

Así pues, el autotransformador se puede representar por un circuito equivalente formado por una impedancia  $Z_{eq.H}$  en serie con un autotransformador ideal, que acopla la entrada con la salida. Las características del autotransformador ideal serán:

1. Corriente de Excitación igual a cero.
2. Impedancia de fuga igual a cero.
3. Pérdidas en el autotransformador igual a cero.
4. La relación entre corrientes está dada por:

$$I_H = \frac{N_2}{N_1 + N_2} I_x \quad 8.30$$

5. La relación entre tensiones está dada por:

$$E_H = \frac{N_1 + N_2}{N_2} E_x \quad 8.31$$

en donde:

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

### 8.2.1 EL CIRCUITO EQUIVALENTE REFERIDO AL EXTREMO DE ALTA TENSION

Al sustituir en la Ec. 8.29 la siguiente expresión;

$$V_x = I_x Z_L \quad 8.32$$

se obtiene:

$$V_H = Z_{eq.H} I_H + \left(\frac{N_1 + N_2}{N_2}\right) I_x Z_L \quad 8.33$$

en la que al sustituir la Ec. 8.30 se obtiene:

$$V_H = Z_{eq.H} I_H + \left(\frac{N_1 + N_2}{N_2}\right) \left(\frac{N_1 + N_2}{N_2} I_H\right) Z_L \quad 8.34$$

$$V_H = Z_{eq.H} I_H + \left(\frac{N_1 + N_2}{N_2}\right)^2 I_H Z_L \quad 8.35$$

La Ec. 8.35 se puede sintetizar en el circuito de la Fig. 5; el cual representa el circuito equivalente del autotransformador referido al lado de alta tensión.

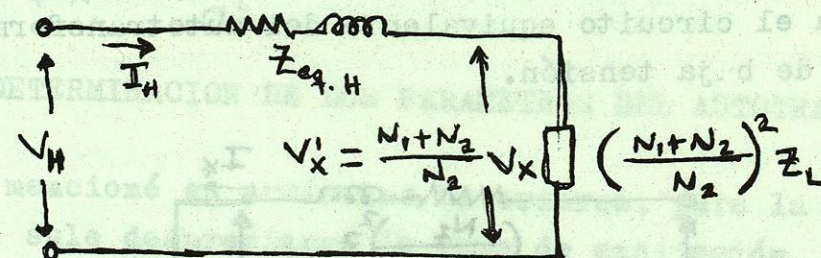


Fig. 5

Así, se concluye que la reflexión de cantidades del circuito de "baja" al de "alta" se ajusta a las siguientes ecuaciones:

$$a = \frac{N_1 + N_2}{N_2} = \text{razón de Transformación}$$

$$V_x' = a V_x ; \quad I_H = \frac{I_x}{a} ; \quad Z_L' = a^2 Z_L$$

Donde las primas (') indican cantidades referidas. Nótese la semejanza de las Ecs. anteriores, con las utilizadas en el circuito equivalente del transformador.

Es importante aclarar que las Ecs. anteriores se refieren a cualquier tensión, corriente o impedancia que se encuentre en el extremo de baja tensión.

### 8.2.2 EL CIRCUITO EQUIVALENTE REFERIDO AL EXTREMO DE BAJA TENSION

Si se multiplica la Ec. 8.29 por  $\frac{N_2}{N_1 + N_2}$  se tendrá:

$$\frac{N_2}{N_1 + N_2} V_H = \frac{N_1 + N_2}{N_2} I_H \left(\frac{N_2}{N_1 + N_2}\right)^2 Z_{eq.H} + V_x \quad 8.36$$

La cual, al relacionarla con la Ec. 8.30, se tendrá:

$$\frac{N_2}{N_1+N_2} V_H = I_x \left( \frac{N_2}{N_1+N_2} \right)^2 Z_{eq.H} + V_x \quad 8.37$$

Así, la Ec. 8.37 describe el circuito de la Fig. 6. Este presenta el circuito equivalente del autotransformador referido al lado de baja tensión.

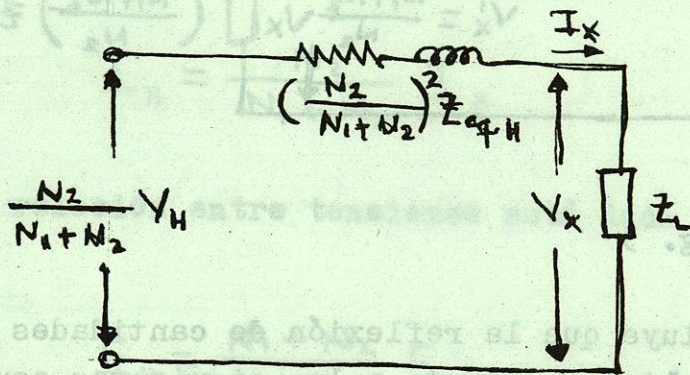


Fig. 6

Por lo tanto, las Ecs. de reflexión de cantidades del lado de "alta" hacia el de "baja" serán:

$$V'_H = \frac{V_H}{a} ; I_x = a I_H ; Z'_H = \frac{Z_H}{a^2}$$

En donde  $Z_H$  se refiere a cualquier impedancia en el extremo de alta tensión, ocurriendo lo mismo para voltajes y corrientes.

A la impedancia:

$$\frac{Z_{eq.H}}{a^2}$$

se le asignará la literal:

$$Z_{eq.X}$$

por lo tanto:

$$Z_{eq.X} = \frac{Z_{eq.H}}{a^2}$$

### 8.2.3 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DEL AUTOTRANSFORMADOR

Como se mencionó en artículos anteriores, para la gran mayoría de los casos, suele despreciarse la rama de excitación. Así pues, se evaluarán solo las impedancias  $Z_{eq.H}$  y  $Z_{eq.X}$ .

$Z_{eq.H}$  es la impedancia equivalente del autotransformador, referida a su extremo de alta tensión.

De la deducción del circuito equivalente, se puede apreciar que  $Z_{eq.H}$  puede determinarse por medio de una prueba de corto circuito al transformador de dos circuitos que forma el autotransformador. Es decir,  $Z_{eq.H}$  es la impedancia del transformador de dos circuitos referida al devanado serie, con el devanado común cortocircuitado.

$Z_{eq.X}$  es la impedancia equivalente del autotransformador referida a su lado de baja tensión. La impedancia  $Z_{eq.X}$  puede medirse mediante un ensayo de corto circuito, con  $V_H$  cortocircuitada y una tensión reducida aplicada a los terminales de baja tensión.

Se puede apreciar, que una vez que se conoce  $Z_{eq.H}$  o  $Z_{eq.X}$ , la otra impedancia se puede determinar a partir de la impedancia conocida a través de la ecuación 8.38.

De acuerdo a lo asentado en el Cap. 4 con respecto a las pérdidas en el núcleo, éstas dependían de la frecuencia, densidad de flujo y las características físicas y químicas del núcleo. Ya que ninguno de estos parámetros cambia al conectar un transformador como autotransformador, se puede decir que las pérdidas en el núcleo para ambos son iguales.

EJEMPLO 2

Los ensayos clásicos de corto circuito y en circuito abierto realizados sobre un transformador de dos devanados de 100 KVA, 60 Hz, 4400:2 200 V dan los datos siguientes:

Ensayo de Corto Circuito		Ensayo en Vacío	
Devanado de alta tensión excitado:		Devanado de baja tensión excitado:	
Frecuencia	60 Hz	Frecuencia	60 Hz
Tensión	228 V	Tensión	2 200 V
Intensidad	22.8 A	Intensidad	1.08 A
Potencia	1 300 W	Potencia	525 W

Si se conecta este transformador como autotransformador 6 600:4 400 V :

- ¿Cuál será su potencia nominal ?
- ¿Qué tanto por ciento de la tensión nominal hay que aplicar a los terminales de 6 600 V para mantener la tensión nominal del secundario en una carga de 250 KVA con f.p. = 0.85 inductivo ?
- ¿Cuál será su rendimiento funcionando en las condiciones del inciso(b) ?

SOLUCION

a) Se determinará la potencia nominal de los devanados del autotransformador en base a los valores nominales que se dan de los devanados del transformador.

Voltaje nominal del devanado serie = 2 200 V =  $E_1$

Voltaje nominal del devanado común = 4 400 V =  $E_2$

Potencia nominal de cada devanado = 100 KVA.

Como autotransformador, el voltaje nominal del extremo de alto voltaje será:

$$E_H = E_1 + E_2 = 2\ 200 + 4\ 400 = 6\ 600\ V.$$

Ya que la potencia nominal del devanado serie es de 100 KVA, entonces la corriente máxima que tolerará el devanado será

$$S_n = I_n E_n \text{ de donde } I_n = \frac{S_n}{E_n} = \frac{100\ 000}{2\ 200}$$

$$I_n = 45.45\ A.$$

y por lo tanto:

$$I_H = 45.45\ A$$

Por lo tanto, la potencia nominal del autotransformador será:

$$S = I_H E_H = 45.45 \times 6\ 600$$

$$S_{\text{nominal autotransformador}} = 300\ KVA$$

Nótese que la potencia nominal es tres veces mayor como autotransformador que como transformador.

b) Se determinarán primeramente los parámetros del circuito equivalente del autotransformador a partir de los ensayos realizados en el transformador de dos circuitos, despreciándose la rama de excitación. De acuerdo a la conexión que el enunciado del problema sugiere, el devanado de baja tensión operará como el devanado serie, mientras que el devanado de alta tensión operará como el devanado común. Los subíndices 1 y 2 aludirán a los devanados de baja y alta tensión, respectivamente.

Las resistencias de los devanados referidas al lado de " alta ".

$$R'_1 = R_2 = \frac{P_{cc}}{2 I_{cc}^2} = \frac{1300}{2 (22.8)^2}$$

$$R'_1 = R_2 = 1.25\ ohms$$

Y las reactancias de los devanados referidas al lado de " alta ".

$$X'_{L1} = X_{L2} = \frac{\sqrt{\left(\frac{V_{cc}}{I_{cc}}\right)^2 - (R'_1 + R_2)^2}}{2} = \frac{\sqrt{\left(\frac{228}{22.8}\right)^2 - (1.25 + 1.25)^2}}{2}$$

$$X'_{L1} = X_{L2} = 4.84\ ohms$$