

Transformadores

Serie Básica 101



Transformadores

Temario

En este módulo, estudiaremos con detalles cada uno de estos temas:

Introducción	5
¿Qué es un Transformador?	5
Conexiones de Entrada	6
Conexiones de Salida	6
Devanados	6
Núcleo	6
¿Cómo funciona un Transformador?	7
Voltaje Inducido	7
Corrientes Parásitas	8
Relación de vueltas	9
Transformador Elevador vs. Transformador Reductor	10
¿Se obtiene algo de nada?	11
Derivaciones de Voltaje	11
Repaso 1	13
Configuraciones de Transformador	14
Configuración para Corriente Monofásica	14
Configuración para Corriente Trifásica	15
Configuración Delta y Configuración Y	15
Configuración de un Transformador Trifásico	17
Tipos de Transformadores	19
Transformador de Potencia	19
Transformador de Distribución	20
Autotransformador	21
Transformador Aislador	22
Transformador para Instrumentos de Medición	22
Transformador de Corriente	23
Transformadores de Potencial	23
Repaso 2	25
Principios de Operación y Terminología	26
Coeficiente de Acoplamiento	26
Capacidad Nominal de un Transformador	26
Frecuencia	27
Nivel de Impulso Básico	27
Sonido	27
Altura	27
Pérdidas y Eficiencia de Transformador	27
Pérdida iónica.	28
Disipación de Calor (Enfriamiento)	28
Métodos de Disipación de Calor	29
Transformadores en baño de líquido	29
Transformadores Ventilados de Tipo Seco	30
Transformadores Especiales de Tipo Seco	30
Soporte al Cliente	32

Transformadores

Repaso 3	33
Glosario	34
Repaso 1 Respuestas	38
Repaso 1 Respuestas	38
Repaso 3 Respuestas	38

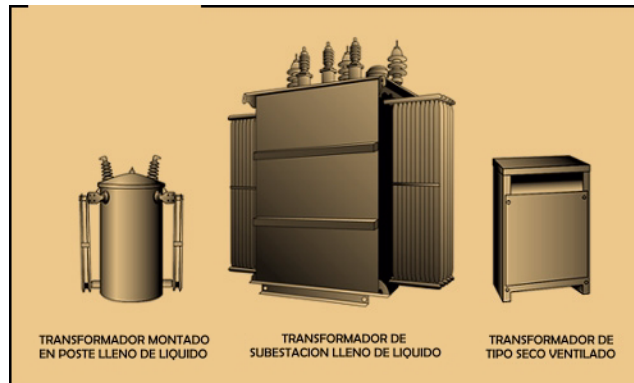
Transformadores

Bienvenido

Bienvenido al Módulo 4, que trata de Transformadores.

En este módulo usted comenzará a observar que los temas comentados en módulos anteriores forman la base crítica para nuevos temas. Los temas de los Módulos 2 y 3 - tales como electromagnetismo, potencia, sistemas eléctricos y distribución eléctrica - contribuyen todos a una comprensión más sólida de los transformadores.

Figura 1. Transformadoras Industriales



Como los demás módulos en esta serie, este módulo presenta pequeñas secciones de material nuevo seguidas por una serie de preguntas sobre el material. Estudie el material cuidadosamente y conteste después las preguntas sin ver lo que acaba de leer. Usted es el mejor juez de su asimilación del material. Repase el material tan frecuentemente como lo considere necesario. Lo más importante es establecer una base sólida sobre la cual construir conforme pasa de tema en tema y de módulo en módulo.

Los Puntos Esenciales se presentan en negritas.

Los elementos del Glosario se presentan en cursivas y subrayados la primera vez que aparecen.

Glosario

Las versiones impresas tienen el glosario al final del módulo. Usted puede también hojear el glosario seleccionándolo en el margen izquierdo.

Transformadores

Introducción

Los transformadores están en todas partes en su alrededor. Se encuentran en una amplia gama de formas, tamaños y propósitos de aplicación. Para tener una idea general del lugar en donde se utilizan los transformadores, véase un sistema sencillo de empresa de suministro de energía eléctrica.

Figura 2. Sistema Sencillo de Distribución



Una vez generada la electricidad, la tensión es incrementada por transformadores. Es después transportada a subestaciones en donde transformadores reducen la tensión hasta niveles utilizables para plantas industriales, centros comerciales y domicilios. Estas grandes cantidades de electricidad son desplazadas a altas tensiones por numerosas razones, como por ejemplo una pérdida menor de energía y una mayor Eficiencia global. A fin de cuentas cuesta menos.

¿Qué es un Transformador?

Un transformador es un **dispositivo que transfiere energía eléctrica de un circuito eléctrico a otro, sin cambiar la frecuencia, a través de los principios de la inducción electromagnética**. La transferencia de energía se efectúa habitualmente con el cambio de tensión. Se trata de un incremento (aumento) o reducción (baja) de tensión CA.

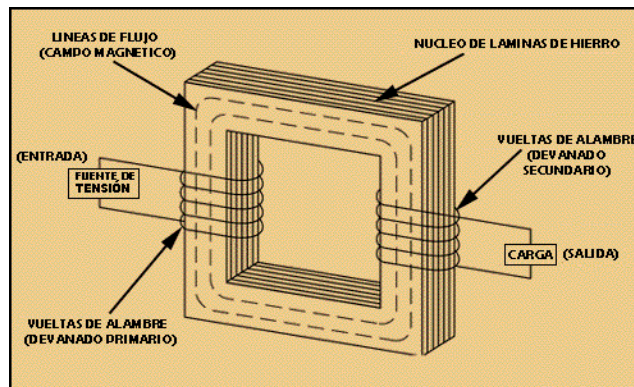
Un transformador **no genera energía eléctrica**. **Transfiere energía eléctrica** de un circuito CA a otro a través de un Acoplamiento Magnético. Este método es cuando un circuito está unido a otro circuito por un campo magnético común. El acoplamiento magnético es utilizado para transferir energía eléctrica de una bobina a otra. El Núcleo del transformador es utilizado para proporcionar una vía controlada para el Flujo Magnético generado en el transformador y por la corriente que fluye a través de los Devanados (se conocen también como Bobinas).

Con el objeto de entender la ventaja y uso de un transformador, veamos primero el transformador básico. Existen cuatro partes esenciales:

- Conexiones de Entrada
- Conexiones de Salida
- Devanados o bobinas
- Núcleo

Transformadores

Figura 3. Partes de un Transformador

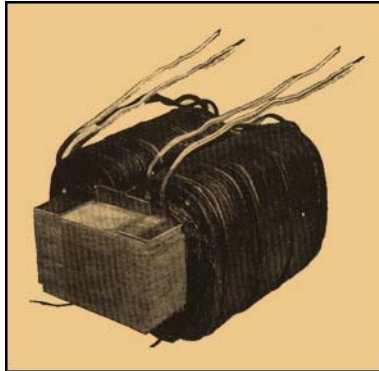


Conexiones de Entrada	El lado de entrada se conoce como <u>Primario</u> del transformador puesto que es el lugar en donde está conectada la energía eléctrica principal a transformar.
Conexiones de Salida	El lado de salida se conoce como <u>Secundario</u> del transformador. Es el lugar donde la energía eléctrica es enviada a la carga. Según el requerimiento de la carga, la energía eléctrica entrante es incrementada o reducida.
Devanados	El transformador tiene dos devanados, que se conocen como <u>Devanado Primario</u> y <u>Devanado Secundario</u>, enrollados alrededor de un núcleo de hierro. El devanado primario es la bobina que recibe energía de la fuente. El devanado secundario es la bobina que suministra la energía a una tensión transformada o cambiada a la carga. Los devanados primario y secundario de prácticamente todos los transformadores están subdivididos en varias bobinas. Es para reducir la creación de flujo que no conecta los devanados primario y secundario. La acción de transformación puede existir solamente cuando un flujo (flujo mutuo) conecta los devanados primario y secundario. El flujo que no lo hace, de hecho, es un flujo de fuga. Los devanados son también subdivididos para reducir la tensión por bobina. Esto es importante en transformadores de alta tensión, en donde los espesores de aislamiento conforman una parte considerable de la construcción. En la práctica, es habitual subdividir un devanado de tal manera que la tensión en cada bobina no rebase aproximadamente 5,000 volts.
Núcleo	El núcleo del transformador se utiliza para proporcionar una vía controlada para el flujo magnético generado en el transformador. El núcleo no es una barra sólida de acero, sino que consiste de muchas capas (laminaciones) de láminas de acero delgadas. El núcleo es formado en láminas para ayudar a reducir el calor que crea pérdidas de potencia. Puesto que los dos circuitos no están conectados eléctricamente, el núcleo desempeña la función muy importante de transferir energía eléctrica al devanado secundario a través de la inducción magnética. El núcleo tiene habitualmente la forma de un cuadrado o de un anillo. Existen dos tipos generales de núcleos: <u>Tipo de Núcleo</u>, y de <u>Tipo de Anillo</u>. Se distinguen entre ellos por la forma en la cual las bobinas primaria y secundaria están colocadas alrededor del núcleo de láminas de acero. Tipo de Núcleo: En este tipo, los devanados rodean el núcleo de láminas de acero. La figura 4 es una ilustración de un transformador de tipo núcleo ensamblado.

Transformadores

Los devanados primario y secundario están envueltos alrededor del lado del núcleo, con la bobina de baja tensión que lleva a la parte superior y la bobina de alta tensión que lleva a la parte inferior. En la práctica, el devanado primario está dividido en numerosas bobinas separadas, la mitad de ellas colocadas alrededor de un lado y la otra mitad alrededor del otro lado. La misma configuración se utiliza para el devanado secundario. En algunas construcciones, las bobinas primaria y secundaria para cada lado están ensambladas juntas para formar una sola unidad, después de lo cual el ensamble es sumergido en un barniz aislante y horneado. Este tipo se utiliza habitualmente en el caso de los transformadores de distribución.

Figura 4. Transformador de Tipo Núcleo

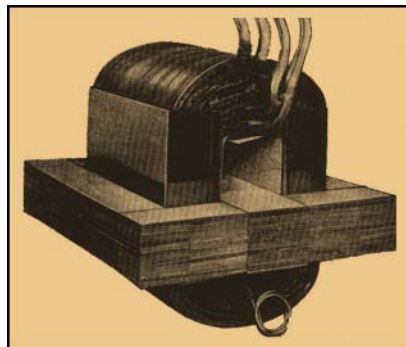


Tipo de Anillo: En este tipo, el núcleo rodea los devanados. La figura 5 es una ilustración de un transformador de tipo anillo parcialmente ensamblado.

Todas las bobinas primaria y secundaria están ensambladas aisladas una de la otra después de lo cual todo el ensamble de bobinas es sumergido en un barniz aislante y horneado.

Este tipo se utiliza habitualmente en transformadores muy grandes con altas tensiones. De utilizarse un transformador de núcleo a tensiones muy altas, una cantidad relativamente grande del flujo producido por las bobinas primarias no se llegaría a los devanados secundarios y por consiguiente el resultado sería un flujo de fuga importante.

Figura 5. Transformador de Tipo Anillo



¿Cómo funciona un Transformador?

Tensión Inducida

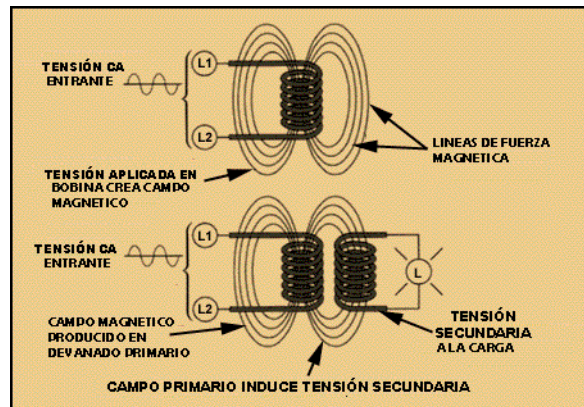
Ahora que usted conoce las partes principales de un transformador, vamos a ver cómo funciona un transformador básico.

Cuando una tensión de entrada es aplicado al devanado primario, una corriente alterna comienza a fluir en el devanado primario. Conforme fluye la corriente, se establece un campo magnético cambiante en el núcleo del transformador. Con-

Transformadores

forme este campo magnético corta a través del devanado secundario, se produce una tensión alterna en el devanado secundario. En resumen, **una tensión es inducida en el devanado secundario**.

Figura 6. Cómo Funciona la Inducción en un Transformador

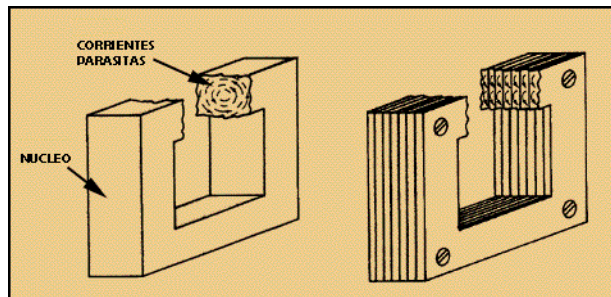


Corrientes Parásitas

Conforme el campo magnético se expande y colapsa alrededor de los devanados del transformador de núcleo de hierro, sus líneas de flujo cortan tanto las Vueltas del devanado como el núcleo. Como resultado, **se inducen tensiones en el núcleo mismo**. Estas tensiones en el núcleo crean Corriente Parásitas. Estas corrientes se desplazan a través del núcleo en trayectorias circulares. Puesto que las corrientes parásitas crean calor en el núcleo y no ayudan al proceso de inducción, representan un desperdicio de energía, que se conoce como Pérdida por Corriente Parásita.

Diseños de núcleos han sido creados para minimizar estas pérdidas. Por ejemplo, transformadores básicos emplean un núcleo de láminas que consiste de capas aisladas, en lugar de utilizar un núcleo sólido.

Figura 7. Reducción de Corrientes Parásitas Mediante la Utilización de un Núcleo



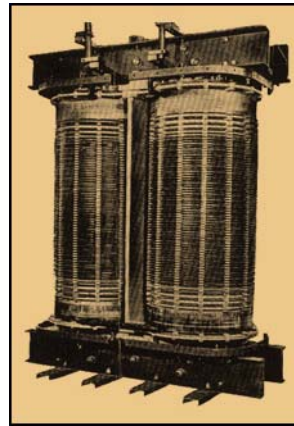
Puesto que las láminas están aisladas una de la otra, la resistencia a través del núcleo es alta. De esta manera se reducen las corrientes parásitas.

Transformadores

En Campo

Los transformadores son frecuentemente sometidos a esfuerzos de tensión anormalmente altos provocados por condiciones de operación anormales, como por ejemplo relámpagos y conmutación. Esto es especialmente verdadero en el caso de transformadores de alta tensión, como el transformador ilustrado aquí, que se utilizan en una estación de relevador de potencia.

Figura 8. Las Bobinas o Devanados Finales están Más Espaciadas



Las bobinas o devanados finales son las vueltas sometidas a tensiones anormales, frecuentemente suficientemente altos para romper el aislamiento. De ocurrir esto, la corriente formaría arcos entre las vueltas. Como medida de protección, las vueltas en la parte superior y en la parte inferior de esta bobina presentan un mayor espaciado. Están también más aisladas.

Relación de Vueltas

La relación entre el número de vueltas reales de hilo en cada bobina es el factor esencial para determinar el tipo de transformador y la tensión de salida. **La relación entre la tensión de salida y la tensión de entrada es la misma que la relación del número de vueltas entre los dos devanados.**

$$\frac{\text{Tensión (Entrada)}}{\text{Tensión (Salida)}} = \frac{\text{Numero de Vueltas Primarias}}{\text{Numero de Vueltas Secundarias}}$$

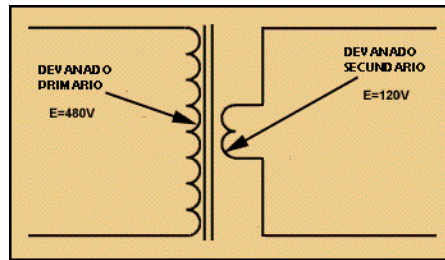
La relación entre el número de vueltas en el devanado secundario y el número de vueltas en el devanado primario se conoce habitualmente como Relación de Transformación o Relación de Tensión.

Es una práctica común escribir la relación de vueltas con el número primario (entrada) primero, seguido por el número secundario (salida). Los dos números están frecuentemente separados por un guión.

Considere este ejemplo:

Transformadores

Figura 9. Ejemplo de Relación de Vueltas



Tensión Primario de Transformador: 480 volts

Tensión Secundario de Transformador: 120 volts

$$\frac{480 \text{ volts}}{120 \text{ volts}} = \frac{4 (4 \text{ Vueltas Primarias})}{1 (1 \text{ Vuelta Primaria})}$$

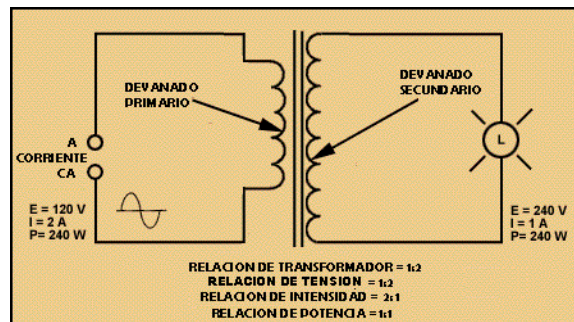
Este transformador tiene cuatro vueltas primarias por cada vuelta secundaria. La relación de vueltas se escribe como 4 a 1, o bien 4:1.

La tensión de salida de un transformador es mayor que la tensión de entrada si el devanado secundario tiene más vueltas de hilo que el devanado primario. La tensión de salida es incrementada, y tenemos un Transformador Elevador. Si el devanado secundario tiene menos vueltas que el devanado primario, la tensión de salida es inferior. Tenemos un transformador un Transformador Reductor.

**Transformador Elevador
vs. Transformador
Reductor**

Transformador Elevador: El devanado primario de un transformador elevador tiene menos vueltas que el devanado secundario, con el resultado que la tensión secundaria es más alta que la tensión de primaria.

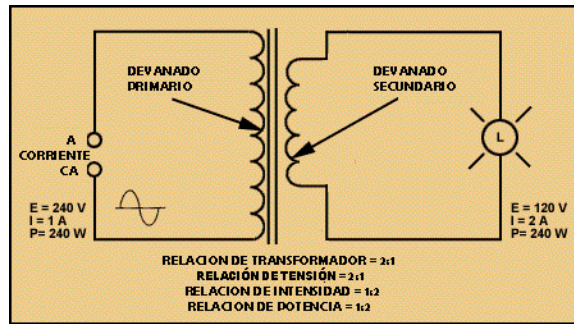
Figura 10. Transformador Elevador



Transformador Reductor: El devanado primario de un transformador reductor tiene más vueltas que el devanado secundario, de tal manera que la tensión secundaria es menor que la tensión primaria.

Transformadores

Figura 11. Transformador Reductor



¿Se Obtiene algo por Nada?

En la Figura 10, el transformador elevador tiene una relación de 1 a 2. Como resultado, la tensión de salida es duplicada. Primero, podríamos pensar que estamos ganando o multiplicando tensión sin sacrificar nada. Evidentemente no es el caso. Ignorando pequeñas pérdidas, la cantidad de energía que se transfiere en el transformador es igual en el lado primario y en el lado secundario.

La Potencia es igual a la Tensión (Voltaje) multiplicado por la Intensidad. Esto se expresa a través de la fórmula:

$$P = V \times I$$

La potencia es también siempre igual en ambos lados del transformador, lo que significa que ambos lados de la ecuación deben tener el mismo valor. **Esto significa que no podemos cambiar la tensión sin cambiar también la intensidad.**

En la Figura 10, podemos observar que cuando se reduce la tensión de 240 V a 120 V en una relación de 2 a 1, la intensidad es incrementada de 1 a 2 amperes, manteniendo la potencia igual en ambos lados del transformador. En contraste, en la Figura 11, cuando la tensión es elevada de 120 V a 240 V en una relación de 1 a 2, la intensidad es reducida de 2 a 1 amperes para mantener el equilibrio de potencia.

En otras palabras, **la tensión y la intensidad pueden ser cambiados por razones particulares, pero la potencia es simplemente transferida de un punto a otro.**

Una gran ventaja de elevar la tensión y de reducir la intensidad es que la potencia puede ser transmitida a través de hilo de calibre inferior. Piense en la cantidad de hilo que se utiliza por parte de una compañía de electricidad para llevar la electricidad a donde se utiliza. Por esta razón, las tensiones generadas son incrementadas de manera muy importante para distribución sobre distancias largas, y después son reducidos para satisfacer las necesidades de los consumidores.

Derivaciones de Tensión

Como usted sabe, la relación de vueltas determina la transformación de tensión. **Existen casos en los cuales la tensión entrante real es diferente de la tensión entrante normal esperada. Cuando ocurre esto, sería provechoso poder cambiar la relación de vueltas con el objeto de lograr la tensión de salida deseada (nominal).** Se puede considerar esto como una afinación de la tensión de entrada para lograr la tensión de salida deseada. Las *Derivaciones de Tensión*, diseñadas en el devanado primario del transformador, ofrecen esta flexibilidad deseada.

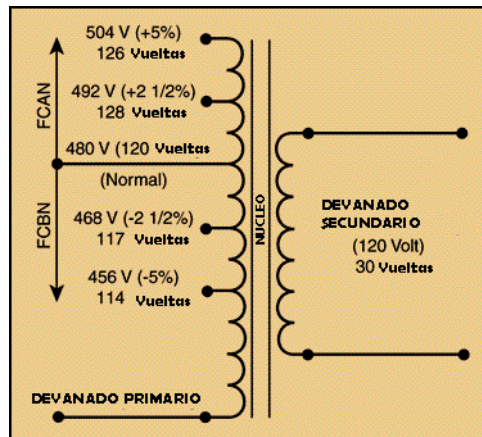
Suponemos que un transformador tiene una relación de vueltas de 4 a 1. Recuerde que esto significa que el devanado primario tiene cuatro veces más vueltas

Transformadores

que el devanado secundario, lo que nos indica que el transformador es un transformador reductor. Si la tensión de entrada es de 480 volts, la tensión de salida debería ser de 120 volts.

¿Que pasa si la entrada proporcionada al devanado primario del transformador es inferior a la entrada normal esperada de 480 volts, digamos 456 volts en este caso? Esto podría ser importante si la obtención de 120 volts a partir del devanado secundario es un factor crítico. **La derivación del devanado primario en numerosos puntos diferentes ayuda a eliminar este problema proporcionando un dispositivo para ajustar la relación de vueltas, y afinar la tensión de salida secundaria.**

Figura 12. Transformador Monofásico con Derivaciones Múltiples



Este transformador tiene derivaciones a 2 1/2% y 5% por debajo de la tensión normal de 480 volts. En la industria, esto se conoce como tener dos Capacidad Completa debajo de Derivación Completa de 2 1/2% (FCBN). Estas dos derivaciones proporcionan un rango de tensión de 5% debajo de los 480 volts normales.

Cuando se proporcionan derivaciones arriba de la normal de conformidad con lo ilustrado, se conocen como Capacidad Completa Arriba de Derivación Completa (FCAN).

Para propósitos de estandarización, las derivaciones se encuentran en niveles de 2 1/2% o 5%. El arreglo de derivaciones que se utiliza en muchos transformadores es 2@2 1/2% FCAN y cuatro@2 1/2% FCBN, lo que proporciona un rango total de 15% en cuanto a ajustes de tensión de derivación.

Transformadores

Repaso 1

Conteste las siguientes preguntas sin ver el material que se le acaba de presentar. Empiece la sección siguiente cuando esté seguro que entiende lo que acaba de leer.

1. En sus propias palabras, escriba la definición de un transformador.

2. En sus propias palabras, indique el propósito del núcleo del transformador.

3. Si la relación de vueltas de un transformador es 5:1, y el devanado primario tiene 100 vueltas, el devanado secundario tiene _____ vueltas.
4. El transformador en la pregunta 3 es un transformador elevador.
VERDADERO FALSO
5. Un transformador elevador transforma la tensión de 120 volts a 360 volts. La corriente en el lado de entrada es 6 amperes. La corriente en el lado de salida es _____ amperes.
6. Si la tensión entrante no es confiablemente exacto todo el tiempo, _____ puede agregarse al devanado primario para cerciorarse que el tensión de salida permanece constante.

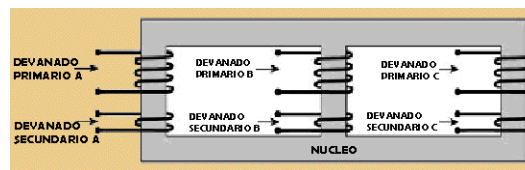
Transformadores

Configuraciones de Transformador

Los transformadores se construyen tanto monofásico como trifásicos. Hasta cierto punto, nos hemos enfocado a la corriente monofásica. Usted recordará de los módulos anteriores, que **el término monofásico indica que dos líneas de potencia conforman una fuente de entrada**. Esto significa que una transformación de tensión se logra con un devanado primario y un devanado secundario.

Usted sabe también con base en los módulos previos que la mayor parte de la energía eléctrica distribuida hoy en día es CA trifásica. **Puesto que las compañías de electricidad distribuyen la energía generada en tres líneas como corriente trifásica, transformadores trifásicos con tres devanados son partes esenciales del sistema de suministro de energía eléctrica**. Los tres devanados del *Transformador Trifásico* están conectados en la secuencia apropiada para corresponder a la energía entrante de la empresa proveedora de electricidad.

Figura 13. Núcleo y Devanados de Transformador Trifásico



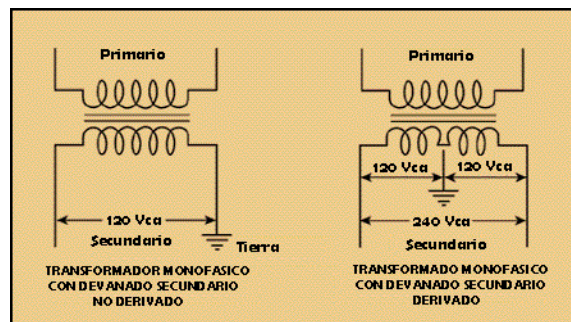
Configuración para Corriente Monofásica

Existen configuraciones diferentes para sistemas monofásicos y trifásicos. Veamos un sistema monofásico primero.

Los transformadores monofásicos son empleados frecuentemente para suministrar energía eléctrica para alumbrado residencial, toma-corrientes, acondicionamiento de aire, y calefacción.

Un transformador con un devanado secundario de 120 volts CA puede asegurar el alumbrado y las tomas. **Pero, un transformador con un devanado secundario de 240 volts CA puede manejar todas las necesidades residenciales mencionadas**. Un devanado secundario de 240 volts CA puede manejar los requerimientos de energía eléctrica más elevados de 240 volts relacionados con el aire acondicionado y la calefacción. El mismo secundario de 240 volts CA puede manejar las necesidades de 120 volts CA mediante la derivación del devanado secundario en el centro.

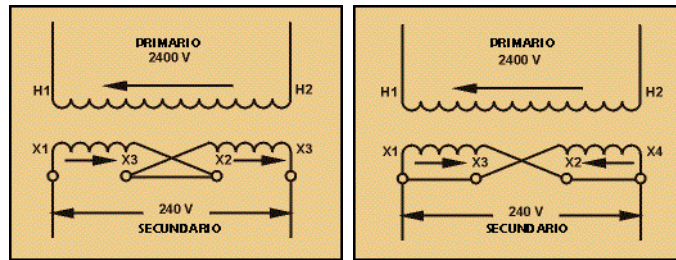
Figura 14. Devanado Secundario de 120 Vs. 240 Volts



Los transformadores monofásicos pueden ser todavía más versátiles si tienen tanto el devanado primario como el devanado secundario fabricados en dos partes iguales. Las dos partes de cualquiera de los devanados pueden entonces ser reconectadas en serie o en paralelo.

Transformadores

Figura 15. Transformador Monofásico con Devanado Secundario dividido en Secciones



Configuración en Serie Configuración en Paralelo

Los transformadores monofásicos tienen habitualmente sus devanados divididos en dos o más secciones. Cuando los dos devanados secundarios están conectados en serie, se agregan sus tensiones. Cuando los devanados secundarios están conectados en paralelo, se agregan sus intensidades.

Por ejemplo, consideremos que cada devanado secundario está calibrado a 120 volts y 100 amperes. En el caso de una conexión en serie, sería 240 volts a 100 amperes, o 24KVA. Cuando la conexión es en paralelo, sería 120 volts a 200 amperes, o bien 24KVA.

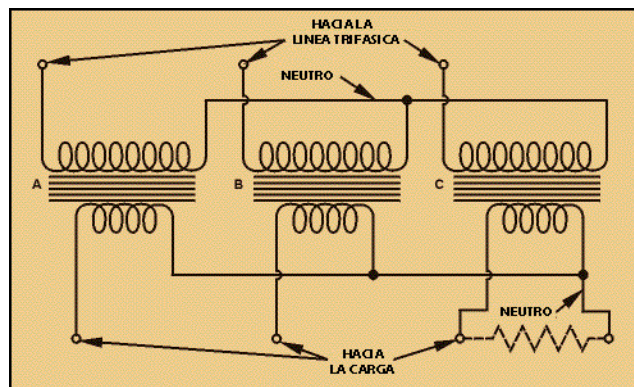
En el caso de conexiones en serie, se debe tomar precauciones para conectar los devanados de tal manera que sus tensiones se agreguen. Si ocurre lo contrario, una corriente de corto circuito fluirá en el devanado secundario, provocando que el devanado primario cause un corto circuito a partir de la fuente. Esto podría dañar el transformador, así como la fuente, y tal vez el conector.

Configuración para Corriente Trifásica

La corriente puede ser suministrada a través de un transformador que contiene un circuito trifásico en donde un grupo de tres transformadores monofásicos se emplea, o bien en donde se emplea un transformador trifásico.

La utilización de tres transformadores monofásicos para lograr este objetivo es laboriosa, pero puede efectuarse. Cuando se emplea de esta forma, La instalación se conoce como una Batería de Transformadores.

Figura 16. Tres Transformadores Monofásicos "En Batería" para Corriente Trifásica



Cuando una cantidad considerable de energía está involucrada en la transformación de energía trifásica, es más económico utilizar un transformador trifásico. La colocación única de los devanados y del núcleo ahorra una gran cantidad de hierro, evita pérdidas, ahorra espacio y dinero.

Configuración Delta y Configuración Y

Existen dos configuraciones de conexión para la energía trifásica: Delta e Y (estrella).

Transformadores

Delta e Y son letras griegas que representan la forma como los conductores en los transformadores están configurados. En una conexión delta, los tres conductores están conectados extremo a extremo en un triángulo o en una forma delta. En el caso de una conexión Y, todos los conductores radian desde el centro, lo que significa que están conectados en un punto común.

Tanto el devanado primario como el devanado secundario pueden tener cualquiera de estas configuraciones. Las cuatro configuraciones de conexión posibles son las siguientes:

Devanado Primario	Devanado Secundario
Delta	Delta
Delta	Y
Y	Delta
Y	Y

Pueden utilizarse con tres transformadores monofásicos o bien con un transformador trifásico. La Figura 16 muestra tres transformadores monofásicos en una configuración Y - Y. Las Figuras 17 y 18 muestran transformadores trifásicos, en configuración Y - Delta y en configuración Delta - Delta, respectivamente.

Figura 17. Tipo de Núcleo, Y-Delta

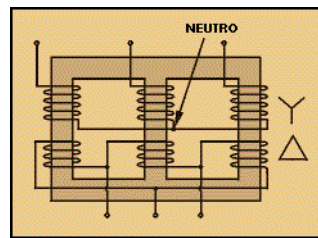
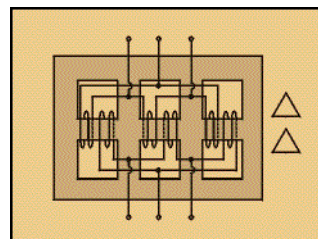


Figura 18. Tipo de Anillo Delta-Delta



Recordando el símbolo eléctrico para un transformador que vimos en el Módulo 3, Fundamentos de la Distribución Eléctrica, los símbolos delta e Y son frecuentemente utilizados para indicar las conexiones de devanado primario y devanado secundario en un diagrama unifilar.

Figura 19. Símbolo Eléctrico de Transformador

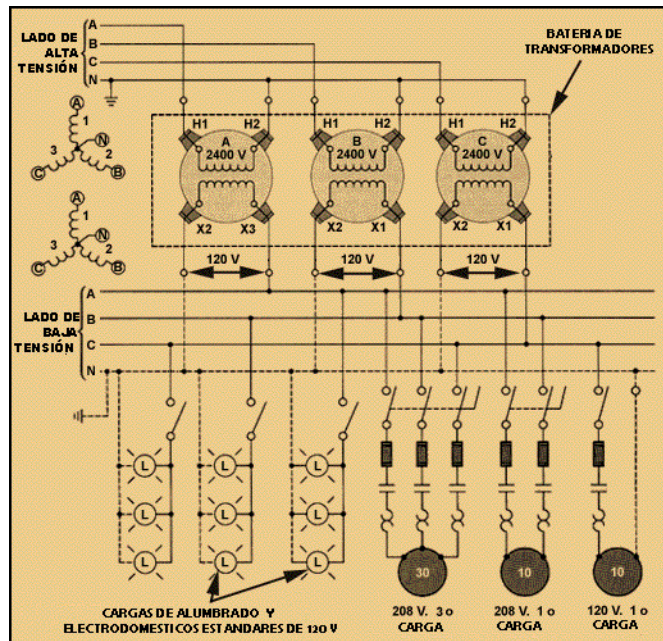


Transformadores

En Campo

Muchas instalaciones utilizan una batería de transformadores reductores con conexión Y-Y, como se muestra aquí. La versatilidad de la potencia es la clave de su popularidad.

Figura 20. Batería de Transformadores Reductores con Conexión Y-Y (Tres Transformadores Monofásicos)



El sistema proporciona una energía trifásica de 208 volts para cargas de motores trifásicos, como por ejemplo un equipo pesado en el departamento de Educación Industrial. Ofrece también energía monofásica de 208 volts para cargas pequeñas de motores monofásicos, por ejemplo equipo de laboratorio de ciencia.

Evidentemente puede producir también una corriente monofásica de 120 volts para cargas de alumbrado, que se emplean en todos el edificio.

Configuración de un Transformador Trifásico

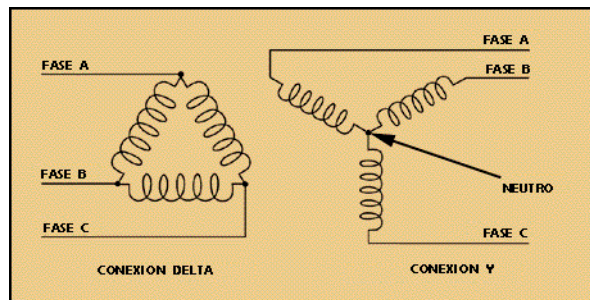
Los transformadores trifásicos tienen seis devanados; tres devanados primarios y tres devanados secundarios. Los seis devanados están conectados por el fabricante ya sea con conexión delta o bien Y. De conformidad con lo establecido previamente, los devanados primarios y los devanados secundarios pueden, cada uno de ellos, estar conectados en una configuración delta o Y. No tienen que estar conectados en la misma configuración en el mismo transformador. Las configuraciones reales de conexión que se utilizan dependen de la aplicación.

En un transformador trifásico, existe un núcleo de hierro de tres patas.

Cada pata tiene un devanado primario y un devanado secundario. La Figura 21 muestra gráficamente la apariencia física de las conexiones de devanado delta e Y en el caso de un transformador trifásico.

Transformadores

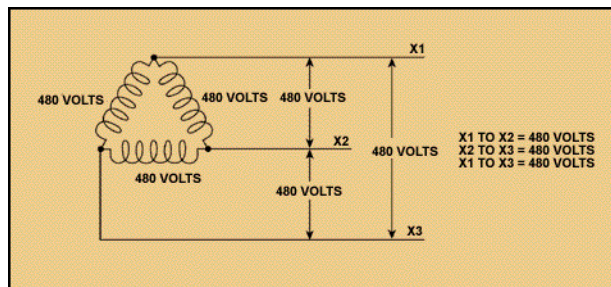
Figura 21. Conexiones de Devanado Delta e Y



El devanado conectado en configuración delta en un transformador trifásico es muy parecido a tres devanados monofásicos conectados juntos.

Un devanado secundario conectado en configuración delta se ilustra aquí, con el devanado primario no ilustrado para una mayor simplicidad. Todas las tensiones ilustradas son tensiones secundarias disponibles para la carga.

Figura 22. Devanado Conectado en Configuración Delta



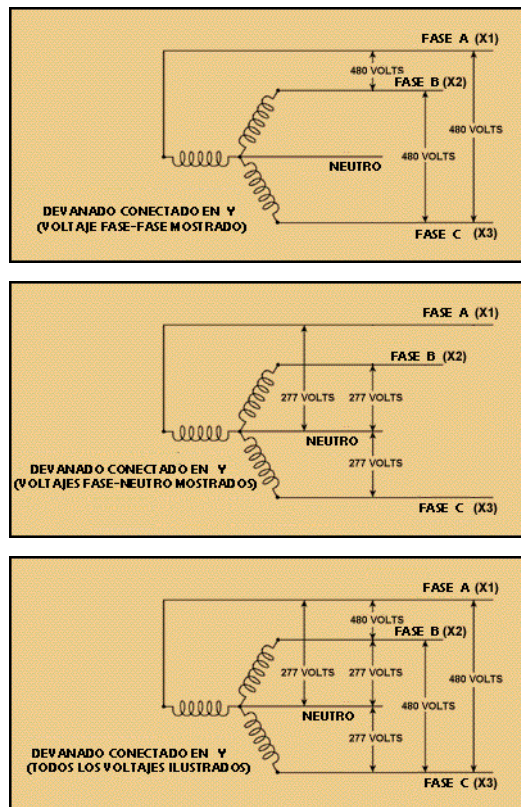
Existen tensiones iguales en cada devanado. Cada una de las tensiones representa una fase de un sistema trifásico. La tensión es siempre la misma entre dos hilos dados.

Una de las fases, entre X1 y X2 por ejemplo, puede emplearse para suministrar cargas monofásicas. Las tres fases juntas suministran cargas trifásicas. Obsérvese en la ilustración que X1, X2 y X3 se emplean para referirse a puntos de conexión. Una "X" indica una conexión de baja tensión, y una "H" indica una conexión de alta tensión. Este tipo de conexión se conoce como conexión trifásica de tres hilos.

El devanado conectado en configuración Y se conoce frecuentemente como una "conexión de estrella". Las conexiones en Y proporcionan dos tensiones debido a la conexión de neutro. Se muestran abajo. En otras palabras, **la configuración en Y tiene cuatro conductores, tres conductores de fase y un conductor de neutro.** Se conoce también como una conexión trifásica de cuatro hilos.

Transformadores

Figura 23. Devanado Conectado en Y



Cualquier tensión de línea a neutro (tensión a través de una fase) es siempre inferior a la tensión de línea a línea.

Si se conoce una tensión, se pueden calcular las demás. La tensión de línea a línea es 1.732 veces mayor que la tensión de línea a neutro. Usted puede comprobar este cálculo utilizando las tensiones proporcionadas en las ilustraciones.

Tipos de Transformadores

Si vemos un sistema de suministro de electricidad entero, encontramos que los transformadores se utilizan para satisfacer muchas necesidades.

Algunos transformadores pueden tener varios pisos de alto. Este tipo puede encontrarse en una estación de generación. Otros transformadores son tan pequeños que caben en la mano. Este tipo puede ser utilizado en el cargador de una cámara de video. Independientemente de la forma o del tamaño, el propósito sigue siendo el mismo: transformar energía eléctrica de un tipo a otro, como por ejemplo elevar o reducir la potencia.

A continuación vamos a ver con mayores detalles varios tipos de transformadores que se utilizan hoy en día.

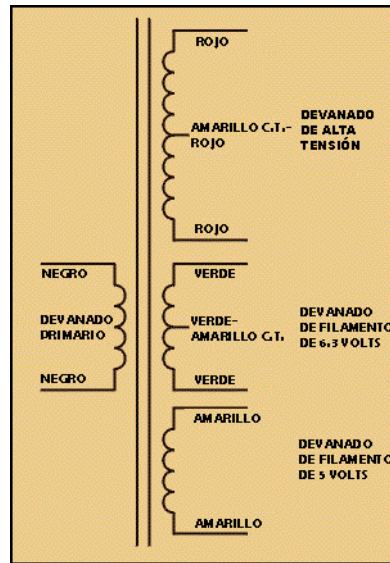
Transformador de Potencia

El Transformador de Potencia se utiliza **primariamente para conectar la energía eléctrica de una línea de suministro de energía a un sistema de circuito**, o bien a uno o varios componentes del sistema.

En un tipo de transformador de potencia, existen tres devanados secundarios separados, cada uno diseñado para una salida de tensión y una corriente diferentes. **Todos los devanados son identificados por aislamiento codificado por color en los conductores.**

Transformadores

Figura 24. Conductores de Transformador de Potencia Codificados por Color



Un transformador de potencia utilizado con circuitos de estado sólido se conoce como Transformador Rectificador.

La capacidad nominal de un transformador de potencia se ofrece en términos de tensión máxima de devanados secundarios y capacidad de suministro de corriente. Por ejemplo, un transformador de potencia que debe ser operado a partir de una línea de potencia de 60-hertz, 120-volt puede indicarse de la siguiente manera:

600 V. CT @ 90 ma, 6.3 V @ 3 amperes, 5 V. @ 2 amperes

La eficiencia de un transformador de potencia con una capacidad nominal entre 50 y 400 watts puede encontrarse dentro de un rango de 82 a 94 por ciento.

Los transformadores con capacidades nominales más altas son habitualmente más eficientes debido al calibre mayor de hilo que se utiliza en los devanados, y al área transversal mayor del núcleo.

Transformador de
Distribución

Un Transformador de Distribución de tipo poste se utiliza para suministrar cantidades relativamente pequeñas de energía a residencias. Se utiliza al final del sistema de administración de la empresa proveedora de electricidad. A continuación vamos a seguir el recorrido de esta energía desde la estación de generación hasta una casa.

Los transformadores de energía son utilizados en las estaciones de generación para elevar la tensión generada hasta niveles altos (115 a 765 kV) para transmisión. Las tensiones de transmisión son reducidas (34 a 69 kV) por transformadores en subestaciones para distribución local.

A partir de este punto, la energía eléctrica es alimentada a una subestación de distribución o bien directamente a una fábrica. En la fábrica, transformadores reducen otra vez la tensión hasta niveles utilizables. Para uso residencial, la tensión es reducida varias veces, y la última vez es manejado por el transformador de distribución local de tipo poste o montado en base (montado en el suelo).

Transformadores

Figura 25. Transformador de Distribución de Tipo Montado en Poste Típico

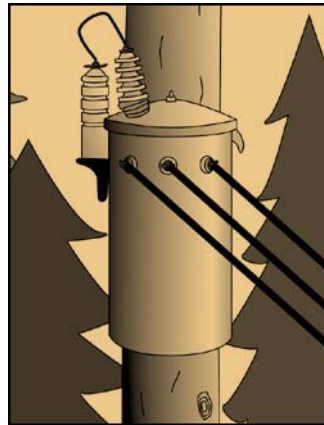
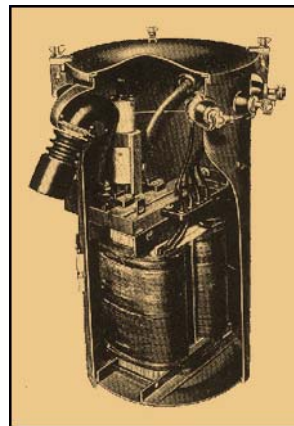


Figura 26. Corte a través de un Transformador de Distribución de Tipo montado en Poste

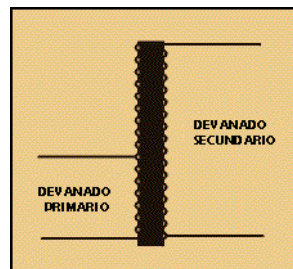


Después de todos estos pasos, el propietario de la vivienda tiene acceso a 240 volts y 120 volts para el funcionamiento de sus electrodomésticos y alumbrado.

Autotransformador

El Autotransformador es un tipo especial de transformador de potencia. **Consiste de un solo devanado continuo el cual es derivado en un lado para proporcionar ya sea una función de elevación o una función de reducción.**

Figura 27. Autotransformador Elevador



Transformadores

Figura 28. Autotransformador Reductor



Existe una diferencia con un transformador convencional de dos devanados que tiene un devanado primario y un devanado secundario totalmente aislados entre ellos, pero magnéticamente unidos por un núcleo común. **Los devanados del autotransformador están eléctrica y magnéticamente interconectados.**

Un autotransformador es inicialmente más económico que un transformador de dos devanados de misma capacidad nominal. Tiene también una mejor regulación (caídas de tensión menores), y una mayor eficiencia.

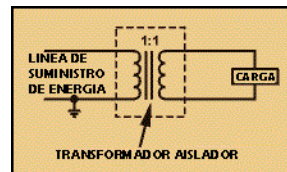
Además, puede utilizarse para obtener el hilo neutro de un servicio de 240/120 volts de tres hilos, de manera similar al devanado secundario de un transformador de dos devanados.

Se emplea habitualmente para transformar entre dos circuitos de alta tensión, digamos uno de 22,000 volts y el otro de 13,800 volts. Pero, **el autotransformador se considera inseguro para uso en circuitos de distribución ordinarios.** Esto se debe al hecho que el circuito primario de alta tensión está conectado directamente al circuito secundario de baja tensión.

Transformador Aislador

Un Transformador Aislador es un transformador muy especial. Tiene una relación de vueltas 1:1. Por consiguiente, no eleva ni reduce la tensión. Al contrario, **sirve como dispositivo de seguridad.** Se utiliza para aislar el conductor conectado a tierra de una línea de suministro de energía de un chasis o de cualquier otra porción de una carga de circuito.

Figura 29. Utilización de un Transformador Aislador



Utilizando un transformador aislador no reduce el peligro de choque si se hace contacto entre el devanado secundario del transformador.

Transformador para Instrumentos de Medición

Para medir valores elevados de corriente o tensión, es deseable utilizar instrumentos de medición de bajo rango estándares junto con Transformadores para Instrumentos de Medición construidos especialmente, que se conocen también como Transformadores de Relación Precisa.

Un transformador de relación precisa hace exactamente lo que dice su nombre. Transforma en una relación precisa para permitir que un instrumento adjunto mida la corriente o la tensión sin que sea necesario que pase toda la potencia a través del instrumento. Se requiere que transforme cantidades relativamente pequeñas de potencia puesto que su única carga es los elementos móviles delicados de un Amperímetro, Voltímetro o Wattímetro.

Existen dos tipos de transformadores para instrumentos de medición:

Transformadores

Transformador de Corriente

- Transformador de Intensidad – Utilizado con un amperímetro para medir la intensidad en tensiones CA.
- Transformador de Potencial – Empleado con un voltímetro para medir la tensión (diferencia de potencial) en tensiones CA.

Un Transformador de Corriente tiene un devanado primario de una o varias vueltas de hilo pesado. Está siempre conectado en serie en el circuito en donde se debe medir la corriente. El devanado secundario consiste de muchas vueltas de hilo fino, que debe siempre estar conectado a través de las terminales del amperímetro.

El devanado secundario de un transformador de corriente nunca debe estar en circuito abierto. Esto se debe al hecho que el devanado primario no está conectado a una fuente constante. Existe un amplio rango de tensiones primarias posibles puesto que el dispositivo puede estar conectado a muchos tipos de conductores. **El devanado secundario debe siempre estar disponible (circuito cerrado) para reaccionar con el devanado primario con el objeto de evitar que el núcleo esté totalmente magnetizado. Si esto ocurre, el instrumento ya no lee con precisión.**

Un amperímetro de pinza funciona de manera similar. Mediante la abertura de la pinza y su colocación alrededor de un conductor que lleva corriente, **el conductor mismo actúa como un primario de una sola vuelta**. El secundario y el amperímetro están montados de manera conveniente en la manija del dispositivo. La carátula permite determinar con precisión la escala de corriente.

Figura 30. Amperímetro de Pinza

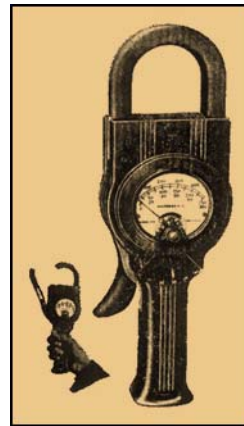
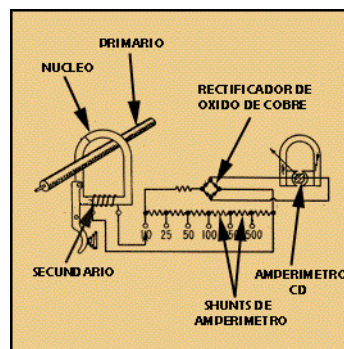


Figura 31. Diagrama de Alambrado de un Amperímetro de Pinza

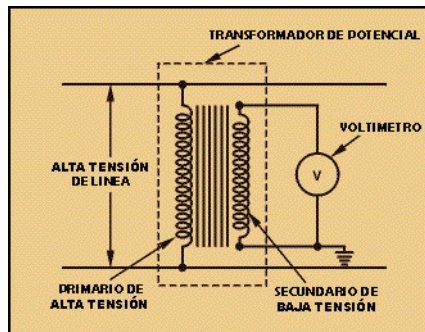


Transformadores

Transformador de Potencial

Un Transformador de Potencial es un transformador reductor extremadamente preciso, cuidadosamente diseñado. Se utiliza normalmente con un voltímetro estándar de 120 volts. **Mediante la multiplicación de la lectura en el voltímetro (*Deflexión*) por la relación de transformación, el usuario puede determinar la tensión en el lado alto.** Relaciones de transformación comunes son 10:1, 20:1, 40:1, 80:1, 100:1, 120:1, y hasta más altas.

Figura 32. Diagrama de Alambrado de un Transformador de Potencial



En general, un transformador de potencial es muy similar a un transformador de dos devanados estándar, excepto que maneja una cantidad muy pequeña de energía. **Los transformadores para este servicio siempre son del tipo de anillo** puesto que esta construcción proporciona una mayor precisión.

Por razones de seguridad, el circuito secundario está extremadamente bien aislado del circuito primario de alta tensión. Está también conectado a tierra. Esto protege el operador contra un peligro de choque en caso de contacto accidental con el hilo.

Repaso 2

Conteste las siguientes preguntas sin ver el material que se le acaba de presentar. Empiece la segunda sección cuando esté seguro que entiende lo que ya ha leído.

1. Elabore una lista de 3 ventajas de la corriente trifásica sobre la corriente monofásica

2. Un devanado secundario conectado en delta tiene tensiones iguales en cada devanado.
VERDADERO FALSO
3. En sus propias palabras, explique por qué los transformadores con altas capacidades nominales son habitualmente más eficientes.

4. Un transformador elevador es derivado en el devanado _____ .
5. Los dos principales tipos de transformadores para instrumentos de medición son:

Transformadores

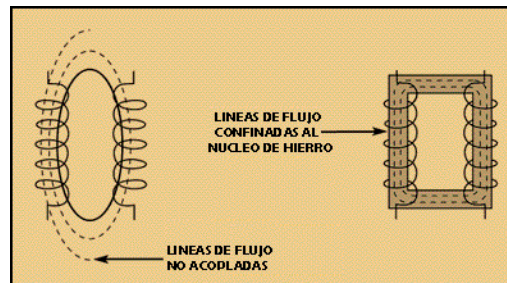
Principios de Operación y Terminología

Es el momento adecuado para introducir varios principios adicionales y términos comunes asociados con los transformadores. Este material será especialmente útil desde una perspectiva práctica para ayudar a aclarar conceptos. Además, numerosos términos son utilizados comúnmente en la industria eléctrica. El hecho de estar familiarizado con la nomenclatura simplificará discusiones y selecciones de transformador en su lugar de trabajo.

Coefficiente de Acoplamiento

El acoplamiento magnético entre los devanados primario y secundario de un transformador fue introducido anteriormente. **El acoplamiento máximo ocurre cuando todas las líneas de flujo del devanado primario cortan el devanado secundario.**

Figura 33. Acoplamiento de Líneas de Flujo



Aún cuando un acoplamiento máximo es deseable por razones de eficiencia de operación, no siempre se puede lograr. La cantidad de acoplamiento que se da entre los dos devanados es lo que se conoce como Coefficiente de Acoplamiento. **El hecho de enrollar ambos devanados en un núcleo de hierro ayuda a optimizar el coeficiente de acoplamiento proporcionando una buena trayectoria confinada para las líneas de flujo.**

Capacidad Nominal de un Transformador

Los transformadores son frecuentemente calibrados en kilovoltamperes (kVA), aún cuando existen otras designaciones de capacidad nominal. Los transformadores muy grandes son frecuentemente calibrados en megavoltamperes (MVA), y los transformadores muy pequeños pueden ser calibrados en voltamperes (VA). **La capacidad nominal indica la corriente máxima que un transformador puede suministrar a una carga sin sobrecalentamiento.**

Si usted conoce la tensión y la intensidad, se puede calcular la capacidad nominal. Si usted conoce la capacidad nominal y la tensión, se puede calcular la intensidad. La capacidad nominal de un transformador es la misma tanto para el primario como para el secundario.

Dos fórmulas son necesarias para calcular las capacidades nominales de transformadores; una para las cargas monofásicas y otra para las cargas trifásicas.

Figura 34. Fórmulas para Calcular las Capacidades Nominales de Transformadores

Ejemplo de Fórmula para Carga Monofásica	Ejemplo de Fórmula para Carga Trifásica
Voltaje Primario = 240 volts = V Intensidad Primaria = 5 amperes = I Primario kVA = $\frac{I \times V}{1000}$ Primario kVA = $\frac{5 \times 240}{1000}$ Primario kVA = $\frac{1200}{1000}$ Primario kVA = 1.2 kVA	Voltaje Primario = 208 volts = V Intensidad Primaria = 100 amperes = I Primario kVA = $\frac{I \times V \times 3}{1000}$ Primario kVA = $\frac{100 \times 208 \times 1.732}{1000}$ Primario kVA = $\frac{36025.6}{1000}$ Primario kVA = 36.026 kVA

Transformadores

Frecuencia

Un transformador no puede cambiar la frecuencia de la energía suministrada. Si el suministro es de 60 Hz, la salida será también de 60 Hz.

Puesto que los transformadores son diseñados para operación a una frecuencia particular, se deben conocer requerimientos de frecuencia para seleccionar el transformador apropiado. La frecuencia de la fuente debe ser determinada, y la frecuencia de la carga debe corresponder.

Los transformadores utilizados en los Estados Unidos de América y Canadá son habitualmente diseñados para 60 Hz. Una gran parte del resto del mundo utiliza 50 Hz.

Nivel de Impulso Básico (BIL)

Los sistemas de distribución eléctrica externos son sometidos a sobretensiones por descargas atmosféricas. Aún si el rayo golpea la línea a cierta distancia del transformador, Los sobretensiones pueden desplazarse a través de la línea y en el transformador. Otro equipo eléctrico en el sistema puede también provocar sobretensión cuando son abiertos y cerrados. Estas sobretensiones pueden ser muy perjudiciales para transformadores y otros equipos eléctricos.

El Nivel de Impulso Básico (BIL) es **una medición de la capacidad del sistema de aislamiento del transformador para resistir los picos de muy alta tensión y corta duración**. El BIL se determina con base en:

- los tipos de sobretensiones al cual se enfrentará probablemente el equipo.
- el diseño del sistema eléctrico
- la protección de tensión proporcionada

Para que usted esté familiarizado con el BIL, algunos niveles de BIL típicos se muestran con clases de tensión correspondientes. No aplican uniformemente para todos los equipos eléctricos.

Figura 35. Niveles Típicos de BIL

Clase de Tensión	BIL Correspondiente
600 volts	10 kV
2400 volts	25 kV
15 kV	95 kV
25 kV	125 kV

Sonido

Aún cuando los transformadores son dispositivos estáticos confiables sin partes móviles, producen un zumbido. Este sonido proviene del núcleo. **Cuando el flujo magnético pasa a través del núcleo de tipo láminas, las láminas se expanden y contraen, generando un zumbido.**

Los transformadores están diseñados y contruidos de tal manera que se minimice el ruido, pero no se elimina. El nivel de ruido de un transformador se mide en decibeles (dB), y se determina a través de pruebas efectuadas de conformidad con estándares NEMA.

Altura

El aire es menos denso a alturas mayores, lo que tiene un efecto sobre el enfriamiento del transformador. Los transformadores están diseñados para operar con una elevación normal de la temperatura, a una altura específica en pies sobre el nivel del mar. Si la operación debe efectuarse a una altura mayor, la capacidad nominal indicada en la placa del transformador debe ser reducida. Esta reducción se conoce como desclasificación.

Transformadores

Pérdidas y Eficiencia de Transformador

La cantidad de reducción depende de qué tanto se ha rebasado la altura estándar.

La mayor parte de la energía proporcionada al primario de un transformador es transferida al secundario. Pero, **se pierde una cierta parte de la energía en forma de calor**. La mayor parte de esta pérdida por calor se lleva a cabo en el devanado o en el núcleo.

Entre menor la pérdida, mayor es la eficiencia del transformador. Pérdidas y eficiencia son cuestiones muy importantes a la hora de seleccionar un transformador. Por ejemplo, un transformador con un costo inicial más bajo puede no ser la mejor opción de compra. Otro transformador con un costo inicial más alto, pero más eficiente podría resultar ser la mejor decisión de compra a largo plazo.

La eficiencia de un transformador se define a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia} = \text{Potencia de Salida} / \text{Potencia de Entrada}$$

Planteado de otra manera, **la potencia de salida es igual a la potencia de entrada, menos las pérdidas internas del transformador.**

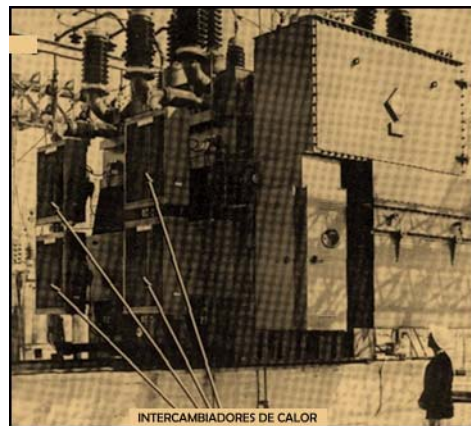
La eficiencia del transformador puede variar según el fabricante, el tipo de transformador y el tamaño del transformador. Un transformador de potencia de 20,000 kVA, por ejemplo, puede tener una eficiencia de 99.4%, y un transformador pequeño de 5 kVA puede tener una eficiencia de 94%. Usted se da cuenta que la eficiencia es una consideración importante cuando se trata de un transformador.

Pérdida Óhmica

Un tipo de pérdida en transformadores es la Pérdida Óhmica. Los devanados de cobre, aún cuando se trata de un material buen conductor de la electricidad, no son conductores perfectos. El cobre presenta una cierta resistencia al flujo de la corriente, como todos los materiales.

Uno de los factores que influyen la pérdida óhmica es el calor. La resistencia se eleva con un incremento de la temperatura. Para minimizar este problema, grandes transformadores de distribución de energía eléctrica son frecuentemente enfriados por circulación de agua, aire forzado, o aceite. El enfriamiento ayuda también a evitar daños térmicos al aislamiento de devanado. Comentaremos asuntos de calor más adelante en este módulo.

Figura 36. Intercambiadores de Calor Utilizados para Enfriar Transformadores de Distribución de Energía



Disipación de Calor (Enfriamiento)

El calor generado por las pérdidas debe ser removido para evitar un deterioro del sistema de aislamiento del transformador, y las propiedades magnéticas reales del núcleo. El sistema de aislamiento consiste de los materiales enrollados alrededor

Transformadores

edor de los devanados primario y secundario. Una Clasificación de Temperatura de Sistema de Aislamiento de transformador establece la temperatura máxima permitida en el punto más caliente en el devanado, a una temperatura ambiente especificada, habitualmente 40°C.

Métodos de Disipación de Calor

Como lo hemos mencionados brevemente antes, los transformadores pueden emplear numerosos métodos para disipar el calor.

El método utilizado depende primariamente de la cantidad de calor que debe ser disipado, y de la zona alrededor de la aplicación. Esto incluye instalaciones interiores versus exteriores y peligrosas vs. no peligrosas.

Existen dos tipos principales de diseños de transformadores para resolver este problema: los transformadores en baño de aceite y los transformadores secos.

Transformadores en baño de Líquido

Muchos transformadores se encuentran en una caja de láminas de metal ajustadas estrechamente o tanque de aceite. **El aceite proporciona un buen aislamiento eléctrico y aleja el calor del núcleo y de los devanados por convección.** Este tipo de transformador se conoce como un Transformador en baño de Líquido.

Figura 37. Transformador en baño de Líquido con Baterías de Ventiladores de Enfriamiento

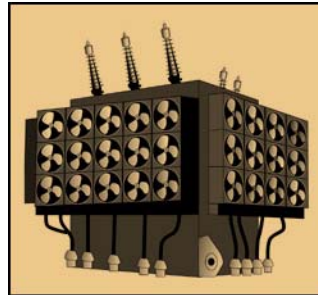
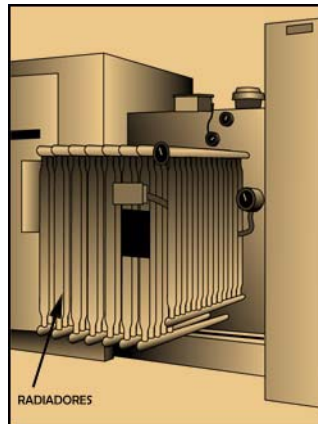


Figura 38. Transformador en baño de Líquido con Radiadores



Los pequeños transformadores pueden ser enfriados suficientemente a través de la circulación del aceite en el tanque solamente. Los transformadores más grandes pueden utilizar ventiladores para el enfriamiento del aceite. Ventiladores para un enfriamiento adicional y bombas de aceite para circulación pueden requerirse en el caso de transformadores todavía más grandes.

Además del aceite, se utilizan otros líquidos de enfriamiento, por ejemplo silicona. La silicona puede utilizarse en una aplicación en donde el aceite no es adecuado, como por ejemplo en casos en los cuales la inflamabilidad es un problema.

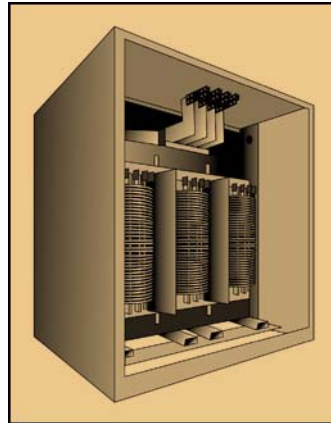
Transformadores

El sellado de la caja o tanque de transformador es importante, especialmente en el caso de una unidad llena de aceite. La penetración de humedad puede reducir la calidad aislante del aceite. Asimismo, el oxígeno puede causar la descomposición del aceite, lo que resulta en sedimento.

Transformadores Ventilados de Tipo Seco

Un transformador diseñado para operar en el aire se conoce como un Transformador de Tipo Seco. El diseño no requiere de la ayuda de un líquido para disipar el exceso de calor. **Una circulación natural o auxiliada por ventilador a través de las aberturas de ventilación es todo lo que se requiere para cumplir con los requerimientos de clasificación de temperatura.**

Figura 39. Transformador de Tipo Seco



Puesto que no se utiliza ningún líquido, no se requiere de un tanque, sin embargo, los transformadores de tipo seco se encuentran en algún tipo de gabinete.

Usted pudo haber oído la expresión Núcleo y Devanados cuando se trata de transformadores de tipo seco. Esto se refiere a las partes internas de un transformador de tipo seco. Primariamente el núcleo y los devanados, montados en una base como una unidad, dentro de un compartimiento. Una unidad de núcleo y devanados podría ser considerada por un cliente que tiene el propósito de incluirla como parte de un compartimiento ensamblado suministrado por otros.

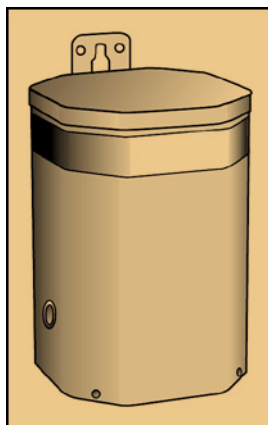
Transformadores Especiales de Tipo Seco

Existen varios transformadores de tipo seco especiales. **Típicamente no ventilados, este tipo de transformador tiene habitualmente una capacidad nominal pequeña, y puede remover el exceso de calor del núcleo y de los devanados naturalmente,** sin necesidad de aberturas de ventilación ni de otros dispositivos de disipación de calor.

En la mayoría de los diseños, esto se logra rodeando el núcleo y los devanados con mezclas de materiales especiales que absorben el calor y proporcionando un sello sólido. Este tipo de transformador es ideal para ubicaciones peligrosas, y se conoce habitualmente como un Transformador Encapsulado.

Transformadores

Figura 40. Transformador de Tipo Seco Encapsulado para Pequeña Aplicación Especial



Soporte al Cliente

Hemos abarcado un amplio rango de principios fundamentales en materia de transformadores en este módulo. Esta información le ayudará a que usted pueda seleccionar el transformador adecuado para una aplicación dada.

Lleve a cabo una pequeña entrevista con el cliente para determinar sus necesidades. Esta lista de preguntas no es completa para cada transformador, pero ciertamente le permitirá comenzar en la dirección correcta.

- ¿Cuál es el uso contemplado del transformador?

Con esta pregunta, usted puede habitualmente seleccionar un tipo de transformador entre los abarcados en este módulo.

- Potencia – suministra energía a sistemas de distribución
- Distribución - suministra corriente de baja tensión a residencias, oficinas y plantas
- Autotransformadores - transforma la corriente entre dos circuitos de alta tensión
- Aislamiento - aísla el conductor conectado a tierra de una línea de suministro de energía del chasis
- Para instrumentos de medición – reduce los altos valores de intensidad o tensión a niveles más bajos para lectura en el medidor
- Intensidad – mide la corriente
- Potencial – mide la tensión
- ¿Necesita usted el transformador para elevar o reducir la tensión?
- ¿Cuál es la potencia entrante?
- ¿Cuál es la potencia de salida requerida?
- ¿Qué potencia nominal (VA, kVA, MVA) se requiere?
- ¿Los transformadores serán utilizados con corriente monofásica o trifásica?
- ¿(Para corriente trifásica) la conexión en el primario es del tipo Delta o Y?
¿En el secundario?
- ¿Cuál es la frecuencia del sistema eléctrico?
- ¿Qué derivaciones de tensión necesitará, eventualmente?
- ¿En qué tipo de entorno se colocará el transformador?

Con estas preguntas y algunas preguntas de seguimiento, usted podrá habitualmente seleccionar un tipo de compartimiento para el transformador.

- ¿Alta tensión? Habitualmente un transformador de tipo de baño de aceite
- ¿Baja tensión? Habitualmente tipo seco
- ¿Entorno en interiores o exteriores? Debe llenarse de aceite
- ¿Cáustico? Puede ser un tipo seco encapsulado
- ¿La inflamabilidad es una preocupación? Tal vez seco o llenado de silicona

Con esta información, usted podrá consultar su catálogo de productos y dar buenas recomendaciones de producto.

Repaso 3

Conteste las siguientes preguntas sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar.

1. Calcule la capacidad nominal de un primario de transformador monofásico. El primario tiene una tensión de 1200 volts y una corriente de 10 amperes.
_____ kVA
2. Un transformador no puede cambiar la frecuencia de la energía suministrada. Si el suministro es de 60 Hz, la salida será también de 60 Hz.
VERDADERO FALSO
3. En sus propias palabras, defina el término “nivel de impulso básico”.

4. Calcule la eficiencia de un transformador que recibe 20 kVA en el primario y produce 19 kVA en el secundario.
_____ %
5. En sus propias palabras, explique por qué es importante sellar el tanque de un transformador de tipo baño de aceite.

Glosario

Transformadores de Relación Precisa	Un pequeño transformador que transforma en una relación precisa para permitir que un instrumento adjunto mida la intensidad o tensión sin que toda la corriente pase de hecho a través del instrumento.
Amperímetro	Un instrumento utilizado para medir la intensidad.
Autotransformador	Un tipo especial de transformador de potencia, que consiste de un solo devanado continuo el cual es derivado en un lado para proporcionar ya sea una función de elevación o de reducción.
Nivel de Impulso Básico	Una medición de la capacidad del sistema de aislamiento del transformador para resistir a una sobretensión muy alta, de corto plazo. Carga término aplicada a la pequeña carga de los elementos móviles delicados de un instrumento en un transformador de relación precisa.
Coefficiente de Acoplamiento	La cantidad de acoplamiento que se efectúa entre los dos devanados en un transformador. Esta cantidad debe ser idealmente 100%, pero no se logra en la vida real.
Bobinas	Véase "Devanado".
Pérdida Óhmica	La energía desperdiciada como calor en los devanados de cobre (o aluminio), puesto que el cobre/aluminio no es un conductor perfecto de la electricidad.
Núcleo	Un componente de un transformador. El núcleo de hierro o acero ofrece una trayectoria controlada para el flujo magnético generado en el transformador por la corriente que fluye a través de los devanados.
Núcleo y Devanados	Un transformador de tipo seco, no encerrado, montado en una base como una unidad.
Tipo de Núcleo	Un tipo de núcleo en donde los devanados rodean el núcleo de láminas de hierro.
Transformador de Corriente	Un tipo de transformador de instrumento utilizado para medir la intensidad.
Deflexión	Literalmente, la cantidad de movimiento del indicador de un instrumento cuando está detectando. Se conoce también como la lectura del instrumento.
Transformador de Distribución	Un transformador utilizado para suministrar cantidades relativamente pequeñas de energía a residencias. Se utiliza al final del sistema de suministro de energía eléctrica por parte de la compañía eléctrica. Frecuentemente está montado en un poste.
Delta	Una conexión de transformador trifásico en donde las fases están conectadas de una manera que se parece a la letra grieta delta.

Transformadores

Transformador de Tipo Seco	Un transformador diseñado para operar en aire. El diseño no requiere de la ayuda de un líquido para disipar el exceso de calor. Una circulación natural o bien auxiliada con ventilador a través de las aberturas de ventilación es todo lo que se requiere para cumplir con requerimientos de clasificación de temperatura.
Corriente Parásita	Tensión inducida en el núcleo como resultado de la operación del transformador. Las corrientes se desplazan a través del núcleo en trayectorias circulares.
Pérdida por Corriente Parásita	La energía desperdiciada por corrientes parásitas que crean calor en el núcleo, puesto que esto no ayuda al proceso de inducción.
Eficiencia	Una clasificación del porcentaje de energía de entrada transmitida a través del transformador. Este número nunca será 100% en la vida real debido a pérdidas óhmicas, pérdidas por corrientes parásitas y otras ineficiencias.
Transformador Encapsulado	Un transformador de tipo seco especial, sellado en un compartimiento. Puede alejar un calor excesivo del núcleo y de los devanados sin aberturas de ventilación.
Capacidad Completa Arriba de Derivación Completa	Una derivación de tensión especial utilizada para explicar las fluctuaciones de la tensión en el lado de entrada. Permite la afinación de la tensión de salida cuando la tensión de entrada es mayor que lo esperado.
Capacidad Completa debajo de Derivación Completa	Una derivación de tensión especial utilizada para explicar las fluctuaciones de tensión en el lado de entrada. Permite una afinación de la tensión de salida cuando la tensión de entrada es menor que lo esperado.
Entrada	La fuente de tensión que entra en el transformador a través del devanado primario.
Transformador para Instrumentos de Medición	Un pequeño transformador que transforma con una relación precisa para permitir que un instrumento conectado mida la corriente o tensión sin que pase de hecho toda la potencia a través del instrumento.
Clasificación de Temperatura de Sistema de Aislamiento	Una declaración de la temperatura máxima permitida en el punto más caliente en el devanado, a una temperatura ambiente especificada, habitualmente 40°C. El hecho de rebasar esta cifra resultará probablemente en una falla de aislamiento.
Transformador Aislador	Un transformador con una relación de vueltas 1:1. No eleva ni reduce la tensión. Sirve como dispositivo de seguridad, aislando el conductor conectado a tierra de una línea de suministro de energía de un chasis o de cualquier otra parte de una carga de circuito.
Transformador en baño de Líquido	Un tipo de transformador enfriado mediante su colocación en un tanque sellado lleno de líquido. El líquido es normalmente aceite, pero se puede utilizar también silicona u otros líquidos.

Transformadores

Acoplamiento Magnético	El método a través del cual un circuito está enlazado a otro circuito a través de un campo magnético común.
Flujo Magnético	Líneas de fuerza magnética que rodean un imán o electroimán.
NEMA	Abreviatura de National Electrical Manufacturers Association. Una organización de fabricantes de productos eléctricos.
Salida	La tensión transformada que sale del transformador a través del devanado secundario y que pasa a la carga.
Transformador de Potencial	Un tipo de transformador para instrumento utilizado para medir la tensión.
Transformador de Potencia	Un transformador utilizado primariamente para acoplar la energía eléctrica de una línea de suministro de energía a un sistema de circuito.
Primario	El lado del transformador de donde proviene la potencia a cambiar.
Devanado Primario	Vueltas de hilo en el núcleo, utilizadas para conectar la entrada al núcleo.
Transformador Rectificador	Un tipo de transformador de potencia utilizado con circuitos de estado sólido.
Secundario	El lado del transformador en donde la energía es enviada al equipo que requiere para activación. Según el requerimiento de la carga, la tensión fue ya sea elevada o reducida en comparación con la tensión primaria.
Devanado Secundario	Vueltas de hilo del núcleo, se utiliza para conectar la salida al núcleo.
Tipo de Anillo	Un tipo de núcleo en donde el núcleo rodea los devanados.
Transformador Elevador	Un transformador en donde la tensión de salida es mayor que la tensión de entrada. El devanado secundario tiene más vueltas de hilo que el devanado primario.
Transformador Reductor	Un transformador en donde la tensión de salida es inferior a la tensión de entrada. El devanado secundario tiene menos vueltas de hilo que el devanado primario.
Transformador Trifásico	Un transformador utilizado para transformar la potencia suministrada por un sistema de corriente trifásica.
Transformador	Un dispositivo que transfiere la energía eléctrica de un circuito eléctrico a otro, sin cambiar la frecuencia, a través de los principios de la inducción electromagnética. La transferencia de energía se efectúa habitualmente con un cambio de tensión.
Batería de Transformadores	Un conjunto de tres transformadores monofásicos, configurados para transformar una corriente trifásica.
Vueltas	El número de veces que el hilo de un devanado rodea de hecho al núcleo.

Transformadores

Relación de Transformación	Una comparación entre el número de vueltas en el devanado primario versus el número de vueltas en el devanado secundario. Se relaciona directamente con la relación de tensión.
Relación de Tensión	Una comparación entre la tensión que entra en el devanado primario versus la tensión que sale del secundario. Se relaciona directamente con la relación de vueltas.
Derivaciones de Tensión	Una conexión adicional a un devanado, que permite el uso de solamente una parte específica del devanado. Esto permite que el mismo devanado maneje múltiples niveles de tensión.
Voltímetro	Un instrumento utilizado para medir la tensión.
Wattímetro	Un instrumento utilizado para medir el wattaje.
Devanado	Vueltas de hilo alrededor del núcleo del transformador. Conecta el núcleo ya sea a la entrada en el caso del devanado primario, o a la salida, en el caso del devanado secundario.
Y	Una conexión de transformador trifásico en donde las fases están conectadas de una manera que se parece a la letra "Y". Se llama frecuentemente "conexión de estrella".

Respuestas del Repaso 1

1. La respuesta debe decir básicamente, "Un transformador es un dispositivo que transfiere energía eléctrica de un circuito eléctrico a otro, sin cambiar la frecuencia, a través de los principios de la inducción electromagnética. La transferencia de energía se efectúa habitualmente con un cambio de tensión".
2. La respuesta debe decir básicamente, "El núcleo del transformador se utiliza para proporcionar una trayectoria controlada al flujo magnético generado en el transformador".
3. 20
4. Falso
5. 2
6. Derivaciones de Tensión

Respuestas del Repaso 2

1. Tres de los siguientes:
Un sistema trifásico suministra energía a grandes cargas industriales más eficientemente que un sistema monofásico.
La electricidad monofásica está disponible a partir de un sistema trifásico. Tres conductores de un sistema trifásico pueden proporcionar significativamente más energía que los dos conductores de un sistema monofásico. Permite que equipos industriales pesados operen de manera más suave y eficiente.
Puede ser transmitida sobre grandes distancias con tamaños de conductor menores.
2. Verdadero
3. La respuesta debe decir básicamente, "Debido al calibre de hilo más grueso utilizado en los devanados, y debido al área transversal mayor del núcleo".
4. Primario
5. Intensidad, potencial

Respuestas del Repaso 3

1. 12
2. Verdadero
3. La respuesta debe decir básicamente, "El nivel de impulso básico (BIL) es una medición de la capacidad del sistema de aislamiento del transformador a resistir picos de tensión muy alta, de corta duración".
4. 95%
5. La respuesta debe decir básicamente, "La humedad que penetra puede reducir la calidad aislante del aceite. Asimismo, el oxígeno puede causar la descomposición del aceite, lo que resulta en sedimentos".