



Unidad Didáctica
Transformadores Trifásicos

FONDO  FORMACION

Programa de Formación Abierta y Flexible

Obra colectiva de FONDO FORMACION

Coordinación *Servicio de Producción Didáctica de FONDO FORMACION
(Dirección de Recursos)*

Diseño y maquetación *Servicio de Publicaciones de FONDO FORMACION*

© **FONDO FORMACION - FPE**

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otro método, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Depósito Legal *AS -742-2001*

Unidad Didáctica Transformadores Trifásicos

Los sistemas de corriente alterna, con excepción de las redes de tracción (monofásicas) y la alimentación de algunos tipos de rectificadores (exafásicos), son todos trifásicos (tres fases).

Lo visto hasta ahora para los transformadores monofásicos se aplica casi íntegramente a los transformadores trifásicos, ya que el estudio de éstos se reduce al de cada fase.

En esta unidad veremos en qué se diferencian los transformadores trifásicos de los monofásicos.

En esta unidad veremos los siguientes apartados:

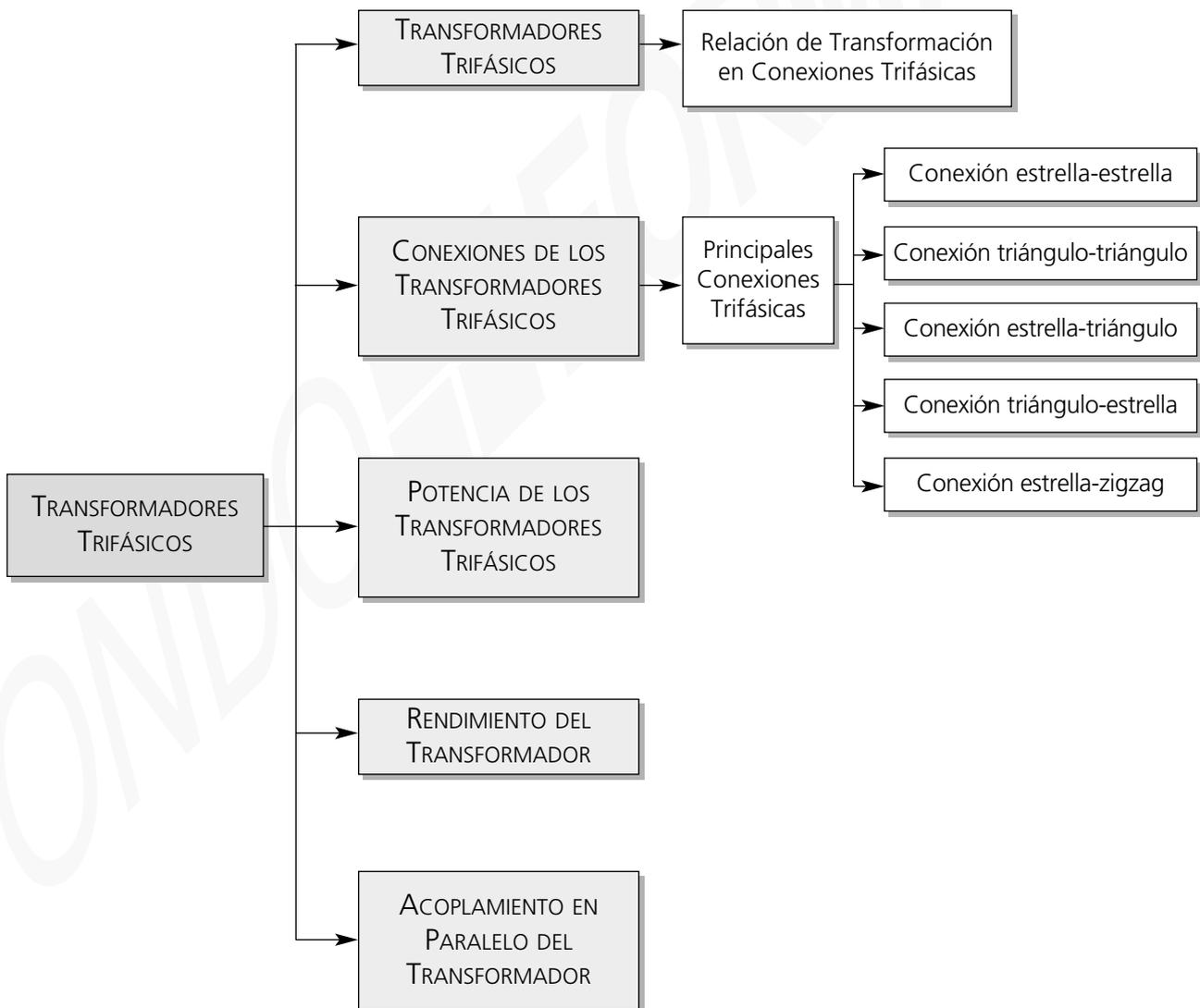
- Transformadores trifásicos.
- Conexiones de los transformadores trifásicos.
- Potencia de los transformadores trifásicos.
- Rendimiento del transformador.
- Acoplamiento en paralelo de un transformador.

Tus objetivos

Al final de esta unidad serás capaz de:

- Distinguir los diferentes sistemas de conexión de transformadores trifásicos.
- Diferenciar entre relación de transformación compuesta y relación de transformación de línea.
- Identificar los tipos de conexión a partir de su símbolo según la norma CEI.
- Calcular la potencia y el rendimiento de un transformador.

Esquema de estudio



Transformadores trifásicos

El principio de funcionamiento de los transformadores monofásicos, así como el cálculo de la tensión en los devanados, pérdidas de potencia, etc., se aplica casi íntegramente para los transformadores trifásicos, ya que su estudio se reduce al de cada fase.

La principal diferencia en los trifásicos es que están formados por "tres" bobinas (primarios), P_1 , P_2 y P_3 , para la entrada de tensión, y "tres" bobinas (secundarios), S_1 , S_2 y S_3 , para la salida de tensión.

Los transformadores trifásicos pueden estar constituidos de dos formas diferentes:

- Por la reunión de tres transformadores monofásicos iguales e independientes (fig. 1).

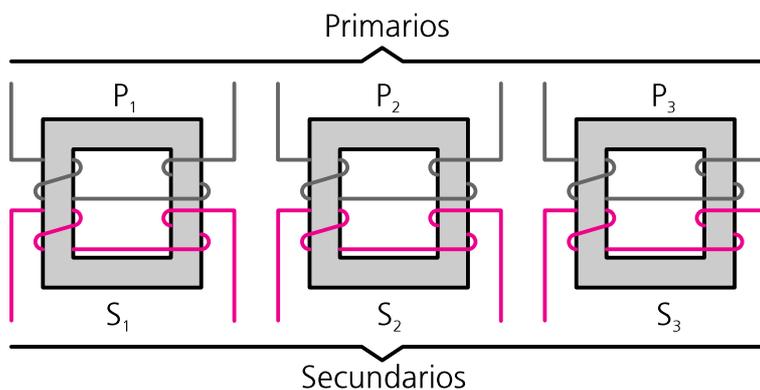


Fig. 1: Reunión de tres transformadores monofásicos.

- Mediante un transformador trifásico único con seis devanados. Éste puede ser "de columnas" o "acorazado". En la figura 2 se muestra un transformador de columnas.

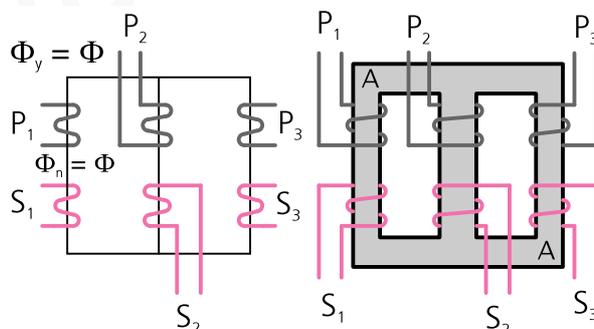


Fig. 2: Transformador trifásico de columnas.

En la figura 3 se muestra un transformador trifásico acorazado.

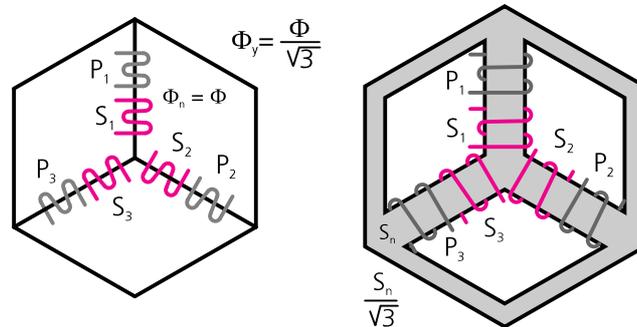


Fig. 3: Transformador trifásico acorazado. Núcleos en estrella.

Los transformadores trifásicos constan, por lo tanto, de tres primarios y tres secundarios, los cuales pueden estar conectados en **triángulo** o en **estrella**.

Otro sistema de conexión que también se utiliza en el secundario de los transformadores es el denominado doble estrella o **zigzag**. Consiste en dividir cada devanado en dos trozos, cada uno de los cuales se enrolla en una columna diferente. Todos los finales de fase se unen en un punto común denominado punto neutro (Fig. 4).

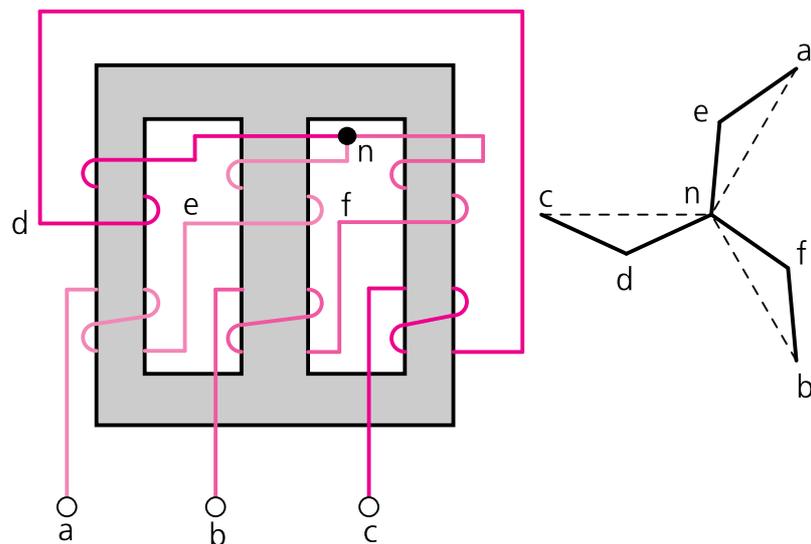


Fig. 4: Conexión de los secundarios en zigzag.

Relación de transformación en conexiones trifásicas

La relación de transformación en un transformador monofásico es la relación entre las tensiones del devanado primario y del secundario.

En las conexiones trifásicas se tienen en cuenta dos tensiones diferentes: **tensión de línea*** y **tensión de fase***. En la figura 5 podemos ver las distintas tensiones a tener en cuenta en un transformador trifásico.

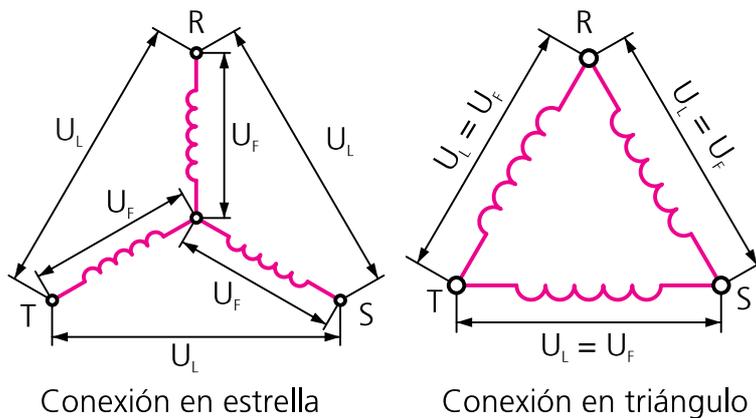


Fig. 5

U_F = Tensión en cada conductor o bobina (tensión de fase).

U_L = Tensión o d.d.p. entre dos bobinas cualesquiera (tensión de línea).

En resumen, las relaciones de transformación de un transformador trifásico son las siguientes:

- Relación de transformación **compuesta** o **de línea** (r_{tc}):

$$r_{tc} = \frac{U_{L1}}{U_{L2}} = \frac{\text{Tensión de línea del primario}}{\text{Tensión de línea del secundario}}$$

- Relación de transformación **de fase** (r_{tf}):

$$r_{tf} = \frac{U_{F1}}{U_{F2}} = \frac{\text{Tensión de fase del primario}}{\text{Tensión de fase del secundario}}$$

Recordemos que:

- En una conexión "estrella" $\Rightarrow U_L = \sqrt{3} \cdot U_F$
- En una conexión "triángulo" $\Rightarrow U_L = U_F$

Conexiones de los transformadores trifásicos

Las diversas formas de conectar los primarios y secundarios de los transformadores trifásicos están establecidas por las normas DIN y CEI (Comisión Electrotécnica Internacional) en cuatro grupos con tres subgrupos cada uno de ellos, como podemos apreciar en la tabla 1.

Símbolos VDE		Diagr. vectorial		Esquema conexión		Símbolos según CEI
Grupo conex.	Subgrupo	Alta tensión	Baja tensión	Alta tensión	Baja tensión	
A	A ₁					Dd 0
	A ₂					Yy 0
	A ₃					Dz 0
B	B ₁					Dd 6
	B ₂					Yy 6
	B ₃					Dz 6
C	C ₁					Dy 5
	C ₂					Yd 5
	C ₃					Yz 5
D	D ₁					Dy 11
	D ₂					Yd 11
	D ₃					Yz 11

Tabla 1: Grupos de conexión de los transformadores trifásicos.

En la tabla anterior aparecen los símbolos, según CEI, de conexiones trifásicas:

- La primera letra, siempre en mayúscula, indica el tipo de conexión del devanado primario.
- La segunda letra, siempre en minúscula, indica el tipo de conexión del devanado secundario.
- El número indica el desfase de las tensiones de línea entre el devanado primario y el secundario.

En la tabla 2 se especifica cuáles son los símbolos que se utilizan y el desfase que corresponde a cada cifra:

TIPO DE CONEXIÓN						DEFASE			
D	d	Y	y	Z	z	0	5	6	11
Triángulo		Estrella		Zigzag		0°	150°	180°	330°
									

Tabla 2: Símbolos según CEI y desfases correspondientes a cada número.

ACTIVIDAD 1

¿Qué significan los siguientes símbolos?

Dd0:

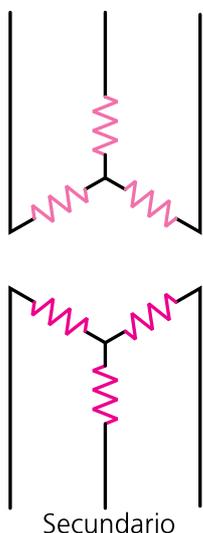
Dd6:

Yd5:

Dy11:

Principales conexiones trifásicas

Conexión estrella-estrella (Y/y)



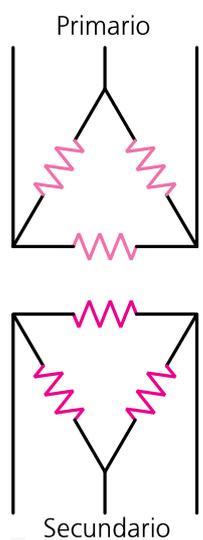
Se utilizan para la transmisión de pequeñas y medianas potencias en alta tensión y para la alimentación de pequeñas instalaciones con neutro secundario. Son de construcción económica.

La relación entre la "relación de transformación de línea compuesta" y la "relación de transformación de fase" en una conexión "estrella-estrella" la deducimos de la siguiente forma:

$$\left. \begin{aligned} r_{t_c} &= \frac{U_{L_1}}{U_{L_2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{F_1}}{\sqrt{3} \cdot U_{F_2}} = \frac{U_{F_1}}{U_{F_2}} \\ r_{t_f} &= \frac{U_{F_1}}{U_{F_2}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow r_{t_c} = r_{t_f}$$

Fig. 6: Conexión Y/y.

Conexión triángulo-triángulo (D/d)



Cada devanado debe soportar la tensión total de la línea. Al carecer de neutro, no permite la protección de puesta a tierra ni la alimentación de sistemas mixtos de fuerza y alumbrado a cuatro hilos. Debido a estos inconvenientes, son de uso poco frecuente.

Resultan adecuadas para pequeñas potencias con altas intensidades de líneas y bajas tensiones.

La equivalencia entre la "relación de transformación compuesta" y la "relación de transformación de fase" en una conexión "triángulo-triángulo" la deducimos de la siguiente forma:

$$\left. \begin{aligned} r_{t_c} &= \frac{U_{L_1}}{U_{L_2}} = \frac{U_{F_1}}{U_{F_2}} \\ r_{t_f} &= \frac{U_{F_1}}{U_{F_2}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow r_{t_c} = r_{t_f}$$

Fig. 7: Conexión D/d.

Conexión estrella-triángulo (Y/d)

Las tensiones por devanado más favorables se producen cuando la estrella se sitúa en el lado de alta y el triángulo en el de baja. La avería en una de las fases impide el funcionamiento del sistema.

Es la conexión utilizada para la **reducción de voltaje** en los sistemas de transmisión y para la alimentación de sistemas que no precisen de neutro en el secundario, como por ejemplo, los motores trifásicos.

La equivalencia entre la "relación de transformación compuesta" y la "relación de transformación de fase" en una conexión "estrella-triángulo" la deducimos de la siguiente forma:

$$\left. \begin{aligned} r_{t_c} &= \frac{U_{L_1}}{U_{L_2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{F_1}}{U_{F_2}} \\ r_{t_f} &= \frac{U_{F_1}}{U_{F_2}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow r_{t_c} = \sqrt{3} r_{t_f}$$

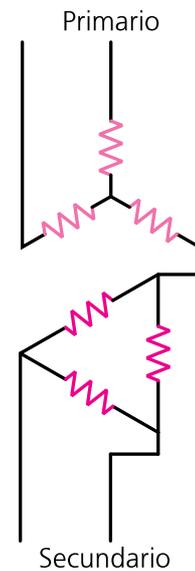


Fig. 8: Conexión Y/d.

Conexión triángulo-estrella (D/y)

Es, al contrario de la anterior, la conexión más adecuada para la **elevación de tensión**.

La red secundaria permite su protección con la puesta a tierra del neutro de la estrella. El fallo en una de las fases deja inutilizado el sistema.

La presencia del neutro en el secundario posibilita su uso en la alimentación de redes a cuatro hilos.

Es la conexión más utilizada como elevadora de tensión para las líneas de transporte de energía.

La equivalencia entre la "relación de transformación compuesta" y la "relación de transformación de fase" en una conexión "triángulo-estrella" la deducimos de la siguiente forma:

$$\left. \begin{aligned} r_{t_c} &= \frac{U_{L_1}}{U_{L_2}} = \frac{U_{F_1}}{\sqrt{3} \cdot U_{F_2}} \\ r_{t_f} &= \frac{U_{F_1}}{U_{F_2}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow r_{t_c} = \frac{r_{t_f}}{\sqrt{3}}$$

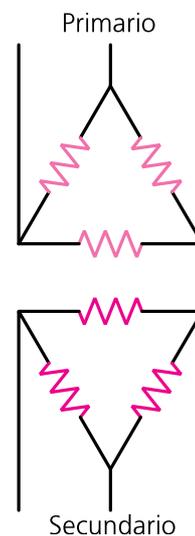


Fig. 9: Conexión D/y.

Conexión estrella-zigzag (Y/z)

La conexión estrella-estrella, vista anteriormente, presenta la ventaja de proveer de neutro tanto el primario como el secundario, pero tiene el inconveniente de transmitir al primario los desequilibrios de consumo o excesos de carga que puedan existir en el secundario. Para evitar este inconveniente se unen los devanados secundarios en la conexión denominada zigzag.

Es, por lo tanto, el transformador por excelencia utilizado para la **distribución**.

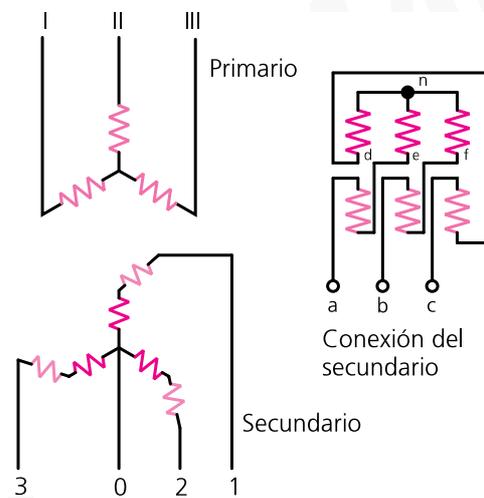


Fig. 10: Conexión Y/z.

ACTIVIDAD 2

Un transformador trifásico cuya relación de transformación compuesta es $r_{tc} = 2$, está conectado con una tensión de línea en el primario de $U_{L1} = 100$ V. Calcula la tensión de fase en el secundario si la conexión es estrella-estrella.

Potencia de los transformadores trifásicos

La potencia que se mide con un vatímetro en cualquier máquina eléctrica es la **potencia activa P**. En un transformador trifásico la "potencia activa", expresada en vatios (**W**), viene dada por:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Como tenemos dos circuitos eléctricos, esto da lugar a dos potencias, una en el primario y otra en el secundario. Tendremos:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 \quad \text{y} \quad P_2 = \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$$

Pero como, teóricamente, $P_1 = P_2 = P$, se puede calcular la potencia del transformador conociendo los valores del primario o los del secundario.

En general, la potencia nominal de los transformadores se expresa en valores de potencia aparente, es decir, en voltamperios (VA). (Un múltiplo muy utilizado de esta unidad es el kVA que equivale a 1.000 VA.)

Ejemplo:

Un transformador trifásico de 300 kVA, tiene un $\cos \varphi = 0,8$. La tensión en el primario es de 5 kV y en el secundario, de 380 V.

Calcular:

- 1.- Intensidad en el circuito primario, I_1 .
- 2.- Intensidad en el circuito secundario I_2 .
- 3.- Potencia activa, P.
- 4.- Potencia reactiva, Q.

1. La intensidad en el primario la calculamos con la ayuda de la fórmula de la potencia aparente, S, que te recordamos:

$$S = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1$$

Si despejamos el valor de la intensidad:

$$I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{300.000}{\sqrt{3} \times 5.000} = 34,64 \text{ A}$$

1. De igual modo que en el apartado 1, calculamos la intensidad en el secundario:

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{300.000}{\sqrt{3} \times 380} = 455,8 \text{ A}$$

3. La potencia activa se puede calcular como la P_1 (o como la P_2) ya que $P = P_1 = P_2$; por tanto, se calcula como sigue:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 = \sqrt{3} \times 5.000 \times 34,64 \times 0,8 = \\ = 240.000 \text{ W}$$

4. Para calcular la potencia activa recordamos, que $\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1$, entonces;

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2} = \sqrt{1 - 0,8^2} = 0,6$$

Por tanto:

$$Q = S \cdot \sin \varphi = 300.000 \times 0,6 = 180.000 \text{ VA}$$

Rendimiento de un transformador

Aunque hasta ahora hemos considerado que la potencia era igual en el primario que en el secundario, en realidad se producen unas pequeñas pérdidas de potencia en el paso de uno a otro. La potencia (P_1) que absorbe el primario de la red es la **potencia total**, mientras que la potencia (P_2) que cede el secundario a la carga es la **potencia útil**.

El rendimiento de un transformador es la relación entre su potencia útil (P_2) y la potencia total (P_1). Se expresa en tantos por ciento y se representa por la letra η .

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}} \cdot 100$$

La potencia útil, P_2 , es la diferencia entre la potencia total, P_1 , y la potencia perdida, P_p , (pérdidas en el cobre y en el hierro).

$$P_2 = P_1 - P_p$$

Por tanto, el rendimiento se puede expresar como:

$$\eta = \frac{P_1 - P_p}{P_1} \cdot 100$$
$$\left\{ \begin{array}{l} \eta = \text{Rendimiento en \%} \\ P_1 = \text{Potencia total (W)} \\ P_p = \text{Potencia perdida (W)} \end{array} \right.$$

Ejemplo:

Un transformador de 100 kVA con $\cos \varphi = 0,8$ tiene unas pérdidas totales de 1.500 W. Calcular su rendimiento.

Como conocemos el valor de la potencia aparente, que es $S = 100$ kVA, primeramente calculamos el valor de la potencia activa, por ser la que necesitamos para aplicar la fórmula del rendimiento. Ésta es igual a:

$$P_1 = S \cdot \cos \varphi = 100.000 \times 0,8 = 80.000 \text{ W}$$

Aplicando la fórmula del rendimiento, nos dará su valor en %:

$$\eta = \frac{P_1 - P_p}{P_1} \cdot 100 = \frac{80.000 - 1.500}{80.000} \times 100 = 98,12 \%$$

En un transformador el rendimiento es muy elevado (95-99%).

ACTIVIDAD 3

Calcula la potencia de un transformador trifásico conectado a una tensión de entrada de 2 kV, siendo la intensidad que recorre al devanado primario de 40 A. El ángulo de desfase entre tensión e intensidad es $36,8^\circ$. ¿Cuál será el rendimiento del transformador si sufre unas pérdidas de 2,5 kW?

Acoplamiento en paralelo de un transformador

Muchas veces es necesario acoplar dos o más transformadores en paralelo, bien sea porque la potencia que hay que transportar es muy elevada –lo cual requeriría a un transformador de dimensiones considerables– bien por la necesidad de flexibilizar el servicio, ajustando la potencia de los transformadores a la demanda.

Los transformadores pueden acoplarse en paralelo de tres formas: por sus **primarios**, por los **secundarios** o por **ambos** a la vez.

Dado que el acoplamiento de los transformadores por los secundarios forma parte de las centrales eléctricas, veremos, mediante la figura 11, solamente su acoplamiento por ambos lados de la conexión, es decir, por el primario y por el secundario.

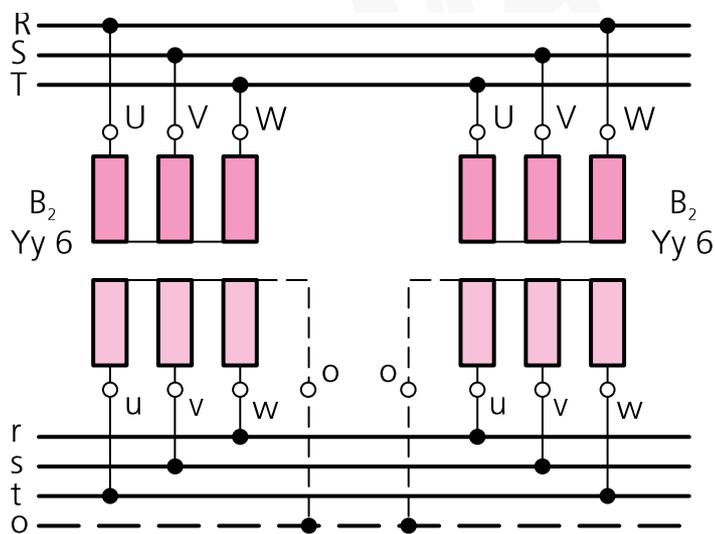


Fig. 11

Conexión en paralelo de dos transformadores del grupo B₂ (Yy6), sin representar interruptores ni cortacircuitos.

Para poder realizar el acoplamiento en paralelo de varios transformadores, deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- La frecuencia "f" de todos ellos será rigurosamente la misma.
- El sentido de rotación de las fases secundarias ha de ser el mismo en todos ellos.
- Todas las tensiones del primario serán iguales entre sí. Lo mismo debe ocurrir con las tensiones obtenidas en el secundario.

- Las “relaciones de transformación” entre las tensiones de línea deberán ser idénticas.
- Todos los transformadores tendrán las mismas tensiones de cortocircuito*.
- La relación entre las potencias de los transformadores a ser acoplados no debe ser mayor de 1:3, es decir, $P_2:P_1 < 3$.

Si consideras que has concluido el estudio de esta unidad, intenta responder a las siguientes cuestiones de autoevaluación.

Cuestiones de autoevaluación

1

¿Cuántos bobinados tiene un transformador trifásico y de qué formas pueden conectarse los primarios o los secundarios de este tipo de transformador? Escribe el símbolo según la norma CEI, de las siguientes conexiones:
estrella-estrella;
estrella-triángulo;
triángulo-triángulo;
triángulo-estrella;
estrella-zigzag.

2

¿Qué dos relaciones de transformación se utilizan en un transformador trifásico? ¿Qué relación tienen entre sí la r_{tC} y la r_{tF} en una conexión estrella-triángulo?

3

Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

V F

- a. En un transformador trifásico sólo se tiene en cuenta la tensión en cada fase.
- b. La conexión de los bobinados de un transformador trifásico debe ser igual en el primario que en el secundario.
- c. Para acoplar varios transformadores en paralelo, las tensiones en el primario serán iguales entre sí, así como las del secundario.
- d. La potencia que mide un varímetro en un transformador es la potencia aparente.

4

Calcula la potencia que absorbe de la red un transformador cuyo rendimiento es de 96,5%, si a la salida sólo es capaz de producir 1.000 W de potencia utilizable. ¿Cuál es la potencia que se pierde durante su funcionamiento?

R

ACTIVIDAD 1

Los símbolos según CEI significan lo siguiente:

Dd0: conexión triángulo-triángulo con desfase entre la tensión de devanado primario y secundario de 0° .

Dd6: conexión triángulo-triángulo con desfase de 180° .

Yd5: conexión estrella-triángulo con desfase de 150° .

Dy11: conexión triángulo-estrella con desfase de 330° .

R

ACTIVIDAD 2

Debemos recordar que en una conexión estrella-estrella, lógicamente los devanados primarios están conectados en estrella. Sabemos que:

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_F \Rightarrow U_{L_1} = \sqrt{3} \cdot U_{F_1} \Rightarrow U_{F_1} = \frac{U_{L_1}}{\sqrt{3}} = \frac{100}{\sqrt{3}}$$

Sabemos también que este tipo de conexión se cumple $r_{tc} = r_{tf}$; por eso:

$$r_{tc} = r_{tf} \Rightarrow r_{tf} = 2$$

Con estos datos podemos calcular la tensión de fase en el secundario U_{F_2} :

$$r_{tf} = \frac{U_{F_1}}{U_{F_2}} \Rightarrow U_{F_2} = \frac{U_{F_1}}{r_{tf}} = \frac{100/\sqrt{3}}{2} = \frac{50}{\sqrt{3}}$$

R

ACTIVIDAD 3

Para obtener la potencia en vatios (W), es necesario pasar la tensión a voltios (V), de forma que: $U = 2 \text{ kV} = 2.000 \text{ V}$.

Puesto que φ es $36,8^\circ$, el valor de su coseno es: $\cos \varphi = 0,8$

La potencia (activa) viene dada por la expresión $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$
Por tanto resulta:

$$P = \sqrt{3} \times 2.000 \times 40 \times 0,8 = 110.854,4 \text{ W}$$

El rendimiento del transformador es:

$$\eta = \frac{P_1 - P_p}{P_1} \cdot 100 = \frac{110.854,4 - 2.500}{110.854,4} \times 100 = 97,75 \%$$

Respuestas a las cuestiones de autoevaluación

1

Un transformador trifásico consta de tres primarios y tres secundarios. Éstos pueden conectarse principalmente en triángulo o en estrella. También se suele emplear la conexión en zigzag para el secundario.

Los símbolos de las conexiones son los siguientes: estrella-estrella (**Y/y**); estrella-triángulo (**Y/d**); triángulo-triángulo (**D/d**); triángulo-estrella (**D/y**); estrella-zigzag (**Y/z**).

2

En un transformador trifásico se tiene en cuenta:

- Relación de transformación de línea $\Rightarrow r_{tc} = U_{L1}/U_{L2}$
- Relación de transformación de fase $\Rightarrow r_{tf} = U_{F1}/U_{F2}$

En una conexión estrella-triángulo sabemos que:

$$r_{tc} = \frac{U_{L1}}{U_{L2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{F1}}{U_{F2}} = \sqrt{3} \cdot \frac{U_{F1}}{U_{F2}}, \text{ y por otra parte, } r_{tf} = \frac{U_{F1}}{U_{F2}}$$

Sustituyendo los valores en negrita de la primera expresión por "r_{tf}", (ya que en la segunda expresión vemos que es equivalente),

tenemos que: $r_{tc} = \sqrt{3} \cdot r_{tf}$

3

- Falsa:** se considera tanto la tensión en cada fase como la tensión en cada línea.
- Falsa:** el primario puede tener una conexión diferente al secundario, por ejemplo, una conexión estrella-triángulo.
- Verdadera.**
- Falsa:** el vatímetro mide la potencia activa.

4

Primero calculamos la potencia total absorbida P_1 , y a continuación la potencia perdida P_p :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 \Rightarrow P_1 = \frac{P_2 \cdot 100}{\eta} = \frac{1.000 \times 100}{96,5} = 1.036,26 \text{ W}$$

$$P_2 = P_1 - P_p \Rightarrow P_p = P_1 - P_2 = 1.036,26 - 1.000 = 36,26 \text{ W}$$

Resumen de Unidad

Transformador trifásico Un transformador trifásico consta de tres arrollamientos primarios y de tres secundarios, que pueden acoplarse en estrella o en triángulo. A veces también en zigzag (sólo el secundario).

Con este tipo de transformadores se utilizan dos tipos de relación de transformación:

- Relación de transformación compuesta o de línea:

$$r_{t_c} = \frac{U_{L_1}}{U_{L_2}} = \frac{\text{Tensión de línea del primario}}{\text{Tensión de línea del secundario}}$$

- Relación de transformación de fase:

$$r_{t_f} = \frac{U_{F_1}}{U_{F_2}} = \frac{\text{Tensión de fase del primario}}{\text{Tensión de fase del secundario}}$$

Conexiones trifásicas Las principales conexiones trifásicas son:

- Conexión estrella-estrella ($r_{t_c} = r_{t_f}$)
- Conexión triángulo-triángulo ($r_{t_c} = r_{t_f}$)
- Conexión estrella-triángulo ($r_{t_c} = \sqrt{3} \cdot r_{t_f}$)
- Conexión triángulo-estrella ($r_{t_c} = r_{t_f} / \sqrt{3}$)
- Conexión estrella-zigzag

Potencia activa La potencia medida con un vatímetro en cualquier máquina eléctrica es la potencia activa. En un transformador trifásico la potencia activa viene dada por la fórmula:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Rendimiento El rendimiento viene dado por la siguiente expresión.

$$\eta = \frac{P_1 - P_p}{P_1} \cdot 100 \quad \left\{ \begin{array}{l} \eta = \text{Rendimiento en \%} \\ P_1 = \text{Potencia total (W)} \\ P_p = \text{Potencia perdida (W)} \end{array} \right.$$

Notas



Vocabulario

Tensión de cortocircuito: cuando unimos los extremos del secundario en cortocircuito (entre sí), la tensión de cortocircuito es aquella a la que se debe alimentar el primario para que circulen las corrientes nominales por ambos devanados.

Tensión de fase: la tensión que se establece en los extremos del conductor de cada una de las tres fases.

Tensión de línea: la tensión que adquiere entre dos fases activas.



FONDO  FORMACION