




Unidad Didáctica
Transformadores

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

La tensión de la energía eléctrica producida en una central es muy elevada tiene escasas posibilidades de utilización. Para el empleo diario de la electricidad, ya sea en la industria, hogares o cualquier otro centro de consumo, es necesario modificar sus características de tensión e intensidad. Esta labor la realizan los transformadores.

El principal objetivo de los transformadores es el de facilitar el transporte de la energía eléctrica hacia los puntos de consumo, aumentando la tensión a la salida de las centrales y disminuyendo la intensidad. De esta forma, se reducen las pérdidas en los conductores de transporte, y se posibilita la construcción de una sección más reducida.

Éstas son, entre otras, las utilidades de las máquinas llamadas transformadores.

En esta unidad se tratarán los siguientes apartados:

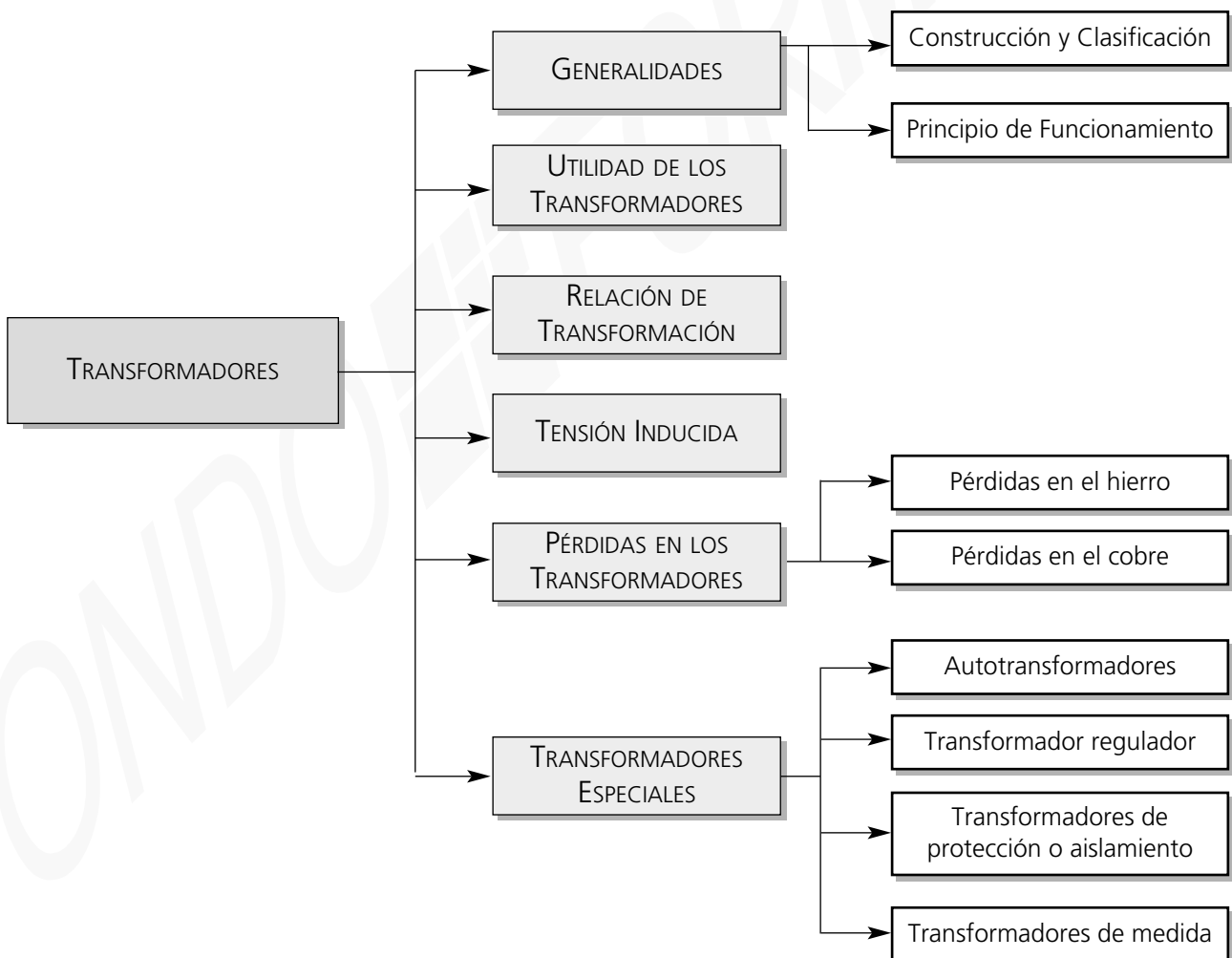
- Generalidades.
- Utilidades de los transformadores.
- Relación de transformación.
- Tensión inducida.
- Pérdidas en los transformadores.
- Transformadores especiales.

Tus objetivos

Al finalizar la unidad serás capaz de:

- Explicar el principio de funcionamiento de un transformador.
- Enumerar las diferentes utilidades de los transformadores.
- Definir el concepto de relación de transformación.
- Calcular los parámetros básicos de un transformador: relación de transformación, número de espiras, tensión inducida, intensidad, flujo, etc.
- Distinguir los dos tipos de pérdidas de energía en un transformador.

Consejos de estudio



Generalidades

Los transformadores son máquinas eléctricas estáticas destinadas a transferir energía eléctrica de un circuito a otro, modificando la tensión e intensidad para adaptarlas a unas necesidades determinadas.

Esta transferencia de energía se realiza mediante la acción de un flujo de inducción común a ambos circuitos. La energía suministrada por el generador pasa a través del transformador por inducción y se consume en la carga (motor, resistencia, etc.).

Recordarás que para que existan fenómenos de inducción es necesario un **flujo variable** creado por una corriente alterna o bien por una corriente continua, como en el caso de una máquina giratoria. Como ya hemos apuntado, el transformador es una máquina estática, por lo que el flujo variable necesario tendrá que obtenerse a partir de una corriente alterna. Luego, solamente existirán transformadores de **corriente alterna**.

Los símbolos normalizados de un transformador se muestran en la figura 1.

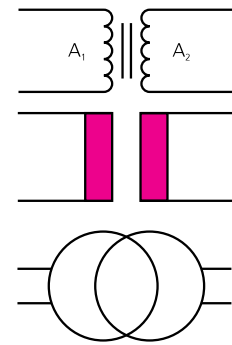


Fig. 1
Representaciones normalizadas de un transformador.

Construcción y clasificación

Un transformador consta esencialmente de **un núcleo** magnético de circuito cerrado, sobre el que se arrollan **dos bobinas**, aisladas una de otra (fig. 2).

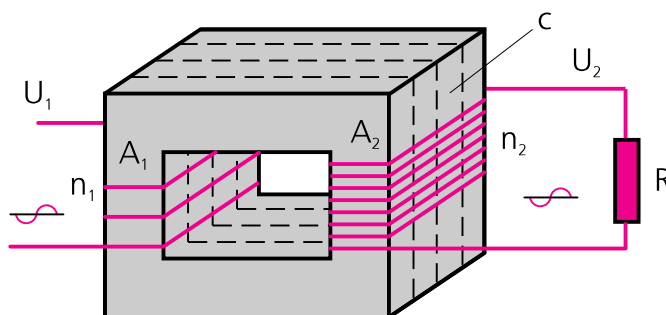


Fig. 2: Constitución del transformador.

- A_1 = Arrollamiento primario.
- A_2 = Arrollamiento secundario.
- n_1 = Número de espiras del primario.
- n_2 = Número de espiras del secundario.
- U_1 = Tensión de alimentación.
- U_2 = Tensión inducida.
- c = Núcleo.
- R = Resistencia de carga.

Estas dos bobinas se identifican como **primario (A_1)** y **secundario (A_2)**. El primario es aquél que absorbe potencia de la red de alimentación, y el secundario, el que cede la energía a la red de utilización o al usuario.

El núcleo no es macizo, sino que se compone de chapas de hierro, con un alto porcentaje de silicio (2-4%), apiladas unas sobre otras. Estas chapas tienen un espesor de 0,25 a 0,5 mm, y están aisladas por una de las caras. El apilamiento de chapas reduce las pérdidas en el hierro por corrientes parásitas* y la aleación de silicio mejora las características magnéticas del hierro, aumentando su permeabilidad* y reduciendo el magnetismo remanente*.

Según la forma de su núcleo, se clasifican en transformadores de **columnas** (fig. 3) y transformadores **acorazados** (fig. 4).

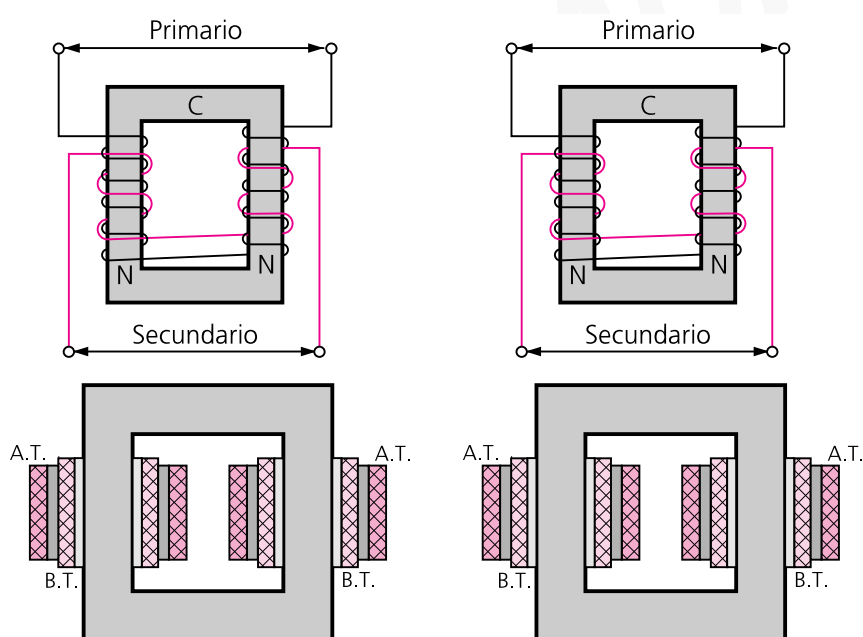


Fig. 3: Transformador de columnas.

Fig. 4: Transformador acorazado.

Las bobinas pueden ser de sección circular, plana o discoidal. Estas últimas tienen la ventaja de que reducen las caídas de tensión en las bobinas, facilitan la refrigeración y se recambian fácilmente.

La bobina con mayor número de espiras se conecta a la tensión más alta, por lo que recibe el nombre de **arrollamiento de alta tensión**. La de menor número de espiras se conecta a baja tensión, por tanto, se denomina **de baja tensión**. Normalmente están colocadas en la misma columna, aunque excepcionalmente pueden estarlo en columnas distintas.

Un conductor, al ser atravesado por la corriente eléctrica, desprende calor (ley de Joule). La acumulación de este calor en las inmediaciones del circuito acarrea diversos problemas, por lo que será necesario eliminarlo.

En los transformadores de poca potencia, en contacto con el aire, el calor que desprenden se elimina por convección (el aire caliente se eleva y se aleja de los conductores).

Para potencias mayores, a fin de mejorar el aislamiento y la refrigeración, se sumergen en aceite, colocando las partes activas del transformador en el interior de una cuba provista de unas aletas de refrigeración. Como el aceite al calentarse aumenta de volumen, se dispone un depósito de expansión. Para grandes potencias el aceite se hace circular mediante bombas a través de serpentines refrigerados por agua.

Principio de funcionamiento

Al conectar el devanado primario a una red de corriente alterna, circulará por él una corriente que creará un campo magnético en el núcleo. Puesto que la corriente alterna es variable (de acuerdo con la frecuencia de la corriente), el flujo magnético producido también será variable.

Este campo magnético se transmitirá a través del núcleo hasta el devanado secundario, e inducirá en él una fuerza electromotriz. Esta fuerza electromotriz es la que da lugar a la tensión de salida del transformador.

Al conectar una carga en el secundario, la corriente que circula a través de él (corriente inducida) originará una fuerza electromotriz en este devanado que se opondrá a la f.e.m. del primario. Como consecuencia, se producirá una disminución de su reactancia y un aumento, por tanto, de su corriente.

Cuando aumenta la carga en el secundario de un transformador, aumenta, asimismo, la corriente que circula por el primario.

Utilidad de los transformadores

La energía eléctrica generada en las centrales tiene unos determinados valores de tensión e intensidad. La mayor importancia de los transformadores radica en el hecho de que son capaces de modificar los valores de **tensión** e **intensidad** de la potencia eléctrica transmitida, y adaptarlos a las condiciones que se precisen.

Dependiendo de esta transformación, se clasifican en:

- **Elevadores:** elevan la tensión y reducen la intensidad.
- **Reductores:** reducen la tensión y elevan la intensidad.

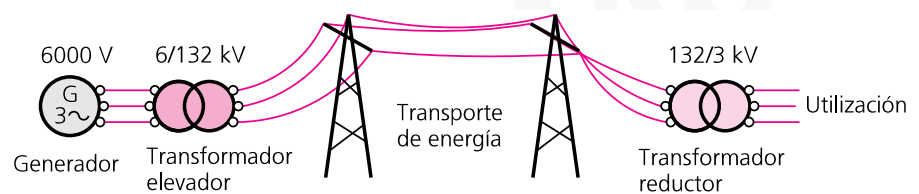


Fig. 5: Aplicación de transformadores.

Estos transformadores tienen utilidades diferentes, que veremos a continuación:

- **Transporte de energía a grandes distancias, con altas tensiones y bajas intensidades.**

En una central eléctrica se genera una energía eléctrica con unos determinados valores de tensión e intensidad. A continuación, es necesario transportar la energía hasta los puntos de consumo. Para efectuar este transporte, lo ideal es que la intensidad que recorra la línea sea lo más baja posible, para así reducir las pérdidas (recuerda que la pérdida de potencia aumenta con la intensidad: $P_p = R \cdot I^2$).

Mediante un transformador elevador podemos elevar la tensión y reducir la intensidad sin variar la potencia.

- En los **lugares de consumo inmediato** con **bajas tensiones y corrientes relativamente considerables.**

Una vez que la energía llega a los puntos de consumo, se reduce su tensión y se eleva su intensidad, ahora mediante un transformador reductor.

- Otra aplicación importante de estos aparatos es la de **separar eléctricamente el circuito de alimentación del de utilización de la energía**. Por ejemplo, en la medición de tensiones e intensidades en líneas de alta tensión, se reducen estos parámetros y se aumenta la seguridad del operario.

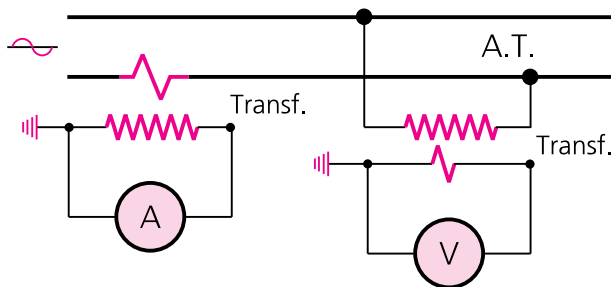


Fig. 6: Línea de alta tensión.

ACTIVIDAD 1

Completa el texto con las palabras siguientes:

devanados, espiras, estática, alterna, secundario, magnético, tensión, núcleo, eléctrica, primario.

Un transformador es una máquina que transfiere energía de un circuito a otro, cuyos valores de e intensidad sean diferentes entre ellos. Solamente se pueden construir transformadores de corriente

Están formados principalmente por dos bobinas o y un, que es donde van enrollados los devanados.

Al conectar una corriente al devanado, se crea sobre el núcleo un campo El campo creado induce, a su vez, una fuerza electromotriz en el devanado, dando lugar a una nueva corriente con tensión e intensidad diferentes a la inicial. La tensión e intensidad de esta corriente creada es proporcional al número de que tenga cada bobina.

Relación de transformación

Entre la tensión (U_1) del primario y la tensión (U_2) del secundario existe una determinada relación que depende del número de espiras (N) de ambos devanados.

Se denomina relación de transformación al cociente:

$$r_t = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

Las tensiones de los devanados primario y secundario de un transformador son directamente proporcionales al número de espiras.

Lógicamente, si el número de espiras del primario y secundario son iguales, las tensiones en ambos devanados también serán iguales y la relación de transformación, r_t , será:

$$r_t = \frac{N_1}{N_2} = 1, \text{ por ser } N_1 = N_2$$

Hemos dicho que un transformador "transfiere" potencia desde el circuito primario al secundario, lo cual quiere decir que las potencias de ambos circuitos son las mismas:

$$P_1 = P_2 \quad \Rightarrow \quad U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

O lo que es lo mismo:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}, \text{ y puesto que } r_t = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \text{ entonces,}$$

$$r_t = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Las intensidades que recorren los circuitos primario y secundario de un transformador son inversamente proporcionales al número de espiras.

Resumiendo, diremos que la relación de transformación es:

$$r_t = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

- r_t = Relación de transformación.
- U_1 = Tensión en el primario.
- U_2 = Tensión en el secundario.
- N_1 = Número de espiras en el primario.
- N_2 = Número de espiras en el secundario.
- I_1 = Intensidad en el primario.
- I_2 = Intensidad en el secundario.

Ejemplo:

El primario de un transformador tiene 440 espiras y está conectado a 220 V. ¿Cuántas espiras debe tener el secundario para obtener 10 V?

Para resolverlo utilizamos la relación de transformación:

$$r_t = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_1}{U_2}$$

Despejando N_2 , que es el número de espiras en el secundario:

$$r_t = \frac{U_2 \cdot N_1}{U_1} = \frac{10 \times 440}{220} = 20 \text{ espiras.}$$

ACTIVIDAD 2

Aplicando la fórmula de la relación de transformación, completa la tabla siguiente relativa a transformadores con diferentes números de espiras en los devanados. Considera que el devanado primario se conecta en todos a una tensión de 120 V.

N_1	N_2	r_t	U_1 (V)	U_2 (V)	I_1 (A)	I_2 (A)
800		1	120			20
500	800		120		10	
900	200		120			50
	300	2	120			40

Tensión inducida

La tensión inducida en las bobinas de un transformador depende de:

- El número de espiras "N".
- La frecuencia "f".
- El flujo " ϕ ".

El cálculo de esta tensión inducida se efectúa mediante la fórmula:

$$U = \frac{4,44 \cdot \phi_{\max} \cdot f \cdot N}{10^8}$$

U = Tensión inducida en la bobina (V).

f = Frecuencia (Hz).

N = Número de espiras de bobina.

ϕ_{\max} = Flujo magnético (Mx).

Si queremos determinar el número de espiras, lo haremos despejando **N** de la fórmula anterior:

$$N = \frac{U \cdot 10^8}{4,44 \cdot \phi_{\max} \cdot f}$$

Ejemplo:

Calcular el número de espiras del primario y del secundario de un transformador de 380/220 V, para el que se dispone de un núcleo de 40 mm x 22 mm de sección. La inducción que se desea es 12.000 gauss, el rendimiento es 1 y la frecuencia es de 50 Hz.

Recuerda que el flujo ϕ es igual al producto de la inducción por la sección del núcleo, es decir:

$$\phi = B \cdot A \begin{cases} \phi = \text{Flujo en maxwells} & (\text{Mx}). \\ B = \text{Inducción en gauss} & (\text{G}). \\ A = \text{Sección del núcleo} & (\text{cm}^2). \end{cases}$$

En primer lugar vamos a pasar la sección a centímetros cuadrados

$$A = 40 \text{ mm} \times 22 \text{ mm} = 4 \text{ cm} \times 2,2 \text{ cm} = 8,8 \text{ cm}^2$$

Ejemplo (continuación):

Por tanto, el flujo será:

$$\phi = 12.000 \times 8,8 = 105.600 \text{ Mx}$$

El número de espiras del primario será:

$$N_1 = \frac{U_1 \cdot 10^8}{4,44 \cdot \phi_{\max} \cdot f} = \frac{380 \times 10^8}{4,44 \times 105.600 \times 50} = 1.621 \text{ espiras}$$

Mediante la relación de transformación calculamos el número de espiras del secundario:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

De donde despejando N_2 y nos quedará:

$$N_2 = \frac{U_2 \cdot N_1}{U_1} = \frac{220 \times 1.621}{380} = 938 \text{ espiras}$$

ACTIVIDAD 3

Calcula el valor de la tensión inducida en el devanado secundario de un transformador, si la relación de transformación es 2 y el devanado primario tiene 300 espiras. El flujo magnético en el núcleo es de 100.000 Mx. Recuerda que la frecuencia utilizada en Europa es de 50 Hz.

Pérdidas en los transformadores

En un transformador se presentan una serie de pérdidas de energía que se reducen notablemente con respecto a otras máquinas, ya que, al no tener movimiento, no sufren de pérdidas por rozamiento.

Se consideran dos tipos de pérdidas en los transformadores: **en el hierro**, es decir, en el circuito magnético, y **en el cobre**, o sea, en el circuito eléctrico.

Pérdidas en el hierro

Se producen a causa de los fenómenos magnéticos y de la aparición de corrientes inducidas en el hierro por el flujo (corrientes parásitas o de Foucault), que se desarrollan en el núcleo del transformador.

Estas pérdidas son independientes de la carga y se determinan mediante ensayos en vacío. Por esta razón, reciben el nombre de "pérdidas en vacío". El ensayo consiste en alimentar el primario del transformador a alta tensión, y el secundario, a su tensión nominal. La potencia absorbida será igual a las pérdidas en el hierro.

Pérdidas en el cobre

Son las que se producen en las bobinas (devanados) debido al calentamiento de los conductores (efecto Joule). Constituyen la potencia perdida por la circulación de corriente en los devanados primario y secundario.

Se miden mediante el ensayo en cortocircuito. Este ensayo consiste en unir con un conductor los bornes del secundario, mientras que el primario se alimenta con una tensión tal que haga circular por los devanados las intensidades de trabajo o nominales. La potencia absorbida en estas condiciones se corresponde con las pérdidas en el cobre.

Estas pérdidas varían con la carga. En vacío son casi nulas. A medida que ésta aumenta, la intensidad que absorben los devanados es mayor, con lo cual las pérdidas también aumentan (puesto que $P_p = R \cdot I^2$, al aumentar el valor de la intensidad, la potencia perdida aumentará considerablemente).

Transformadores especiales

Además de los transformadores estudiados hasta el momento, existen multitud de otros aparatos con fines específicos. A continuación estudiaremos los más utilizados.

1. Autotransformadores

Es un transformador de potencia que permite adaptar las tensiones a cargas de distintos valores.

Un autotransformador consta de un solo circuito eléctrico, del cual parten cuatro salidas: dos para el primario y dos para el secundario. Ambas secciones tienen un borne* de conexión común.

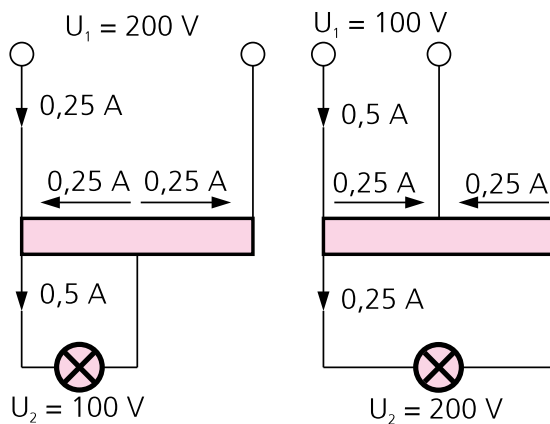


Fig. 7: Autotransformador.

Cuando funciona como elevador, el primario forma parte del secundario y, cuando lo hace como reductor, todo el secundario forma parte del primario.

Hay que tener en cuenta que una parte del devanado es común al primario y al secundario, y que al cambiar la toma cambia la relación de transformación.

Esto supone la creación de un transformador más económico que uno normal de las mismas características eléctricas debido al ahorro que supone de hierro y cobre. Esta economía se aprecia principalmente en los transformadores de potencias elevadas.

Al ser menor la cantidad de cobre se reduce, además, la longitud de los núcleos, y por lo tanto, las pérdidas de hierro. Además, se reduce el desfase entre la tensión y la intensidad, lo cual aumenta el rendimiento y mejora el factor de potencia.

Pero, frente a estas ventajas (economía de cobre, de hierro, de tamaño, mejora del "cos φ" y rendimiento) los autotransformadores presentan los siguientes inconvenientes:

- Los circuitos primario y secundario no están aislados eléctricamente, lo cual puede ocasionar accidentes. Este factor limita bastante su aplicación.
- Cuando la r_t se aproxima a 1, al ser las caídas de tensiones muy bajas, las corrientes de cortocircuito serían tan elevadas que resultarían prácticamente imposibles de cortar.

La relación que existe entre la potencia de un transformador normal (potencia de paso) y la de un autotransformador, sería:

$$P_{\text{aut}} = P_{\text{paso}} \cdot \frac{U_a - U_b}{U_a}$$

P_{paso} = Potencia de un transformador normal (potencia de paso) (W).

P_{aut} = Potencia de un autotransformador (W).

U_a = Tensión en alta (V).

U_b = Tensión en baja (V).

Las principales **aplicaciones** del autotransformador son:

- Casos donde no se precise aislar el circuito de baja tensión del de alta.
- Como reguladores de arranque para motores de corriente alterna, con ejecución de dos o más derivaciones, para conseguir someter al motor a tensiones crecientes progresivamente.
- En las redes de tracción por corriente monofásica.
- Como distribuidores de carga entre varios transformadores con impedancias inadecuadas o con tensiones ligeramente diferentes (por ejemplo, para interconexiones de alta de 66.000 y 60.000 V).

2. Transformador regulador

Son los transformadores que permiten variar el número de espiras del secundario; cambian, de este modo, el valor de su tensión. Se utilizan para el arranque de motores y para variar la intensidad de iluminación, como por ejemplo, en salas de espectáculos.

Existen varios métodos de regulación. En uno de ellos, la regulación se realiza mediante un sistema de múltiples contactos sobre las derivaciones del transformador. En otro, esta regulación se realiza mediante una escobilla que se desliza directamente sobre las espiras.

Otro tipo de transformador regulador es el que funciona mediante principios magnéticos, sin variar el número de espiras activas, es decir, mediante bobinas móviles y circuitos magnéticos derivados (transformadores de soldadura).

3. Transformadores de protección o aislamiento

Como su nombre indica, estos transformadores se utilizan para la protección de personas y/o equipos, contra tensiones peligrosas o perturbadoras de la red de alimentación.

En estos transformadores, el primario siempre está eléctricamente separado del secundario y la tensión en éste suele ser igual o inferior a la de alimentación.

4. Transformadores de medida

A veces es necesario efectuar medidas de tensiones o intensidades muy elevadas, lo cual resulta peligroso para el operario. Para llevar a cabo estas mediciones, se reducen los valores mediante este tipo de transformadores. De esta manera, se aísla al personal y los equipos.

Se conectan en las barras de alta tensión, efectuándose la medición con valores reducidos, pero siempre proporcionales a los reales. Existen principalmente dos tipos:

- Transformadores de **tensión**: se utilizan para la medida de tensiones elevadas. La tensión secundaria generalmente es de 100 V.

Este transformador se conecta en paralelo con la red.

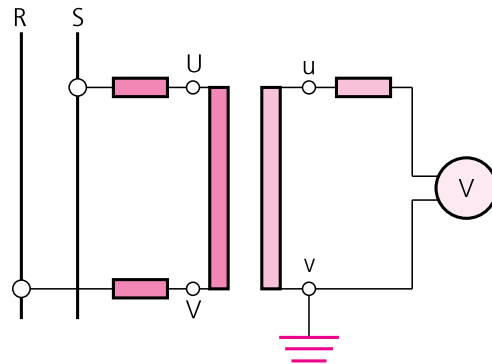


Fig. 8: Transformador de tensión (para mediciones).

El voltímetro consta de una escala que mide directamente la tensión que nos interesa.

- Transformadores de **intensidad**: se usan en todos los casos en alta tensión (transformadores de aislamiento) y en baja tensión, para intensidades muy grandes. La intensidad máxima del secundario generalmente es de 5 A. Este transformador se conecta en serie con la red.

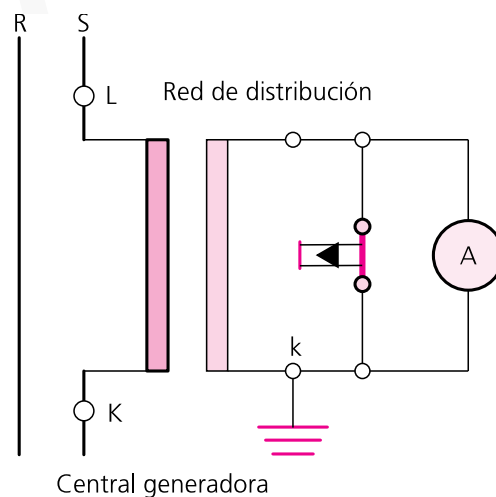


Fig. 9: Transformador de intensidad (para mediciones).

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

Cuestiones de autoevaluación

1

Cita algunas de las utilidades de un transformador.

2

Utilizando el concepto de "relación de transformación" calcula el número de espiras que tiene el devanado primario de un transformador cuyo devanado secundario tiene 30 espiras, si la tensión de entrada es de 220 V y la de salida es de 110 V.

3

¿Qué tipos de pérdidas se producen en un transformador?

4

Un transformador cuya relación de transformación es 3, está conectado a una tensión de entrada de 220 V. Si el número de espiras del devanado secundario es 2.000, calcula el flujo que circula por la sección del núcleo, tomando como valor de la frecuencia $f = 50$ Hz.

R

ACTIVIDAD 1

Un transformador es una máquina **estática** que transfiere energía **eléctrica** de un circuito a otro, cuyos valores de **tensión** e intensidad sean diferentes entre ellos. Solamente se pueden construir transformadores de corriente **alterna**.

Están formados principalmente por dos bobinas o **devanados** y un **núcleo**, que es donde van enrollados los devanados.

Al conectar una corriente al devanado **primario**, se crea sobre el núcleo un campo **magnético**. El campo creado induce, a su vez, una fuerza electromotriz en el devanado **secundario**, dando lugar a una nueva corriente con tensión e intensidad diferentes a la inicial. La tensión e intensidad de esta corriente creada es proporcional al número de **espiras** que tenga cada bobina.

R

ACTIVIDAD 2

N_1	N_2	r_t	U_1	U_2	I_1	I_2
800	800	1	120	120	20	20
500	800	0,625	120	192	10	6,25
900	200	4,5	120	26,67	11,1	50
600	300	2	120	60	20	40

R

ACTIVIDAD 3

Lo primero que hacemos es calcular el número de espiras del secundario:

$$r_t = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow N_2 = \frac{N_1}{r_t} = \frac{300}{2} = 150 \text{ espiras}$$

Aplicando la fórmula de la tensión inducida, tendremos:

$$U_2 = \frac{4,44 \cdot \phi_{\max} \cdot f \cdot N_2}{10^8} = \frac{4,44 \times 100.000 \times 50 \times 150}{100.000.000} = 33,33 \text{ V}$$

Respuestas a las cuestiones de autoevaluación

1

Los transformadores se utilizan, en general, para modificar los valores de tensión e intensidad de un circuito, es decir, transformar una tensión elevada con una intensidad pequeña en una intensidad alta con una tensión baja, o viceversa. Se emplean en:

- Transporte de energía en grandes distancias, con altas tensiones y bajas intensidades.
- Reducción de la tensión y aumento de intensidad, para utilizarla en los lugares de consumo habituales.
- Separar eléctricamente el circuito de alimentación del circuito de utilización, lo que aumenta la seguridad de los operarios.

2

El número de espiras del primero lo calculamos por la relación:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow N_1 = \frac{N_2 \cdot U_1}{U_2} = \frac{300 \times 220}{110} = 60 \text{ espiras}$$

3

Los transformadores sufren dos tipos de pérdidas de energía:

- Pérdidas en el **hierro**: son las desarrolladas en el núcleo del transformador y se producen a causa de los fenómenos magnéticos y las corrientes inducidas.
- Pérdidas en el **cobre**: son las producidas en las bobinas y debido al efecto Joule (pérdidas de calor ocasionadas por la circulación de corriente en el interior de las bobinas).

4

Calculando el número de espiras del devanado primario, podremos aplicar la fórmula de la tensión inducida en él:

$$r_t = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow r_t \cdot N_2 = 3 \times 2.000 = 6.000 \text{ espiras}$$

Despejando el flujo ϕ de la fórmula del primario, tendremos:

$$U_1 = \frac{4,44 \cdot \phi_{\max} \cdot f \cdot N_1}{10^8} \Rightarrow \phi_{\max} = \frac{U_1 \cdot 10^8}{4,44 \cdot f \cdot N_1}$$

$$\phi_{\max} = \frac{220 \times 10^8}{4,44 \times 50 \times 6.000} = 16.516,5 \text{ Mx}$$

Resumen de Unidad

Transformador Es una máquina eléctrica estática capaz de aumentar la tensión y disminuir la intensidad (o viceversa) de una corriente alterna, sin pérdida considerable de potencia.

Un transformador ordinario consta de un **núcleo** magnético (chapas de hierro con alto porcentaje de silicio) sobre el que se enrollan dos conductores (bobinas) denominados: **primario** (constituye el circuito inductor, por donde pasa la corriente a transformar) y **secundario** (constituye el circuito inducido, donde se induce la corriente a las características deseadas).

Utilidad Se utiliza principalmente en la transmisión de energía eléctrica a gran distancia. El transformador eleva la tensión a la salida de la central, con lo que disminuye la intensidad (se reducen las pérdidas por calor en la línea). En el centro de consumo, se dispone otro transformador, que reduce dicha tensión.

Relación de transformación Es la relación entre el circuito primario y el secundario, en la cual se manifiesta que:

$$r_t = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

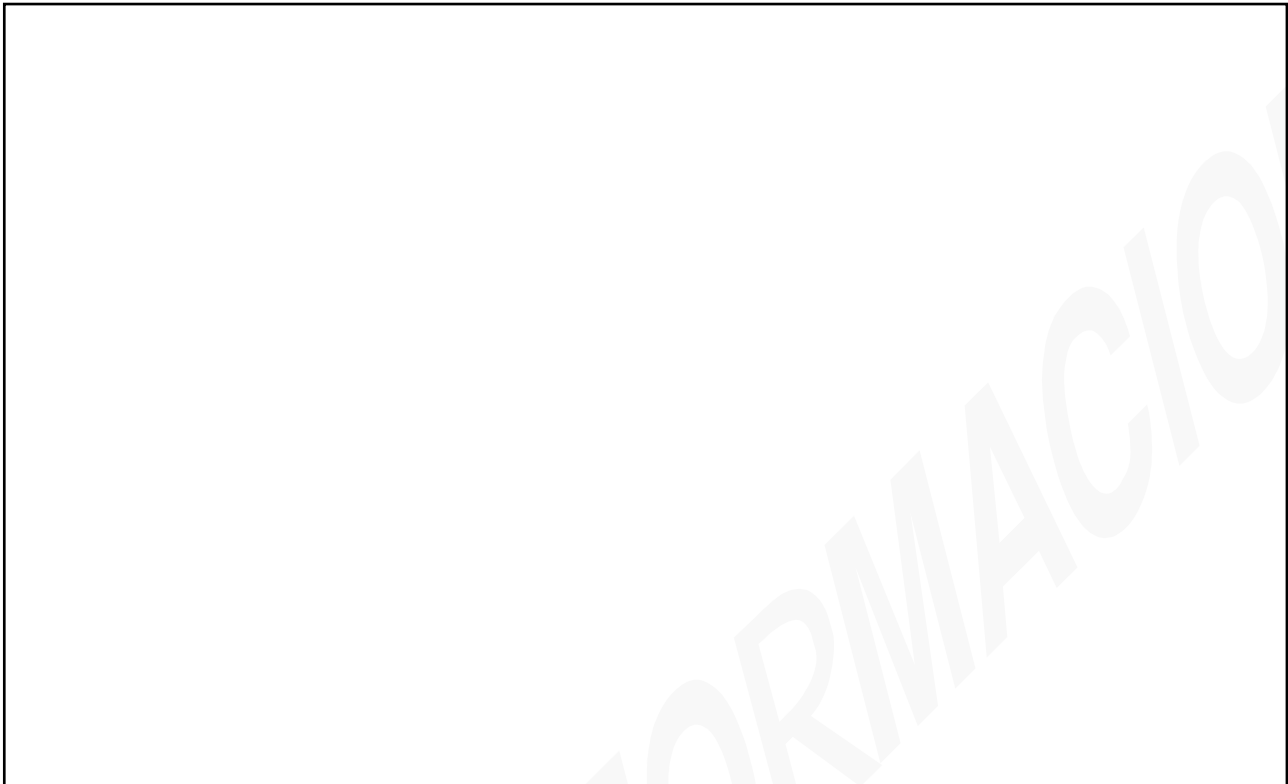
Tensión inducida La tensión inducida en las bobinas de un transformador viene dada por la fórmula siguiente:

$$U = \frac{4,44 \cdot \phi_{\max} \cdot f \cdot N}{10^8}$$

Pérdidas de energía En un transformador se producen dos tipos de pérdidas:

- Pérdidas en el **hierro**: son las producidas en el núcleo del transformador y se producen a causa de los fenómenos magnéticos y las corrientes inducidas.
- Pérdidas en el **cobre**: son las producidas en las bobinas y debido al efecto Joule (pérdidas de calor ocasionadas por la circulación de corriente en el interior de las bobinas).

Notas



Vocabulario

Borne: cada uno de los extremos en que termina una máquina eléctrica, a los cuales se unen los hilos conductores de cada fase.

Corrientes parásitas: corrientes que se producen por inducción en un circuito magnético.

Magnetismo remanente: restos de magnetismo que permanece en un electroimán una vez desaparece la causa que provoca el campo magnético.

Permeabilidad (magnética): propiedad que tienen algunos materiales de permitir el paso de un flujo magnético a través de él.



FONDO  FORMACION