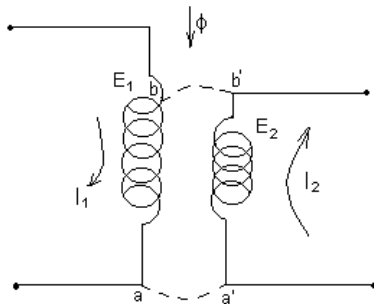


**AUTOTRANSFORMADOR**



Es posible reunir los dos devanados de un transformador en uno solo.

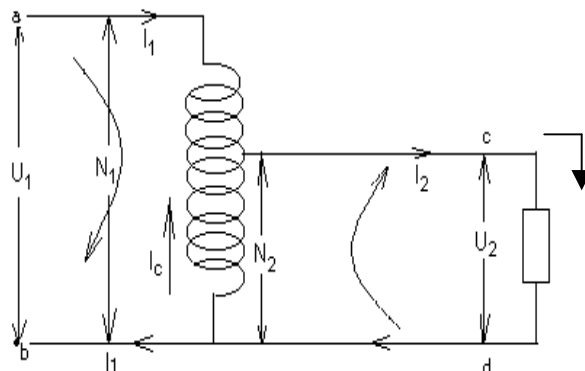
Dados los dos devanados, si unimos dos de los extremos homólogos (a-a') de los arrollamientos primarios y secundarios, hallaremos un punto (b) del primario cuya tensión coincidirá en todo momento con la secundaria, que corresponderá a aquella fracción del primario que tienen el mismo nº de espiras que el secundario.

Uniéndolos, se pueden confundir en uno solo. Como primer ventaja, que al eliminar un bobinado se obtiene una máquina mas económica. Uniéndolos, se pueden confundir en uno solo. Como primer ventaja, que al eliminar un bobinado se obtiene una máquina mas económica.

**Principio de funcionamiento:**

La energía se transfiere parte por conducción y parte por transformación o inducción.

Al conectar el bobinado primario a una tensión  $U_1$ , ésta produce la corriente  $I_1$ , que circula desde a hasta b (ver gráfico), y genera una fuerza electromotriz  $E_1$  que se opone a la tensión  $U_1$ . Esta Fem.  $E_1$  tiene el mismo sentido que la tensión  $U_2$  y genera una corriente  $I_2$  que circula desde c hasta d. Por lo antes expuesto se puede demostrar además que la corriente  $I_1$  del primario está en oposición con la corriente  $I_2$  del secundario y desfasadas  $180^\circ$  vectorialmente.



La corriente en el devanado común,  $I_c$ , será (despreciando la corriente en vacío):

$$I_c = I_2 - I_1 \quad (1)$$

Despreciando también la corriente magnetizante, sabemos que el producto  $N.I$  de ambos arrollamientos debe permanecer constante, pues por la Ley de circuitación de Ampere:

$$(N_1 - N_2) I_1 = N_2 (I_2 - I_1) = N_2 I_c \quad (2) \text{ es decir: } I_c = \frac{N_1 - N_2}{N_2} \cdot I_1 \quad (3)$$

Si consideramos que  $n = N_1 / N_2$ , y reemplazando entre las expresiones anteriores concluimos:  $I_c = I_1 (n - 1)$  (4) y despejando de la (1)  $I_1 = I_2 - I_c$  y sustituyendo en (4)

$$I_c = I_2 \left( 1 - \frac{1}{n} \right) \quad (5)$$

Concluimos que “la corriente en el arrollamiento común es  $(1 - 1/n)$  veces menor que la  $I_2$ .”

## U.N.C.

## ELECTROTECNIA

Con respecto a la potencia, ya dijimos anteriormente que la energía se transfiere por conducción y parte por inducción, por lo que la potencia suministrada a la red secundaria desde el primario (potencia pasante) será:  $S_2 = U_2 I_2$

Que es una potencia compuesta por la potencia transferida por  $I_1$  por conducción, igual a  $S_{cond} = U_2 \cdot I_1$ , y por la potencia transferida por el circuito magnético por inducción, igual a  $P_i = U_2 \cdot I_c$  que es considerada una potencia "propia o interna".

Sustituyendo  $I_c$  en la expresión de la potencia interna:  $S_i = U_2 I_c$

$$S_i = U_2 I_2 (1 - 1/n) = S_2 (1 - 1/n)$$

Por lo que  $S_2 = S_i / (1 - 1/n)$

### Conclusiones:

1- En un auto transformador resulta aumentada la potencia de paso  $P_2$  en  $(1 - 1/n)$  veces la interna.

2- La potencia de paso o total  $P_2$  en carga es:  $S_2 = S_{cond} + S_{ind}$

Donde:  $P_{cond} = U_2 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi$  que es potencia de conducción

$P_{ind} = U_2 \cdot I_c \cdot \cos \varphi$  que es potencia de inducción

Y la relación entre ambas potencias:  $(P_{ind}/P_{cond}) = (I_2 - I_1)/I_1 = [(n - 1) \cdot I_1]/I_1 = n - 1$

Por relaciones de transformador referentes a la tensión ( $I_1/I_2 = U_2/U_1$ ), y reemplazando  $I_1$  en la primera igualdad de la expresión anterior:

$$(P_{ind}/P_{cond}) = (U_1 - U_2)/U_2$$

Concluyendo del análisis de la expresión anterior que, mientras mayor sea la diferencia entre tensiones primarias y secundarias, mayor es la  $P_{ind}$  frente a  $P_{cond}$  y por lo tanto mayor el tamaño el transformador.

La relación entre la potencia de paso  $P_2$  y la  $P_{ind}$  es:

$$P_{ind}/P_2 = (n - 1) / n$$

3)- Las relaciones comparativas entre un auto transformador (a) y un transformador (t) con iguales cantidades respectivas de cobre y hierro son:

$$\frac{S[kVA](t)}{S[kVA](a)} = \frac{n}{n-1} ; \frac{I_m[A](t)}{I_m[A](a)} = \frac{n}{n-1} ; \frac{\Delta U(t)}{\Delta U(a)} = \frac{n}{n-1} ; \frac{I_{cc}(a)}{I_{cc}(t)} = \frac{n}{n-1} ;$$

$$\frac{Perd.a pl.c. en \% de kVA(t)}{Perd.a pl.c. en \% de kVA(a)} = \frac{n}{n-1}$$

### Ventajas

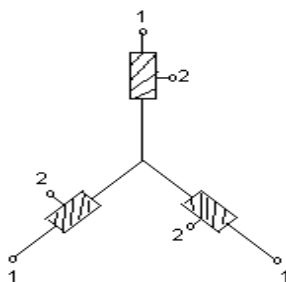
- 1) Al eliminar uno de los bobinados esta máquina es más chica y más barata
- 2) Economía de cobre, por lo tanto: menores pérdidas en el cobre.
- 3) Se reduce longitud de núcleos, por lo tanto:
  - a) menor pérdida en el hierro
  - b) menor corriente magnetizante
  - c) mayor  $\cos \varphi$
- 4) Por consiguiente: mejor rendimiento
- 5) En el circuito común queda anulada la dispersión, por tanto:

- a) menor reactancia
  - b) mejor regulación
- 6) Cuanto más cercana a 1 es la relación de transformación, tanto mayor la economía y menor riesgo de accidentes.

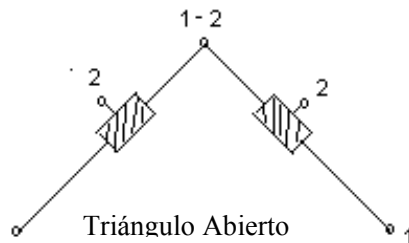
**Inconvenientes**

1. Al tener menor reactancia,  $I_{cc}$  mayores, mayores esfuerzos mecánicos, interruptores mayores; necesidad de añadir impedancias limitadoras.
2. Necesidad de adoptar la misma conexión primaria y secundaria.
3. No son convenientes cuando la diferencia de tensiones entre primario y secundario son muy elevadas, esto es debido a que si por algún motivo se cortara el bobinado común, quedaría aplicado en bornes del secundario la misma tensión que el primario.
4. Eléctricamente unidos AT y BT (alta tensión y baja tensión)

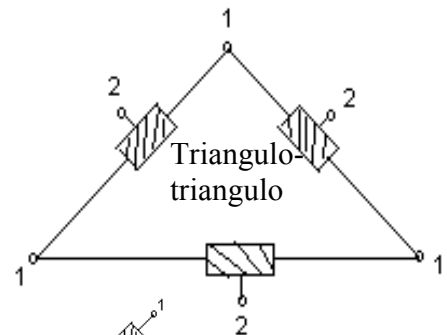
**Conexiones:** Están limitadas exclusivamente a las siguientes:



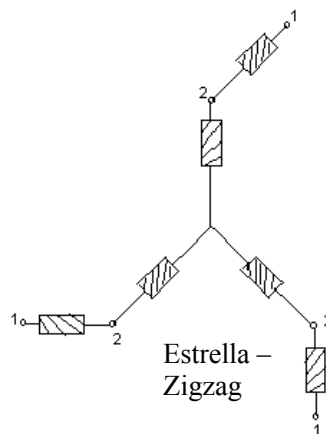
Estrella - Estrella



Triángulo Abierto



Triángulo - triángulo



Estrella - Zigzag

**Aplicaciones**

1. Interconexión de redes de AT.
2. Auto transformador de arranque (generalmente triángulo abierto).
3. Regulación de locomotoras eléctricas.
4. Para igualar impedancias en transformadores distintos, conectados en paralelo.

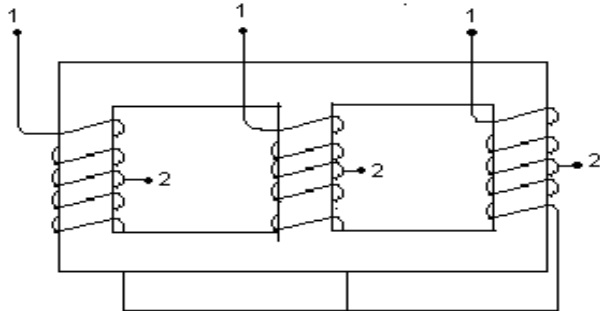
**Reflexión sobre el auto transformador**

Recordemos  $I_c = I_2 (1 - N_2/N_1)$

La corriente que circula en el arrollamiento común es  $N_2/N_1$  veces menor que la corriente secundaria  $I_2$  (está relacionada con el n° de espiras). Mientras más se acerque  $N_1$  con  $N_2$ , más pequeña va a ser  $I_c$

y entonces más económico resulta ser el auto transformador. Es decir que la utilidad y economía de usar un auto transformador ocurre cuando  $N_1$  se parece a  $N_2$  o  $n$  es cercana a 1.

**Auto transformador trifásico Y/Y**



**Aplicaciones:**

En general para reducir o elevar tensiones en rango pequeño. En particular tiene gran aplicación para el arranque de motores eléctricos. En el momento del arranque, las corrientes que absorben los motores son muy grandes, porque al estar detenida la máquina, no hay fuerza electromotriz y

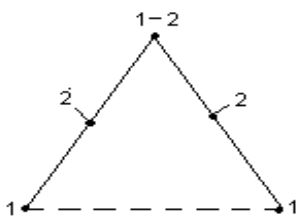
como la impedancia es pequeña la  $I_{arr}$  es muy grande (de 5 a 10 veces la  $I$  nominal). Cuando se ponen en marcha, los motores generan una  $F_{cem}$  que reduce la  $I$  a valores nominales (a revoluciones nominales).

Debido a la  $I_{arr}$  los fusibles son de acción retardada y los contactos de los guarda motores deben sobredimensionarse para proteger su vida útil, al igual que los automáticos y todas las instalaciones vecinas. Los que tienen talleres próximos a sus casas habrán notado como cae la tensión por esa gran  $I_{arr}$ , lo que hace sufrir toda la instalación. Esto es porque los arrancan en directo, sin elementos intermediarios.

Luego, para evitar esto se les coloca un aparato de arranque que logre que la corriente de arranque sea pequeña, esto es un auto transformador de arranque, que alimenta el motor con tensión reducida, con lo cual también resulta reducida la  $I_{arr}$ ; pero se reduce también la potencia de arranque, por lo cual no sirve si el par resistente que le presenta la máquina accionada al motor de arrastre es muy alto, ejemplo: trituradoras a mandíbulas o a martillos, bombas a pistón de petróleo, etc. , para estos casos se usa otro mecanismo de arranque que veremos luego.

Pero si el par necesario en el arranque es reducido, que es la generalidad de los casos, el auto transformador de arranque a tensión reducida es muy útil y conveniente, es más, hay una conexión, en triángulo abierto o en V que es muy económica, pues elimina un bobinado.

**Esquema de la conexión:**



Es una conexión triángulo en la cual se ha eliminado un bobinado y por lo tanto si bien funciona igual que  $\Delta/\Delta$  su potencia se reduce a  $2/3$  de la que tendría como triángulo completo, es económica y su comportamiento es igual al  $\Delta$  respecto a las tensiones.

Los motores monofásicos, tienen poco problema, pues tienen muy chico el par de arranque; en cambio los trifásicos tienen alto par de arranque y mayor aún las de corrientes de cortocircuito.

Otro método a tensión reducida es Y/ $\Delta$ , arranca en Y con una tensión por fase  $1/\sqrt{3}$  de la tensión de dimensionamiento del bobinado de cada fase, y luego pasa a  $\Delta$ , donde el bobinado de cada fase trabaja a su tensión de diseño pero en este momento el motor ya está girando.

--ooOoo--