



Campus Virtual FCEFyN
Universidad Nacional de Córdoba

AUTOTRANSFORMADOR

ELECTROTECNIA(IE)

29 DE ABRIL DE 2020

Auto transformador

(1)

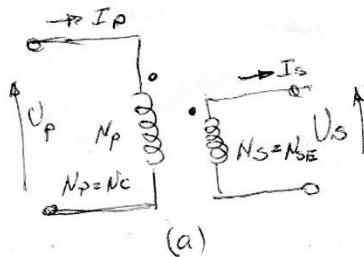
Hay ciertas ocasiones que se requiere cambiar los niveles de voltaje en una pequeña cantidad, como por ejemplo aumentar el voltaje de 220 a 230V o de 13,2 a 13,8 KV.

Como consecuencia a la caída de voltaje ^{que se produce} en un sistema de potencia localizado lejos de los generadores.

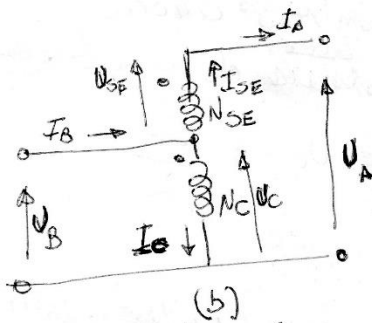
En estas circunstancias es un desperdicio además del costo que genera el bobinar un trafo con 2 devanados dimensionados para suministrar casi el mismo voltaje.

En su lugar se utiliza un transformador de propósito especial llamado auto transformador.

En la Figura se ilustra un transformador convencional de 2 devanados. Con N_p y N_s número de vueltas en los devanados primario y secundario, respectivamente.



En esencia es posible obtener el mismo efecto de transformación sobre los voltajes, corrientes e impedancias cuando estos devanados se conectan en forma aditiva como se muestra en la Fig(b).



Ahora la relación entre el voltaje del primer devanado y el voltaje del segundo devanado es la dada por la relación de vueltas del trafo, sin embargo el voltaje de salida es la suma del voltaje en ambos devanados.

En este caso el primer devanado se llama devanado común debido a que su voltaje aparece en ambos lados del trafo, y el devanado más pequeño se llama devanado serie por que se conecta en serie con el común. Llamamos V_c (Voltaje común) al voltaje sobre el devanado común e I_c (Corriente común) a la corriente que lo atraviesa, y V_{se} (Voltaje serie) al voltaje en la bobina serie y I_{se} (Corriente serie) a la corriente que atraviesa la bobina serie. Por otra parte llamamos V_B e I_B al

Voltaje y la corriente del lado de baja tensión respectivamente U_A e I_A los valores correspondiente al lado de alta tensión.

El lado primario (por el cual entra la potencia) puede ser cualquiera de los 2 extremos.

Los voltajes y las corrientes están relacionados de acuerdo a la condición convencional

$$\textcircled{1} \quad \frac{U_C}{U_{SE}} = \frac{N_C}{N_{SE}} = K \quad \text{y despreciando la corriente de magnetización.}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{I_C}{I_{SE}} = \frac{N_{SE}}{N_C} = \frac{1}{K} \Rightarrow N_C I_C = N_{SE} I_{SE}$$

Los voltajes en las bobinas están relacionados con los voltajes terminales.

$$U_B = U_C \quad \text{y} \quad U_A = U_C + U_{SE} \quad \text{y}$$

las corrientes

$$I_B = I_C + I_{SE} \quad \text{e} \quad I_A = I_{SE} \quad \text{veamos ahora}$$

la relación de voltaje entre los terminales de un auto transformador

$$U_A = U_C + U_{SE} \quad \text{de } \textcircled{1} \quad U_{SE} = \frac{N_{SE}}{N_C} U_C = \frac{U_C}{K}$$

$$U_A = U_C + \frac{N_{SE}}{N_C} U_C = U_C \left(1 + \frac{1}{K}\right) \quad \text{como}$$

$$U_B = U_C \Rightarrow U_A = U_B + \frac{N_{SE}}{N_C} U_B = U_B \left(1 + \frac{N_{SE}}{N_C}\right) = U_B \left(1 + \frac{1}{K}\right)$$

$$U_A = U_B \left(\frac{N_C + N_{SE}}{N_C}\right) \quad \text{de donde}$$

$$\boxed{\frac{U_B}{U_A} = \frac{N_C}{N_{SE} + N_C}}$$

La relación de Corrientes, entre los lados del auto transformador, la podemos encontrar teniendo en cuenta la siguiente relación

$$I_B = I_C + I_{SE} \text{ de (2) } I_C = \frac{N_{SE}}{N_C} I_{SE}$$

$$I_B = \frac{N_{SE}}{N_C} I_{SE} + I_{SE} \quad \text{Como } I_A = I_{SE}$$

$$I_B = \frac{N_{SE}}{N_C} I_A + I_A = I_A \left(\frac{N_{SE}}{N_C} + 1 \right) = I_A \frac{N_{SE} + N_C}{N_C}$$

$$\boxed{\frac{I_B}{I_A} = \frac{N_{SE} + N_C}{N_C}}$$

Es interesante notar que no toda la potencia que se transfiere del primario al secundario en el auto transformador pasa a través de los devanados, por lo tanto si un transformador convencional se conecta como auto transformador puede manejar mucha mas potencia que aquella para la que fue concebido. La potencia aparente de entrada al transformador es dada por $S_{ent} = U_B I_B$ y la potencia aparente de salida

$$\text{por } S_{sal} = U_A I_A$$

Es fácil demostrar que $S_{ent} = S_{sal} = S_{ES}$ donde S_{ES} es la potencia de entrada y de salida del TRAF.

$$S_{sal} = U_A I_A = \underbrace{U_B \frac{N_C + N_{SE}}{N_C}}_{U_A} \cdot \underbrace{I_B \frac{N_C}{N_{SE} + N_C}}_{I_A} = U_B I_B$$

Sin embargo la potencia aparente en los devanados es

$$S_{\Delta} = U_C I_C = U_{SE} I_{SE}$$

$$S_D = U_C I_C = U_B (I_B - I_A) = U_B I_B - U_B I_A$$

$$S_D = U_B I_B - U_B I_B \frac{N_C}{N_{SE} + N_C} = U_B I_B \left(1 - \frac{N_C}{N_{SE} + N_C}\right)$$

$$S_D = U_B I_B \frac{N_{SE} + N_C - N_C}{N_{SE} + N_C} = U_B I_B \frac{N_{SE}}{N_{SE} + N_C}$$

$$S_D = S_{ES} \frac{N_{SE}}{N_{SE} + N_C} \quad \text{y} \quad \boxed{\frac{S_{ES}}{S_D} = \frac{N_{SE} + N_C}{N_{SE}}}$$

Esta ecuación muestra la ventaja en el manejo de la P. aparente que un auto transformador tiene sobre un transformador convencional. Aquí S_{ES} es la potencia aparente que ingresa al primario y sale por el secundario y S_D es la potencia aparente que realmente pasa a través de los devanados del transformador (El resto pasa del primario al secundario sin ser acoplado por los devanados del trafo).

Note que mientras mas pequeño es el devanado en serie mas grande es la ventaja.

De este analisis se desprende que un trafo conectado en la conexión convencional necesita devanados que soporten la potencia S_{ES} , en tanto que si se lo conecta como auto transformador para manejar la misma potencia requiere que sus bobinados manejen $S_D = \frac{N_{SE}}{N_{SE} + N_C} S_{ES}$

que es una potencia inferior, lo que permite construir auto transformadores mas pequeños, y de menor costo.

Por lo general no es conveniente conectar simplemente un transformador con 2 devanados (convencional) como auto transformador. Como lo mostré debido a que el aislamiento del lado de bajo voltaje de un trafo ordinario no es lo suficientemente bueno como para soportar todo el voltaje de salida de la conexión como auto transformador.

En los transformadores que se construyen de manera específica como autotransformador, el aislamiento del devanado en serie es tan bueno como el de los bobinos comunes.

Los autotransformadores se utilizan en los sistemas de potencia cuando se necesitan transformar 2 voltajes con niveles muy cercanos.

También se utilizan como transformadores variables donde la toma de bajo voltaje se desplaza hacia arriba y hacia abajo en el devanado.

La principal desventaja es que a diferencia de un trafó convencional hay una conexión física directa entre el circuito primario y el secundario, por lo que se pierde el aislamiento eléctrico entre ambos lados.

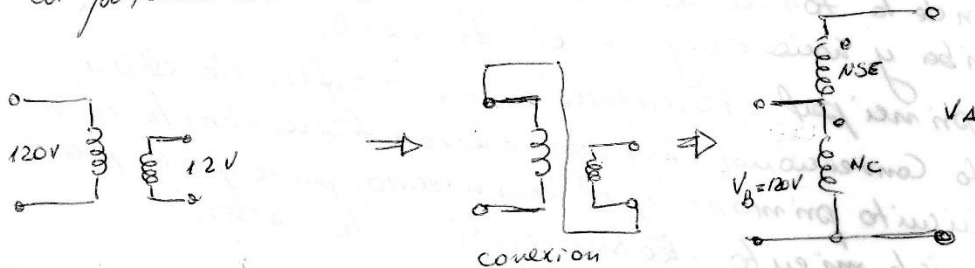
Los autotransformadores presentan reactancias de dispersión menores, pérdidas mínimas, y corriente de excitación más pequeña. Además de un costo menor con respecto al trafó convencional.

Ejemplo

Se conecta un trafo convencional de 2 bobinados 120/12V y 100VA para conformar un autotransformador elevador.

Si se aplica 120V al primario se pide determinar

- ¿Cuál es el voltaje secundario del autotransformador?
- ¿Cuál es la capacidad máxima en VA en este modo de operación?
- Calcule el incremento en potencia nominal



Solución

- El trafo se uso como elevador

$$V_A = \frac{N_{SE} + N_C}{N_C} V_B = \frac{12 + 120}{120} \cdot 120V = 132V$$

- El valor máximo de los devanados es 100VA que soporte cualquiera

El voltaje $V_{SE} = 12V$ y los VA que soporte 100

$$I_{SE\max} = \frac{S_{\max}}{V_{SE}} = \frac{100VA}{12V} = 8,33A$$

Como $I_{SE} = I_A$ y como $V_A = 132V$

$$S_{sol} = V_A I_A = 132V \times 8,33A = 1100VA = S_{ent}$$

-

$$\frac{S_{ES}}{S_D} = \frac{1100VA}{100VA} = 11$$

