

En base a lo enunciado en el artículo 8.2.3, $Z_{eq.H}$ se formará por la suma de la impedancia del devanado serie, y la impedancia del devanado común referida al devanado serie. Así pues, los parámetros anteriormente obtenidos (que se encuentran referidos al devanado común o de alta tensión) serán referidos al devanado serie.

La relación de transformación del transformador de dos circuitos será:

$$a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{2200}{4400} = \frac{1}{2}$$

y los parámetros referidos serán:

$$R_1 = R_2' = R_1 a^2 = R_2 a^2 = \frac{1.25}{4} \quad \text{de donde} \quad R_1 = R_2' = 0.31$$

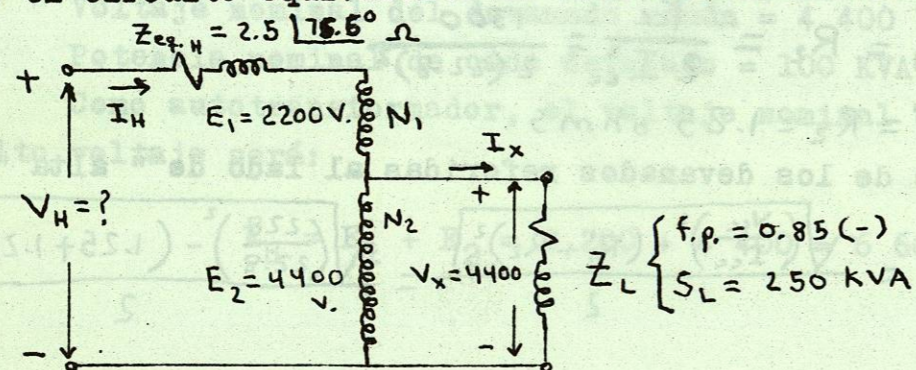
$$X_{L1} = X_{L2}' = X_{L1} a^2 = X_{L2} a^2 = \frac{4.84}{4} \quad \text{de donde} \quad X_{L1} = X_{L2}' = 1.21$$

y $Z_{eq.H}$ será (ver deducción del circuito equivalente) :

$$\begin{aligned} Z_{eq.H} &= Z_1 + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_2 = Z_1 + Z_2' \\ &= (0.31 + j1.21) + (0.31 + j1.21) \\ &= 0.62 + j2.42 \end{aligned}$$

$$Z_{eq.H} = 2.5 \angle 75.6^\circ \text{ ohms}$$

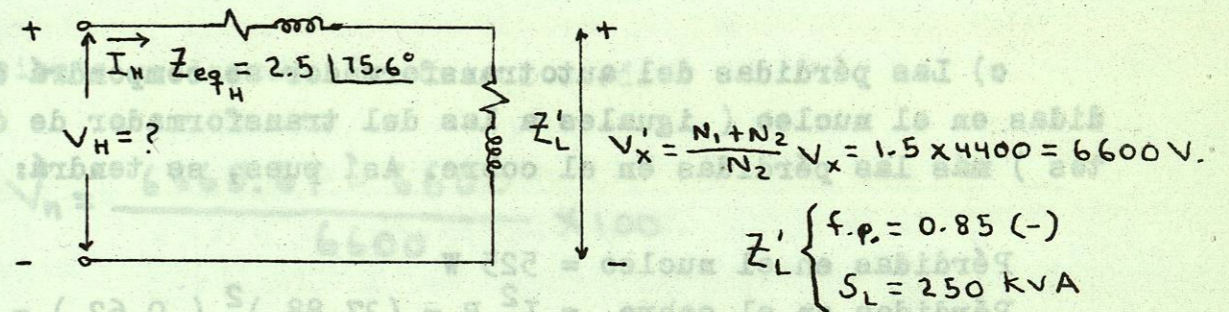
y el circuito equivalente de este autotransformador será:



siendo su razón de transformación:

$$\frac{N_1 + N_2}{N_2} = \frac{N_1}{N_2} + 1 = \frac{2200}{4400} + 1 = 1.5$$

El circuito equivalente del autotransformador referido al extremo de alta tensión será :



Resolviendo el circuito anterior se tendrá:

$$I_H = \frac{S_L}{V_x'} = \frac{250 \times 10^3}{6600} \quad \text{de donde} \quad I_H = 37.88 \text{ A}$$

Nótese que aún que se está tratando con la carga referida, parámetros como el factor de potencia y la potencia en general permanecen inalterados; ya que el artificio de referir un elemento de circuito (resistencia, bobina o condensador) de un nivel de voltaje a otro, será válido solo si el elemento disipa la misma potencia en ambos niveles (vease el artículo 5.4.3).

Tomando como referencia el voltaje en la carga:

$$V_x = 6600 \angle 0^\circ \text{ V.}$$

$$I_H = 37.88 \angle -31.8^\circ \text{ A.}$$

$$\begin{aligned} V_H &= I_H Z_{eq.H} + V_x' \\ &= 37.88 \angle -31.8^\circ (2.5 \angle 75.6^\circ) + 6600 \angle 0^\circ \\ &= 94.7 \angle 43.8^\circ + 6600 \angle 0^\circ = 6668.35 + j65.5 \end{aligned}$$

$$V_H = 6668.67 \angle 0.56^\circ \text{ V.}$$

Y el por ciento de la tensión nominal será:

$$\%V_{\text{nominal}} = \frac{6668.67}{6600} \times 100$$

$$\%V_{\text{nominal}} = 101\%$$

c) Las pérdidas del autotransformador se compondrá de las pérdidas en el nucleo (iguales a las del transformador de dos circuitos) más las pérdidas en el cobre. Así pues, se tendrá:

$$\text{Pérdidas en el nucleo} = 525 \text{ W}$$

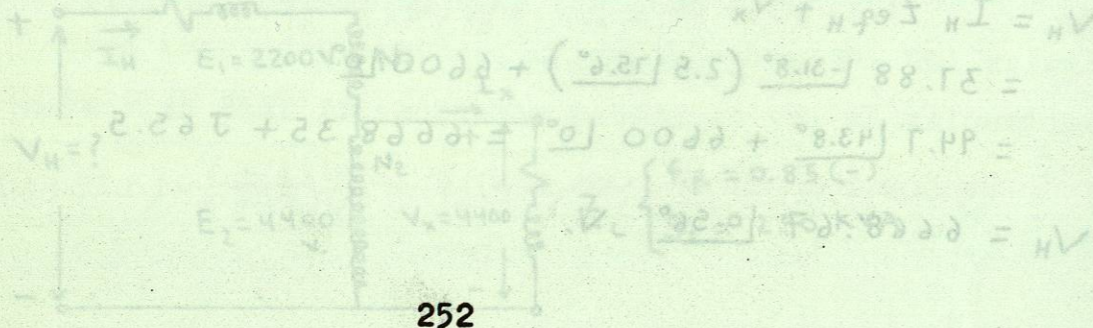
$$\text{Pérdidas en el cobre} = I_H^2 R = (37.88)^2 (0.62) = 889.63 \text{ W}$$

La eficiencia podrá evaluarse a través de la siguiente ecuación

$$\eta = \frac{\text{Pot. salida}}{\text{Pot. salida} + \text{Pérdidas}} \times 100$$

$$= \frac{(250000) 0.85}{(250000) 0.85 + 525 + 889.63} \times 100$$

$$\eta = 99.34\%$$



252

$$V_H = 6668.67 \angle 0.56^\circ \text{ V}$$

el por ciento de la tensión nominal será:

$$\%V_n = \frac{6668.67 - 6600}{6600} \times 100$$

$$\%V_n = 1.04\% *$$

$$\eta = \frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}}$$

$$\eta = \frac{S_L \text{ f.p.L}}{V_H I_H \text{ f.p.H}} = \frac{(250000) 0.85}{(6668.67)(37.88) [\cos(0.56 + 31.8^\circ)]}$$

$$\eta = \frac{212500}{213379.5} = 0.996 = 99.6\% *$$

étese la elevada eficiencia del autotransformador.

EJEMPLO 3

Las siguientes relaciones ponen de manifiesto propiedades importantes de los autotransformadores. Se advierte que las relaciones 8.39, 8.40 y 8.41 son aplicables al mismo transformador conectado ya sea como transformador de dos circuitos o autotransformador. Es decir, no son aplicables a un autotransformador y a otro transformador de dos circuitos, de igual potencia nominal.

$$\frac{\% \text{ de caída en la impedancia a plena carga en autotransformador}}{\% \text{ de la caída en la impedancia a plena carga en transformador de 2 circuitos}} = \frac{E_H - E_X}{E_H} \quad 8.39$$

$$\frac{\text{Regulación como autotransformador}}{\text{Regulación como transformador de 2 circuitos.}} = \frac{E_H - E_X}{E_H} \quad 8.40$$

$$\frac{\text{intensidad de c.c. como autotransformador}}{\text{intensidad de c.c. como transformador de 2 circuitos.}} = \frac{E_H}{E_H - E_X} \quad 8.41$$

En este ejemplo sólo se demostrará la relación 8.41, dejándose al lector como ejercicio las dos restantes.

En la ecuación 8.41, la relación entre corrientes de corto circuito se refiere a las que circularían por el devanado serie

o de baja tensión, como autotransformador o transformador de dos circuitos respectivamente. Lo mismo se aplica a las corrientes que circulan por el devanado común o de alta tensión.

En la demostración las siglas T y A.T. se referirán al transformador de dos circuitos y al autotransformador respectivamente. Las letras H y X indicarán el extremo de alta y baja tensión respectivamente.

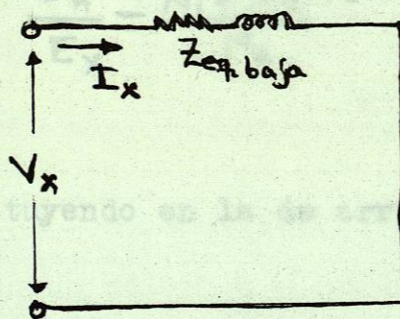
Analizando para un dispositivo elevador de tensión.

Caso del transformador:

E_1 y E_2 representan las tensiones nominales del devanado de baja y alta respectivamente.

$$E_H = E_1 + E_2 \quad \text{y} \quad E_X = E_2$$

Así, con el circuito equivalente del transformador referido al extremo de baja, y en estado de corto circuito:



$$I_{xT} = \frac{V_{xT}}{Z_{eq. T. baja}}$$

Si se aplica V_X igual a la tensión nominal del devanado de baja tensión:

$$V_{xT} = E_H - E_X$$

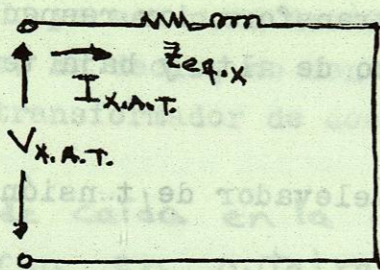
Según lo visto en el Art. 8.2:

$$Z_{eq. T. baja} = Z_{eq. H}$$

$$I_{xT} = \frac{E_H - E_X}{Z_{eq. H}}$$

Caso del autotransformador.

El circuito equivalente referido al extremo de baja tensión será:



En donde:

$$I_{x.A.T.} = \frac{V_{x.A.T.}}{Z_{eq.x}}$$

si se aplica el voltaje nominal del devanado común a los terminales de baja tensión del autotransformador:

$$V_{x.A.T.} = E_x$$

Y de la Ec. 8.38:

$$Z_{eq.x} = \left(\frac{N_2}{N_1 + N_2} \right)^2 Z_{eq.H}$$

$$I_{x.A.T.} = \frac{E_x}{\left(\frac{N_2}{N_1 + N_2} \right)^2 Z_{eq.H}}$$

De la Ec. 8.30

$$I_{x.A.T.} = \frac{N_1 + N_2}{N_2} I_{H.A.T.}$$

$$\Rightarrow I_{H.A.T.} = \frac{E_x}{\left(\frac{N_2}{N_1 + N_2} \right) Z_{eq.H}}$$

Así, cuando se tiene la conexión de transformador de dos circuitos, la corriente de corto circuito que circulará por el devanado de baja (que es el serie también) será $I_{x.T.}$. Cuando se tenga la conexión como autotransformador, la corriente de corto circuito por el mismo devanado será $I_{H.A.T.}$. La relación entre ellas será:

$$\frac{I_{H.A.T.}}{I_{x.T.}} = \frac{\frac{E_x}{\left(\frac{N_2}{N_1 + N_2} \right) Z_{eq.H}}}{\frac{E_H - E_x}{Z_{eq.H}}} = \frac{N_1 + N_2}{N_2} \frac{E_x}{E_H - E_x}$$

De la Ec. 8.31:

$$\frac{E_H}{E_x} = \frac{N_1 + N_2}{N_2}$$

y sustituyendo en la de arriba:

$$\frac{E_H}{E_x} = \frac{E_x}{E_H - E_x} \Rightarrow \frac{I_{H.A.T.}}{I_{x.T.}} = \frac{E_H}{E_H - E_x}$$

Que es la relación 8.41.