed{P = 84\ kW = P \text{ mecánica de la Turbina}}$$

$\delta_{exc}^{?} = ?$ Carga: $P = 84\ kW$ $\cos\varphi_s = 0{,}7$ inductivo $\Rightarrow$ MS sobreexcitada

$$\Rightarrow \varphi_s = \text{Arcos}(0{,}7) = 45°{,}5730$$

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{84\ kW}{0{,}7} = 120\ kVA \Rightarrow I_s = \frac{120\ kVA}{\sqrt{3}\ 6\ kV}$$

$$\boxed{\vec{I}_s = 11{,}547\ A \angle \varphi = -45°{,}5730}$$

① $\Rightarrow$ $$E_r^2 = \left(\frac{6000}{\sqrt{3}}\right)^2 + (48{,}11 \cdot 11{,}547)^2 + 2\,\frac{6000}{\sqrt{3}} \cdot 48{,}11 \cdot 11{,}547 \sin(45°{,}5730)$$

$$E_r = 3880{,}4\ V \Rightarrow \sqrt{3}\,E_r = 6720{,}9\ V \Rightarrow \boxed{I_{rr} = 7{,}638\ A}$$

$$I_{rr} = 6 + \frac{8-6}{6{,}88-6}(6{,}7209 - 6) = 7{,}638\ A$$

$$\sin\delta = \frac{X_p I_s \cos\varphi_s}{E_r} = \frac{48{,}11 \cdot 11{,}547 \cdot 0{,}7}{3880{,}4} \Rightarrow \boxed{\delta = 5°{,}752}$$

② $\Rightarrow$ $$i_{exc}^2 = I_r^2 = (0{,}254 \cdot 11{,}547)^2 + 7{,}638^2 + 2 \cdot 0{,}254 \cdot 11{,}547 \cdot 7{,}638 \sin(45°{,}5730 + 5°{,}752)$$

$$\boxed{i_{exc} = I_r = 10{,}096\ A} \simeq \boxed{i_{exc} = 10{,}1\ A}$$

11/14 FACULTAD DE INGENIERIA Depto. De Documentación y Biblioteca

2) Método de $X_s(i_{exc})$ $\qquad i_{exc_{cc}} = 3A \Rightarrow I_{sc} = 9A \Rightarrow I_{sc} = 3\, i_{exc_{cc}}$

i_{exc} (A)	0	2	4	6	8	10	12	15,6
U_0 (entre fases) kV	0	2,2	4,4	6,60	6,88	7,49	7,82	8,25
I_{sc} (A)	0	6	12	18	24	30	36	46,8
$X_s = \frac{U_0}{\sqrt{3}\, I_{sc}}$ (Ω)	(211,7)	211,7	211,7	192,2	165,5	144,1	125,4	101,8

Extrapolando en la zona $X_s = cte$.

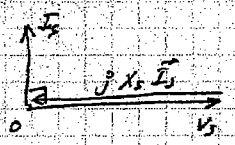
Si $i_{exc} = 0 \Rightarrow \boxed{X_s(0) = 211,7\ \Omega}$

$$I_s = \frac{V_s}{X_s} = \frac{6000\ V}{\sqrt{3}\ 211,7\ \Omega} = 16,363\ A.$$

$\Rightarrow E = 0$

Behn-Eschenburg:

$$\vec{V}_s + j X_s \vec{I}_s = \vec{E} = 0$$



$$\Rightarrow \boxed{\vec{I}_s = 16,363\ A \angle 90^\circ}$$

ó -90° según el referencial

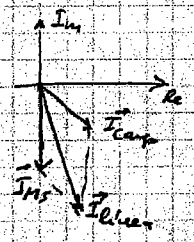
$$\vec{I}_{carga} = 11,547\ A \angle -45^\circ,5730$$

Se debe tomar: $\boxed{\vec{I}_{MS} = 16,363\ A \angle -90^\circ}$ porque tanto las cargas como MS consumen reactiva en sus bornes (MS subexcitado!)

Conv. signos receptor

$$\vec{I}_{línea} = \vec{I}_{carga} + \vec{I}_{MS}$$

ambos con conv. signos receptor



$$\vec{I}_{línea} = (8,0829 - j\,8,2462) - j\,16,363\ A$$

$$= 8,0829 - j\,24,6095$$

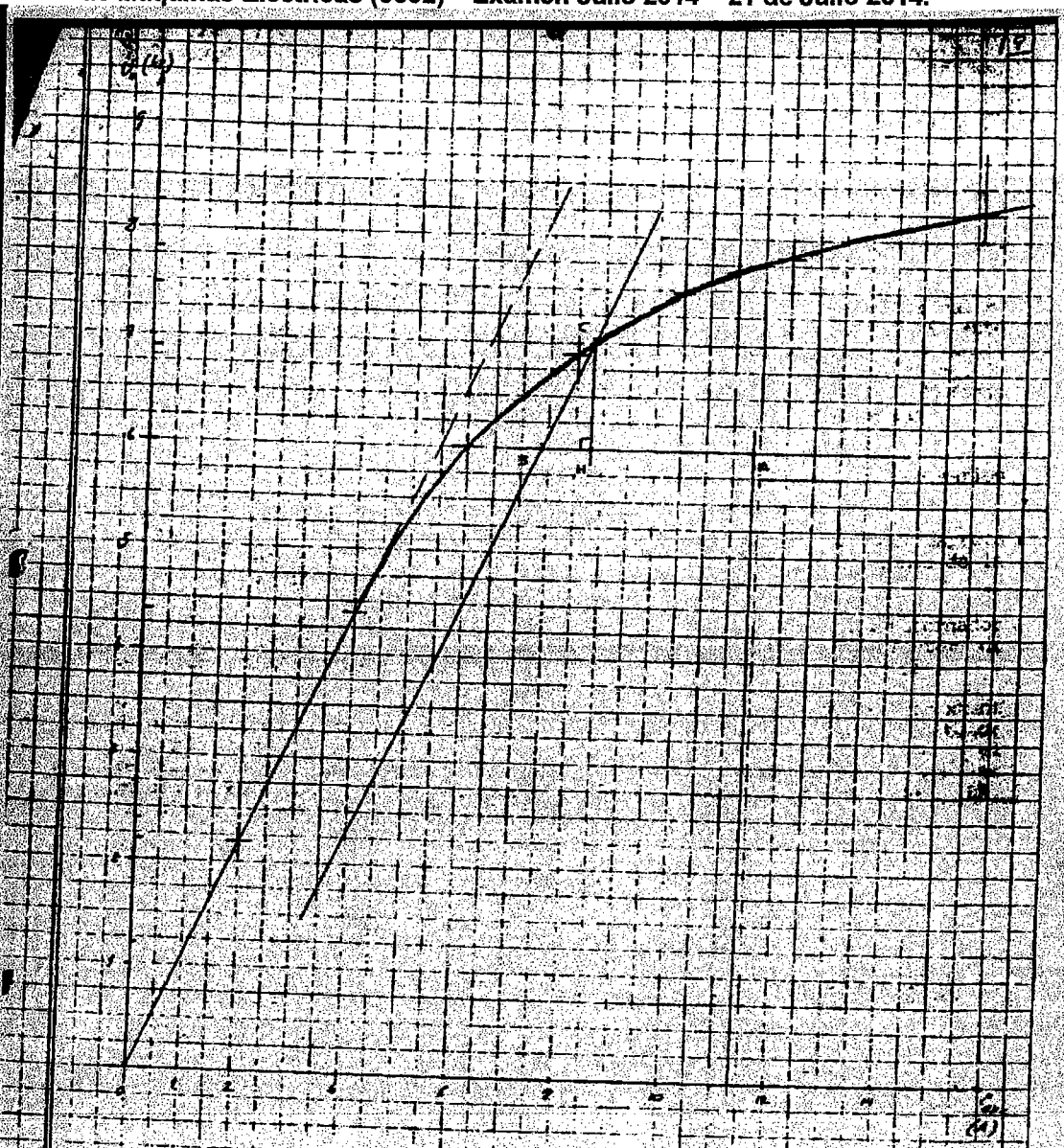
$$\boxed{\vec{I}_{línea} = 25,90\ A \angle -71^\circ,8174}$$

12/14

FACULTAD DE INGENIERIA
Depto. De Documentación y Biblioteca

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA

Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Examen Julio 2014 – 21 de Julio 2014.



$AH = \alpha I_{sd} = 30{,}5 \text{ mm} = 3{,}05 \text{ A}$

$CH = \sqrt{3}\, X_p I_{sd} = 70 \text{ mm} = 1 \text{ kV}$

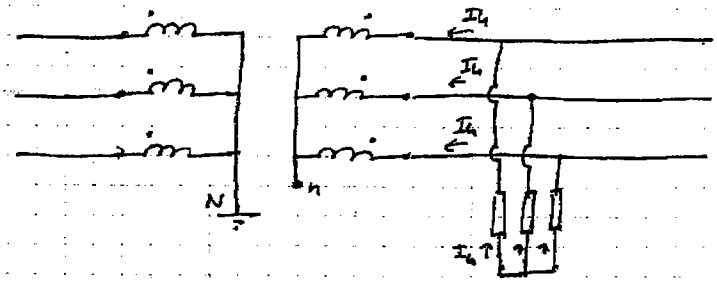
$I_{sd} = 12 \text{ A} \Rightarrow$

$$\boxed{\alpha = \frac{3{,}05 \text{ A}}{12 \text{ A}} = 0{,}254 \qquad X_p = \frac{1000 \text{ V}}{\sqrt{3}\, 12 \text{ A}} = 48{,}11\ \Omega}$$

FACULTAD DE INGENIERIA Depto. Documentación y Biblioteca Montevideo - Uruguay

Parcial 1. MÁQUINAS ELÉCTRICAS – 03/10/2011

Pregunta 1.

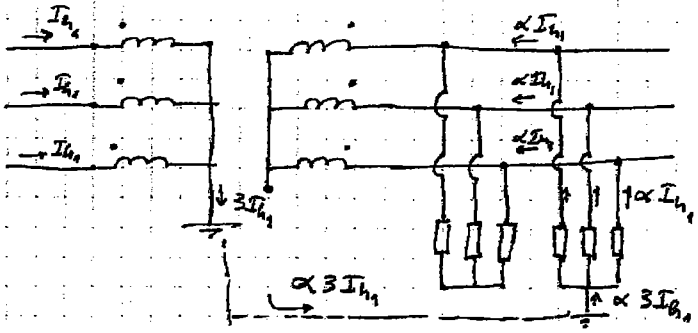


Transf. YNyn0, N conectado a tierra.

a) Tensiones de vacío: como el neutro N del primario está conectado a tierra, puede circular corriente 3°, y por lo tanto se minimiza el efecto de los armónicos en la tensión secundaria.
Además es un transf. de 3 columnas (flujo forzado) que impone que el flujo homopolar (armónicos 3°) está limitado al flujo de fuga, y por lo tanto, también minimizado.

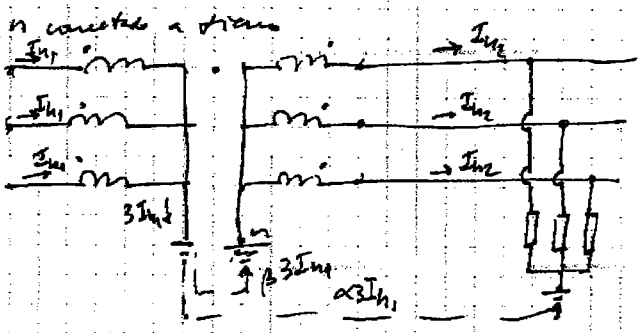
b) Si circulan I_h (homopolar, o armónico 3°) por las cargas, tendría que circular por el secundario del transf., lo que es imposible. ⇒ No circulan corrientes armónicas 3° por las cargas.

c) Hip: Circulan corrientes homopolares por la red primaria, y 1 carga con cuerpo a tierra



Pero, cuando las corrientes αI_{h_1} deberían circular por el secundario del transf., resulta $3(\alpha I_{h_1}) = 0$
⇒ $\alpha = 0$
No pueden circular corrientes I_h y la carga no está afectada

d) n conectado a tierra



En este caso las corrientes I_{h_2} pueden circular, y pueden ser inyectadas por el neutro n del trafo o el de la carga conectada a tierra.

INSTITUTO DE INGENIERIA ELECTRICA - Departamento de POTENCIA
Curso de Máquinas Eléctricas (5602) – Examen Julio 2014 – 21 de Julio 2014.
Pregunta 2

FACULTAD DE INGENIERIA Depto. De Documentación y Biblioteca Montevideo - Uruguay

a)

$$\Rightarrow \begin{cases} \Gamma_m = -\left(\dfrac{\partial W_s(\psi_1,\dots,\psi_m,\theta)}{\partial\theta}\right)_{\psi_1,\dots,\psi_m=ctes.} \\ \Gamma_m = \left(\dfrac{\partial W'_s(i_1,\dots,i_m,\theta)}{\partial\theta}\right)_{i_1,\dots,i_m=ctes.} \end{cases}$$

b)

Se puede escribir como una forma cuadrática en el vector de corrientes o flujos.

$$[i] = \begin{bmatrix} i_1 \\ \vdots \\ i_m \end{bmatrix} \qquad [\psi] = \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \vdots \\ \psi_m \end{bmatrix}$$

$$[\psi] = [L][i] \qquad [L] = \begin{bmatrix} L_1 & L_{12} & \cdots & L_{1m} \\ L_{21} & L_2 & & \\ \vdots & & \ddots & \\ L_{m1} & & & L_m \end{bmatrix}$$

(simétrica si el circuito es pasivo
circulante si se trata de 1 máq. eléct.)

$$W'_s = \frac{1}{2}[i]^t[L][i] \quad ; \quad W_s = \frac{1}{2}[\psi]^t[L]^{-1}[\psi]$$

Para <u>sist. lineales</u> : $[L] = [L(\theta)]$: depende de la posición solo, pero no de las corrientes, es cte.

$$\Gamma_m = \left(\frac{\partial W'_s}{\partial\theta}\right)_{i=cte} \qquad \boxed{\Gamma_m = \frac{1}{2}[i]^t \frac{\partial}{\partial\theta}[L(\theta)]\cdot[i]}$$

(puede tener ts. $i(t)$, $L(\theta,t)$)

⇒ lo importante es q' L <u>varíe</u> con la posición, si no, <u>no</u> hay forma de tener un par o una fuerza de origen magnético.

c) Para que exista Par de Reluctancia, es decir Γm ≠ 0 con todas las corrientes i =0 excepto una, i j ≠ 0, debe ser no nula la derivada parcial respecto de Θ del elemento L jj de la diagonal principal de la matriz de inductancias.