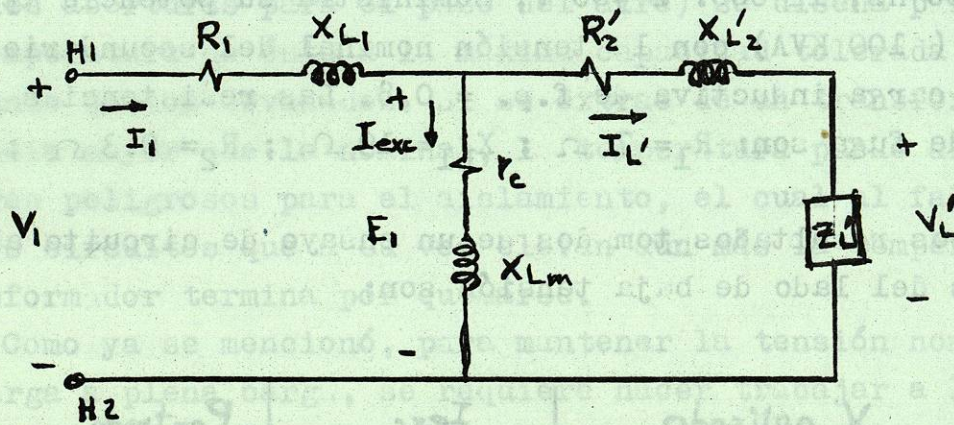


- g) Corriente magnetizante.
- h) Corriente de pérdida de núcleo.
- i) Pérdidas de núcleo.
- j) Corriente, voltaje y FP del primario.
- k) Pérdida total del cobre.
- l) Eficiencia.
- m) Porcentaje de regulación a plena carga.
- n) Diagrama fasorial completo.

SOLUCION

a)

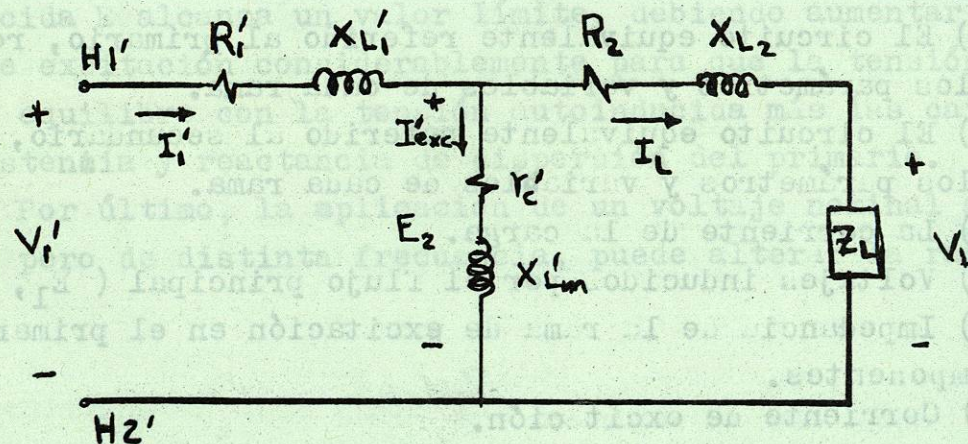


xxx

Los voltajes y corrientes del circuito son alternos, las flechas y signos indican los sentidos en que se les considera positivos en un instante dado del tiempo.

xxx

b)



c) Del circuito equivalente referido al secundario:

$$S_L = V_L I_L$$

$$I_L = \frac{S_L}{V_L} = \frac{100\ 000}{2\ 400} = 41.67\ \text{A.}$$

$$\theta_L = \cos^{-1} \text{FP} = \cos^{-1} 0.8 = 36.87^\circ (-)$$

xxx

El signo menos se utiliza para indicar que la corriente se atrasa al voltaje, de acuerdo a los sentidos dibujados. Dicho de otra forma, que la carga es inductiva.

xxx

Tomando como referencia fasorial al voltaje V_L (todas las demás magnitudes deberán ser expresadas con referencia a V_L al interrelacionarlas):

$$V_L = 2\ 400 \angle 0^\circ\ \text{V}$$

$$\Rightarrow I_L = 41.67 \angle -36.87^\circ\ \text{A}$$

d) Trabajando con el circuito equivalente referido al secundario (inciso (b)):

$$\begin{aligned} E_2 &= I_L (R_2 + jX_{L2}) + V_L \\ &= 41.67 \angle -36.87^\circ (0.3 + j0.75) + 2\ 400 \angle 0^\circ \\ &= 2\ 429 \angle 0.41^\circ\ \text{V} \end{aligned}$$

Para los sentidos positivos indicados, los voltajes E_1 y E_2 están en fase, por lo tanto:

$$E_1 = a E_2$$

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{12\,000}{2\,400} = 5$$

$$E_1 = 5 (2\,429 \angle 0.41^\circ) \\ = 12\,145 \angle 0.41^\circ \text{ V} \quad *$$

e) Los datos de la rama de excitación se obtienen de la tabulación de mediciones en vacío. Ya que éstas se hicieron del lado de baja tensión (para este caso secundario) se obtendrá la rama de excitación en el secundario y luego se referirá al primario.

Partiendo del circuito equivalente referido al secundario haciendo notar que E_2 es la tensión aplicada a la rama de excitación, se interpola en los datos tabulados:

2 400	1.5	940
2 429	I_{exc}	P_{exc}
2 500	1.67	1020

$$\frac{2\,429 - 2\,500}{2\,400 - 2\,500} = \frac{I_{exc} - 1.67}{1.5 - 1.67} = \frac{P_{exc} - 1020}{940 - 1020}$$

xxx

Como ya se mencionó, la potencia de entrada en vacío (P_{exc}) es prácticamente igual a la potencia de pérdida de núcleo, ya que en vacío la pérdida en el cobre debida a la corriente de excitación es despreciable.

xxx

$$I_{exc} = 1.55 \text{ A}$$

$$P_{exc} = 963 \text{ W}$$

(Recuérdese que la potencia de un elemento, en este caso la rama de excitación, debe ser igual al referirla al otro lado del circuito equivalente del transformador, por lo que se omite la prima (') para P_{exc}).

$$Z'_{exc} = \frac{E_2}{I'_{exc}} \\ = \frac{2\,429}{1.55} = 1\,567 \Omega$$

$$\theta_{exc} = \cos^{-1} \frac{P_{exc}}{S_{exc}} \\ = \cos^{-1} \frac{963}{2\,429 (1.55)} = 75.18^\circ (-)$$

$$Z'_{exc} = 1\,567 \angle 75.18^\circ$$

$$Z_{exc} = a^2 Z'_{exc}$$

$$= (5)^2 (1\,567 \angle 75.18^\circ)$$

$$= 39\,180 \angle 75.18^\circ \Omega \quad *$$

Descomponiendo rectangularmente:

$$Z_{exc} = 10\ 020 + j\ 37\ 870\ \Omega$$

$$= r_c + j\ X_{Lm}$$

$$\Rightarrow r_c = 10\ 020\ \Omega$$

$$X_{Lm} = 37\ 870\ \Omega$$

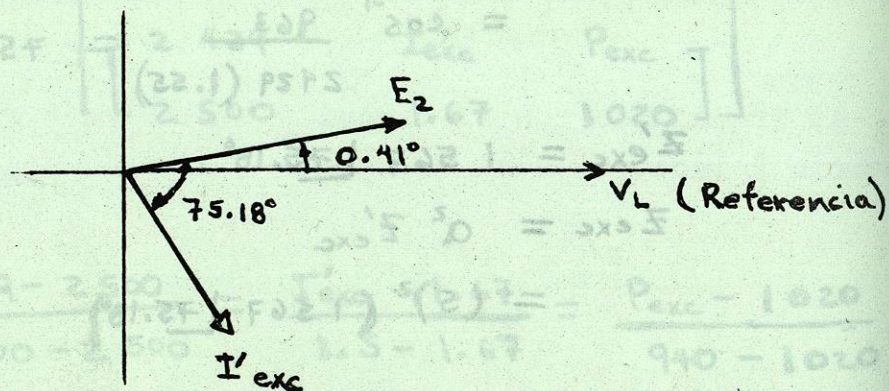
f) Del circuito equivalente referido al primario:

$$I_{exc} = \frac{E_1}{Z_{exc}}$$

$$= \frac{12\ 145 \angle 0.41^\circ}{39\ 180 \angle 75.18^\circ} = 0.31 \angle -74.77^\circ$$

Procediendo de otra manera, del circuito equivalente referido al secundario:

$$I'_{exc} = 1.55 \angle -75.18^\circ \text{ con respecto a } E_2$$



$$I'_{exc} = 1.55 \angle -75.18 + 0.41$$

$$= 1.55 \angle -74.77^\circ \text{ A}$$

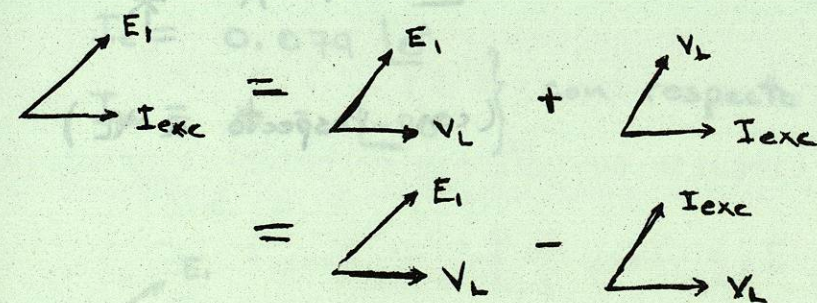
con respecto a V_L ,
es la referencia es

$$I_{exc} = \frac{I'_{exc}}{a}$$

$$= \frac{1.55 \angle -74.77^\circ}{5} = 0.31 \angle -74.77^\circ \text{ A.}$$

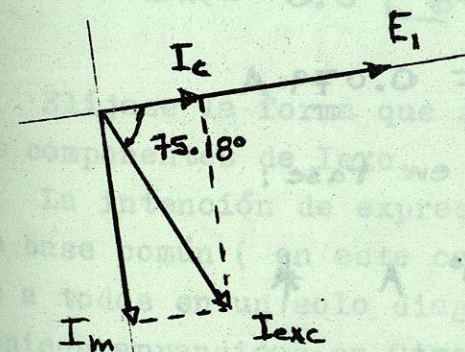
que es el resultado obtenido anteriormente.

g) La corriente magnetizante (I_m) es la componente de la I_{exc} en cuadratura con el voltaje inducido (E_1), es decir, en fase con el flujo. Aunque ya se conoce este ángulo, se le determinará nuevamente a fin de ilustrar el proceso de carácter general:



$$= 0.41 - (-74.77) = 75.18^\circ$$

(El valor positivo indica que realmente E_1 está adelante de I_{exc}).



$$I_m = I_{exc} \sin 75.18^\circ$$

$$= 0.31 (0.9667)$$

$$= 0.3 \text{ A}$$

Fasorialmente:

$$I_m = 0.3 \angle -90^\circ \text{ A con respecto a } E_1.$$

Para determinar el ángulo con respecto a la referencia absoluta (V_L):

$$\begin{aligned} \angle I_m &= \angle E_1 + \angle V_L \\ &= -90^\circ + 0.41^\circ = -89.59^\circ \end{aligned}$$

$$\Rightarrow I_m = 0.3 \angle -89.59^\circ \text{ A} \quad *$$

(con respecto a V_L)

h) La corriente de pérdida de núcleo (I_c) es la componente de la corriente de excitación en fase con E_1 . Del inciso anterior:

$$\begin{aligned} I_c &= I_{exc} \cos 75.18^\circ \\ &= 0.31 (0.2558) = 0.079 \text{ A} \end{aligned}$$

Como I_c y E_1 están en fase:

$$I_c = 0.079 \angle 0.41^\circ \text{ A} \quad *$$

(con respecto a V_L)

Obsérvese que si se considera a I_c e I_m como componentes rectangulares de I_{exc} cuando E_1 es la referencia, el cálculo se simplifica a:

$$I_{exc} = 0.31 \angle -75.18^\circ \text{ con respecto a } E_1.$$

$$= 0.079 - j0.3 \text{ A}$$

$$= I_c + j I_m \quad (\text{sólo cuando } I_{exc} \text{ está referida a } E_1).$$

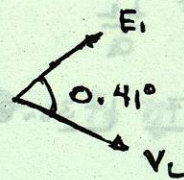
$$I_c = 0.079 \text{ A}$$

$$I_m = 0.3 \text{ A}$$

Fasorialmente:

$$\left. \begin{aligned} I_c &= 0.079 \angle 0^\circ \\ I_m &= 0.3 \angle -90^\circ \end{aligned} \right\} \text{ con respecto a } E_1$$

Como:



$$\Rightarrow \left. \begin{aligned} I_c &= 0.079 \angle 0.41^\circ \text{ A} \\ I_m &= 0.3 \angle -89.59^\circ \text{ A} \end{aligned} \right\} \text{ con respecto a } V_L.$$

Elíjase la forma que se considere más simple para resolver las componentes de I_{exc} .

La intención de expresar todos los fasores con respecto a una base común (en este caso V_L) radica en poder representarlos a todos en un solo diagrama fasorial, y poder aplicar las técnicas aprendidas en Circuitos de C.A. al análisis del circuito equivalente del transformador. Nótese que al expresar un fasor con respecto a distintas referencias, su magnitud permanece constante y sólo varía el ángulo.