

TRANSFORMADORES

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es una de las formas de energía que mejor se puede transportar a grandes distancias. Se puede obtener de diversas fuentes primarias de energía y es la que más usos y aplicaciones ofrece en la vida cotidiana. Sin embargo para que se cumpla lo anterior es indispensable disponer un sistema interconectado mediante el cual nos sea posible generar la energía, transportarla y distribuirla a todos los usuarios en forma eficaz, segura y con calidad. En este sistema la energía eléctrica, desde su generación hasta su entrega en los puntos de consumo, pasa por diferentes etapas de adaptación, transformación y maniobra. Para la correcta operación del sistema son necesarios equipos que sean capaces de transformar, regular, maniobrar y proteger. El sistema eléctrico debe cumplir con la tarea de generar energía eléctrica en los lugares más idóneos para tal fin, transformar esa electricidad a unas características propicias para transportarla grandes distancias, transformarla nuevamente para poder ser distribuida en los centros de consumo y finalmente adaptarla a valores aptos para los usuarios.

El sistema eléctrico está compuesto por los siguientes elementos:

- Centrales generadoras de energía.
- Estaciones transformadoras elevadoras.
- Líneas de transporte.
- Subestaciones de transformación reductoras.
- Subestaciones de distribución. - Red de distribución primaria.
- Centros de transformación.
- Red de distribución secundaria

Actualmente los sistemas operan con energía eléctrica en forma de corrientes alternas trifásicas, esto es debido a su facilidad para modificar las tensiones de transporte por medio de transformadores. Otra razón para el uso de corrientes alternas trifásicas es la simplicidad de los generadores y transformadores que trabajan con este tipo de corrientes, así mismo resulta también más sencilla y económica la transmisión y la distribución de este tipo de corrientes. La generación de energía eléctrica (hidráulicas, térmicas, nucleares, eólicas, solares, etc.), se logra generalmente a niveles de tensión menores a los 30 kV, el generar a mayores tensiones sería más costoso debido a las dimensiones y al aislamiento necesario en los generadores. Esta tensión no es la más apropiada para el transporte a largas distancias a causa de las pérdidas que se producirían en los conductores, por lo que es necesario instalar transformadores elevadores.

Las estaciones transformadoras elevadoras tienen por función elevar la tensión de generación a la tensión de transmisión (220 ó 440 KV). Esto debido a que generalmente las centrales se encuentran alejadas de los grandes centros de consumo, así que debe ser transportada. Y con el fin de que el transporte se haga con las menores pérdidas y la instalación de las líneas de transmisión resulte más económica se elevan las tensiones de generación a estos rangos. Esta elevación de tensión justo después de su generación implica tener valores de corriente bajos para una potencia determinada, y no provocar pérdidas elevadas en la impedancia propia de la línea de transmisión. Al final de la etapa de transmisión en las cercanías de los centros de consumo, se hace entonces necesaria una reducción de la tensión, para su correcta distribución y entrega a usuarios.

Otra de las ventajas derivadas de transportar la energía eléctrica a valores altos de tensión, y en consecuencia valores reducidos de corriente, es el ahorro económico que implica poder utilizar cables con menor sección; ya que para la misma potencia a transportar pero a menores valores de tensión

serían necesarios conductores de mayor sección, más costosos, para transmitir energía con valores más altos de corriente. Las subestaciones reductoras tienen la función básica de reducir los valores de tensión de transmisión a valores propios para el reparto en las áreas industriales de los grandes centros de consumo, así como para las subestaciones de distribución del propio sistema eléctrico. Estos valores pueden ser 138, 115 o 69 kV. Frecuentemente estas subestaciones realizan la misión de interconexión entre distintas líneas de transmisión, con la intención de formar anillos en áreas de consumo importante y asegurar la continuidad en el servicio ante la presencia de fallas en alguna de estas subestaciones. En estos casos las subestaciones reductoras cumplen también con la función de maniobra. Las subestaciones de distribución transforman los valores de tensión de las redes de distribución primarias a valores de distribución en media tensión, 13, 23 ó 33 kV.

Subestaciones



La red de distribución es un componente del sistema de suministro, siendo responsabilidad de las compañías distribuidoras. La distribución de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación de la red de transporte se realiza en dos etapas. La primera está constituida por la red de reparto, que, partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas están comprendidas entre 25 y 132 kV. Intercaladas en estos anillos están las estaciones transformadoras de distribución, encargadas de reducir la tensión desde el nivel de reparto al de distribución en media tensión. La segunda etapa la constituye la red de distribución propiamente dicha, con tensiones de funcionamiento de 3 a 30 kV y con una disposición en red radial. Esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo (población, gran industria, etc.), uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación, que son la última etapa del suministro en media tensión, ya que las tensiones a la salida de estos centros es de baja tensión (230/400 V).

Como sistemas de protección se utilizan conductores aislados, fusibles, seccionadores en carga, seccionalizadores, órganos de corte de red, reconectores, interruptores, pararrayos antena, pararrayos autoválvulas y protecciones secundarias asociadas a transformadores de medida, como son relés de protección. **El transformador es una máquina eléctrica estática, que transforma energía eléctrica, con una tensión e intensidad determinada, en energía eléctrica con tensión e intensidad distintas o iguales. Los transformadores son básicamente, circuitos magnéticos con dos bobinas que convierten energía eléctrica de un nivel de tensión y corriente a otro nivel de tensión y corriente diferente, gracias al distinto número de vueltas de cada uno de los devanados y al flujo común, variable en el tiempo, que ambos enlazan.** Estas características lo hacen indispensable en aplicaciones de transmisión y distribución de energía eléctrica en corriente alterna. El transformador de dos devanados se denomina monofásico, y es el más elemental. En circuitos de potencia trifásicos se usan bancos de tres transformadores monofásicos o bien transformadores trifásicos.

1. APLICACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES

Los transformadores estáticos son máquinas eléctricas que permiten modificar los factores de la potencia, tensión e intensidad de corriente, con el fin práctico de que éstos tomen los valores mas adecuados para el transporte y distribución de la energía eléctrica, pero sin cambiar su forma.

La utilidad práctica de los transformadores estáticos se deriva de la economía resultante al efectuar el transporte de la energía eléctrica a tensiones elevadas en razón a que la sección de conductor necesaria en una línea es inversamente proporcional al cuadrado del valor de la tensión adoptada para el transporte de la electricidad.

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{V_2^2}{V_1^2}$$

Expresión que dice: «la sección y por tanto el peso del conductor necesario en una línea, para transmitir una determinada potencia eléctrica, está en razón inversa del cuadrado de la tensión empleada para el transporte».

Este razonamiento explica la conveniencia del empleo de muy elevadas tensiones en el transporte de la energía eléctrica. Ahora bien, en los generadores se presentan fuertes inconvenientes para obtener f.e.m.s. elevadas por ser difícil conseguir aislamientos seguros. Por esta razón, en corriente alterna resulta más práctico generar en el alternador una tensión de 6.000 a 13.000 voltios y elevarla luego en un transformador al valor deseado para el transporte.

El empleo de transformadores estáticos resuelve también un segundo problema, el que se presenta en los lugares de utilización de la energía eléctrica. Los receptores eléctricos deben trabajar a tensiones bajas, de acuerdo con lo reglamentado oficialmente. Ello exige que las tensiones elevadas empleadas en el transporte de la electricidad sean rebajadas a valores no peligrosos para las personas encargadas de manejar los aparatos eléctricos. Según su función, los transformadores pueden ser de dos tipos distintos:

Elevadores.

Son transformadores colocados en las centrales productoras de energía eléctrica, cuya función consiste en elevar la tensión generada en el alternador hasta el valor deseado para el transporte. En la figura 1 el transformador T1 eleva la tensión de 6.600 a 132.000 voltios.

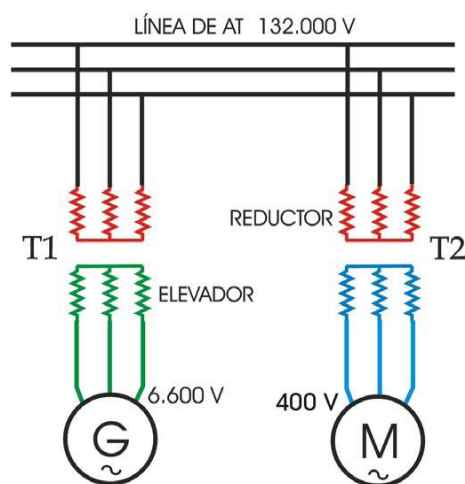


Figura 1 ESQUEMA DE TRANSPORTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Reductores.

Son transformadores colocados en los lugares de utilización de la energía eléctrica, cuya función consiste en reducir la tensión de la red a un valor aceptable para su empleo práctico. En la figura 1 el transformador T2 reduce la tensión de 132.000 a 400 voltios. En la práctica, la reducción total desde la tensión de transporte hasta la de utilización se efectúa en escalones de tensión intermedios, mediante sucesivos transformadores reductores.

2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR

Para adquirir una idea clara del funcionamiento de un transformador estático, véase la construcción más elemental. Sea (figura 2) un circuito magnético simple, constituido por dos columnas y dos culatas, en el que han sido arrollados dos circuitos eléctricos: uno, constituido por una bobina de N_1 espiras, es conectado a la fuente de energía eléctrica de corriente alterna y recibe el nombre de *bobinado primario*. Un segundo bobinado, llamado *secundario*, constituido por N_2 espiras, permite conectar a sus dos extremos libres a un circuito eléctrico de utilización, al que cede la energía eléctrica absorbida por el bobinado primario. Figura 2

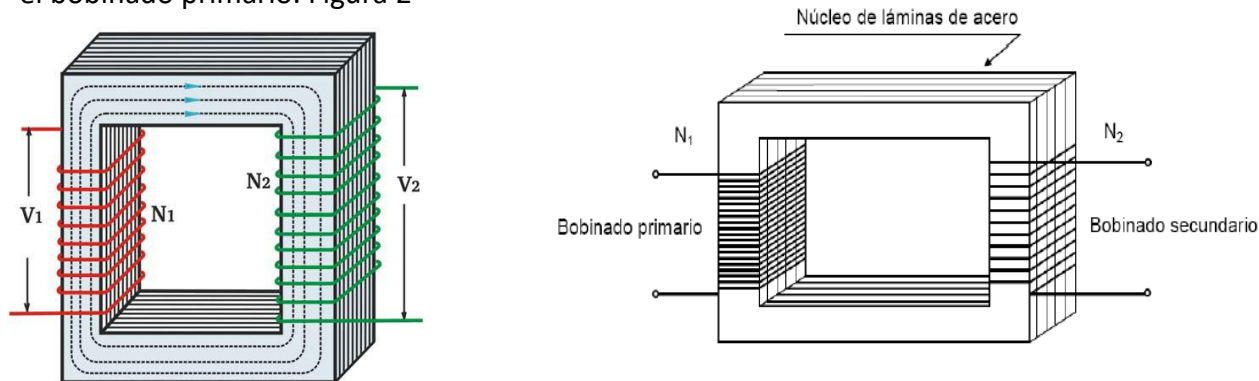


Figura 2 TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

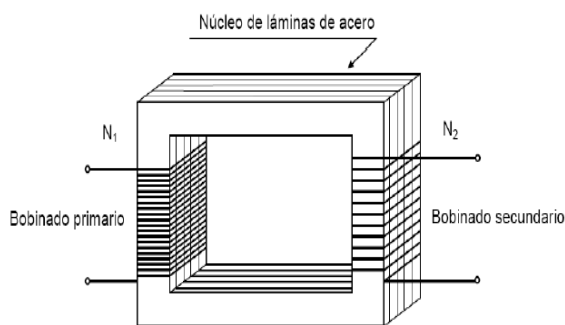
En primer lugar, se deduce que un transformador puede ser considerado, desde el punto de vista del bobinado primario, como un receptor de corriente, mientras que desde el lado del bobinado secundario es un verdadero generador eléctrico.

El efecto combinado de ambos bobinados recorridos por sus respectivas corrientes, determina una fuerza magnetomotriz que da lugar a que se establezca un flujo de líneas de fuerza alterno senoidal en el circuito magnético del transformador.

Este flujo, que es común para los dos bobinados, sirve para transmitir la energía eléctrica de uno a otro. Por otra parte, por ser un flujo variable, hace que en ambos bobinados, se genere una fuerza electromotriz inducida. Ahora bien, la f. e. m. generada en el bobinado primario, al igual que en un motor, es una verdadera fuerza contraelectromotriz, mientras que la que se genera en el bobinado secundario es aprovechada en el circuito exterior de utilización.

3. CONSTITUCIÓN GENERAL DE UN TRANSFORMADOR

Un transformador está constituido por dos circuitos eléctricos acoplados mediante un circuito magnético. El funcionamiento del transformador se basa en la Ley de inducción de Faraday, de manera que un circuito eléctrico influye sobre el otro a través del flujo generado en el circuito magnético. Al conectar el devanado primario a una corriente alterna, se establece un flujo magnético alterno dentro del núcleo. Este flujo atraviesa el devanado secundario induciendo una fuerza electromotriz en el devanado secundario. A su vez, al circular corriente alterna en el secundario, se contrarresta el flujo magnético, induciendo sobre el primario una fuerza contraelectromotriz.



Los circuitos eléctricos están formados por bobinas de hilo conductor, normalmente cobre. Estas bobinas reciben el nombre de devanados y, comúnmente se les denomina devanado primario y secundario del transformador. El bobinado primario con “N1” espiras es aquel por el cual entra la energía y el secundario con “N2” espiras es aquel por el cual se suministra dicha energía. Estos bobinados están aislados entre sí, y con el núcleo.

Los materiales aislantes para el bobinado, o para colocar entre capas, son: papel barnizado, fibra, mica, cinta impregnada, algodón impregnado, etc., para transformadores con bobinados al aire, y para los sumergidos en baños de aceite, se utilizan los mismos materiales sin impregnarse; debe evitarse el uso del caucho en los transformadores en baño de aceite, pues este lo ataca, y tiene efectos nocivos también sobre la mica y aun sobre los barnices. Las piezas separadoras entre bobinados, secciones, o entre estas y el núcleo pueden ser de madera, previamente cocida en aceite, aunque actualmente se prefieren los materiales duros a base de papel o similares (pertenax, etc.). Si se usa madera, no debe interpretarse como que se dispone de aislación, sino solamente de un separador.

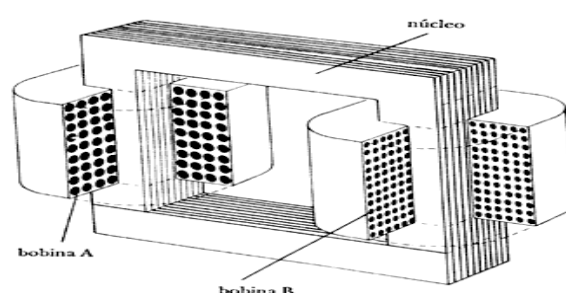
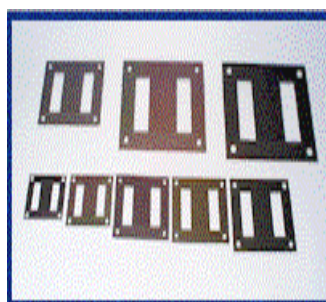
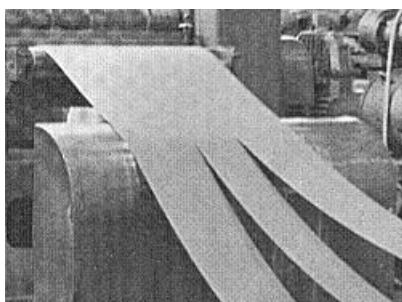
En cuanto a los conductores para hacer bobinas, su tipo depende de la sección, pues hasta 6mm^2 pueden usarse alambre y más arriba de ese límite se usan cables de muchos hilos, o bien cintas planas, para facilitar el bobinado. El aislamiento para los conductores puede ser algodón, que luego se impregnará si no se emplea baño de aceite. La disposición de los devanados en los transformadores, debe ser hecha de tal forma, que se concilien en la mejor forma las dos exigencias, el aislamiento y de la menor dispersión del flujo. La primera requiere de la mayor separación entre devanados, en tanto que la segunda, requiere que el primario se encuentre lo más cercano posible del secundario. En la práctica, se alcanza una solución conveniente del problema con la siguiente disposición de los devanados:

- **Concéntricos:** En el tipo concéntrico, cada uno de los devanados está distribuido a lo largo de toda la columna, el devanado de tensión más baja se encuentra en la parte interna (más cercana al núcleo) y aislado del núcleo, y del de tensión más elevada, por medio de tubos aislantes (cartón baquelizado, baquelita, etc). En la disposición de concéntrico doble, el devanado de tensión más baja se divide en dos mitades dispuestas respectivamente al interior y al exterior uno de otro.
- **Alternados:** En el llamado tipo alternado, los dos devanados están subdividido cada uno en una cinta

número de bobinas que están dispuestas en las columnas en forma alternada. Las consideraciones que orientan desde el punto de vista de diseño, la disposición de los devanados, son aquellos referentes al enfriamiento, el aislamiento, la reactancia de dispersión y a los esfuerzos mecánicos.

El llamado concéntrico doble tiene la prerrogativa de dar lugar a la reactancia de dispersión con valor de alrededor de la mitad de aquel relativo al concéntrico simple. El tipo alternado, en cambio, permite variar tales reactancias, repartiendo en forma distinta las posiciones de las bobinas de los dos devanados. Para los esfuerzos mecánicos son mejor las disposiciones de tipo alternado, pues permite que el transformador soporte mejor los esfuerzos mecánicos. El circuito magnético está constituido por chapa magnética de acero aleado a base de Si (3-5%), generalmente de grano orientado laminada en frío, esta laminación tiene la propiedad de tener pérdidas relativamente bajas por los efectos de la histéresis magnética y las corrientes de Foucault.

Un espesor típico de la chapa es 0,35 mm. La sección de las columnas y culatas no es rectangular; tampoco es circular, aunque se aproxima a esta geometría a base de una disposición por escalones. Las capas van aisladas entre sí mediante un barniz o un tratamiento termoquímico.

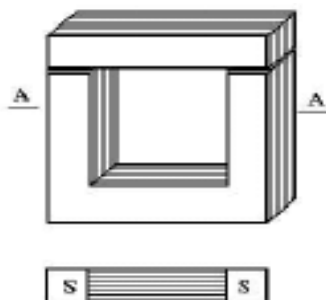


En los núcleos magnéticos de los transformadores tipo columna se distinguen dos partes principales: las columnas y los yugos. En las columnas se alojan los devanados y los yugos unen entre sí a las columnas para cerrar el circuito magnético.

Debido a que las bobinas se deben montar bajo un cierto procedimiento y desmontar cuando sea necesario por trabajos de mantenimiento, los núcleos que cierran el circuito magnético, terminan al mismo nivel en la parte que está en contacto con los yugos, o bien con salientes, en ambos casos los núcleos se arman con juegos de laminaciones para columnas y yugos que se arman por capas de arreglos "pares" e "impares". Cuando se han armado los niveles a base de juegos de laminaciones colocadas en "pares" e "impares" el núcleo se sujeta usando tornillos opresores y separa por medio de los tornillos tensores. En los transformadores pequeños se colocan las chapas una a una, alternando las juntas, para dar más solidez al conjunto y evitar piezas de unión entre partes del núcleo. En los grandes, las dos cabezas quedan separadas, y deben sujetarse con pernos roscados.

En los transformadores de gran potencia suele ser necesario formar conductos de refrigeración en la masa del núcleo, para aumentar la superficie de disipación del calor se colocan entonces separadores aislantes, de espesor conveniente para la circulación del aceite. El circuito magnético o núcleo, constructivamente, puede ser:

- **De columnas:** Dos columnas (para un trafo monofásico), sobre las que se arrollan los devanados.

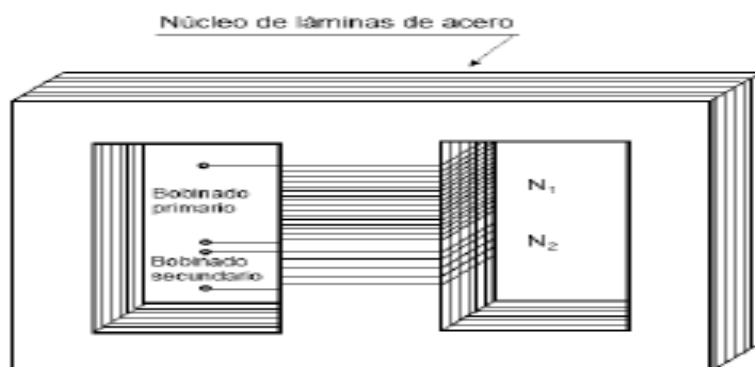


Existen distintos tipos de núcleos tipos columna, que está caracterizado por la posición relativa de las columnas y de los yugos.

Núcleo monofásico: Se tienen dos columnas unidas en las partes inferior y superior por medio de un yugo, en cada una de estas columnas se encuentran incrustadas la mitad del devanado primario y la mitad del devanado secundario.

Núcleo trifásico: Se tienen tres columnas dispuestas sobre el mismo plano unidas en sus partes inferior y superior por medio de yugos. Sobre cada columna se incrustan los devanados primarios y secundarios de una fase. Las corrientes magnetizantes de las tres fases son distintas entre sí, debido principalmente a que el circuito magnético de las columnas externas es más largo que el correspondiente a la columna central. Este desequilibrio, teniendo en cuenta que la corriente de vacío es bastante baja, tiene influencia solamente para las condiciones de operación en vacío.

Acorazado: Tres columnas, o sea, dos ventanas. Sobre la columna central, que tiene como sección el doble de las laterales, se disponen los devanados. Los dos bobinados se ubican en la rama central, logrando con este sistema reducir el flujo magnético disperso de ambos bobinados, colocando generalmente el bobinado de baja tensión en la parte interna y el de mayor tensión rodeando a este en la parte externa.



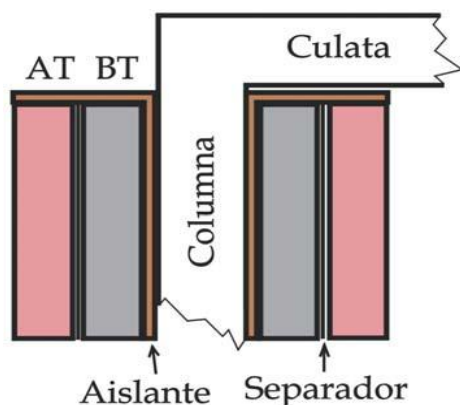
Las columnas laterales son para retorno del flujo.

Este tipo de núcleo acorazado, tiene la ventaja con respecto al llamado tipo columna, de reducir la dispersión magnética, su uso es más común en los transformadores monofásicos. En el núcleo acorazado, los devanados se localizan sobre la columna central, y cuando se trata de transformadores pequeños, las laminaciones se hacen en troqueles. Las formas de construcción pueden ser distintas y varían de acuerdo con la potencia. Además de los circuitos eléctricos y magnéticos, el transformador se compone de **CUBA, FLUIDO REFRIGERANTE, RADIADORES, ELEMENTOS DE PROTECCIÓN A LA CONEXIÓN Y TERMINALES.**

Circuitos eléctricos

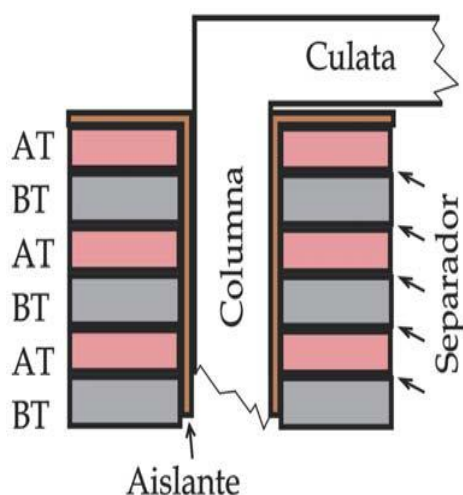
Los dos circuitos eléctricos de un transformador, tanto el primario como el secundario, ejercen funciones similares y la construcción de ambos es esencialmente igual. Los transformadores monofásicos acorazados van provistos de una sola bobina por cada circuito eléctrico, estando colocadas las dos bobinas de la máquina en la columna central del circuito magnético.

En los transformadores monofásicos de circuito magnético simple, ambos circuitos eléctricos, tanto el primario como el secundario, están divididos en dos partes iguales, cada una de las cuales contiene la mitad del número de espiras del circuito. En cada columna del circuito magnético se dispone una de las dos mitades de cada bobinado. La disposición de las bobinas de bobinados primario y secundario de una misma columna puede ser efectuada de dos maneras diferentes: concéntrica y alternada.



La disposición Concéntrica, que es la más empleada, consiste en colocar concéntricamente las dos bobinas correspondientes a una misma columna (figura 10). Al objeto de dar seguridad al aislamiento, la bobina de baja tensión es colocada junto al núcleo de hierro y exterior a ella, y separada por un cartón aislante, va dispuesta la bobina de alta tensión. Esta disposición ofrece además una apreciable ventaja cuando hay que reparar el bobinado de AT, que es el más propenso a averías.

Figura 10 BOBINADOS CONCÉNTRICOS



La disposición alternada de los bobinados se emplea raramente, sólo en transformadores de muy elevada potencia y fuertes corrientes. En esta disposición subdivide cada bobinado en varias bobinas parciales que tienen forma de disco y se colocan alternativamente a lo largo de cada columna (figura 11), separando las de alta y baja tensión mediante arandelas de papel baquelizado. Por otra parte, con el fin de dar más seguridad al conjunto del bobinado, se hace que las dos bobinas elementales situadas en los extremos de la columna sean de baja tensión, para lo cual llevan éstas la mitad del número de espiras que las otras bobinas del mismo bobinado de BT.

Figura 11 BOBINADO ALTERNADOS DE PRIMARIO Y SECUNDARIO

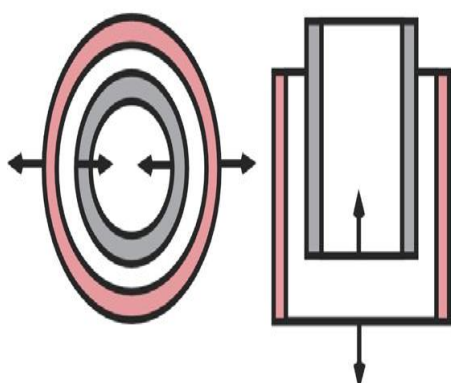
Construcción de bobinas

Las bobinas de transformadores se construyen aparte. Su ejecución ha de ser muy cuidadosa, procurando que resulten de elevada rigidez dieléctrica y gran solidez mecánica. Para conseguir estos resultados se arrollan las espiras sobre tubos de papel baquelizado.

Generalmente, la bobina de alta tensión contiene un elevado número de espiras, por lo que se subdivide en varias bobinas elementales de poca altura. Esta subdivisión hace que la tensión entre dos capas de espiras consecutivas se mantenga dentro de un valor prudencial.

En algunos casos en que el bobinado llamado de baja tensión es también de tensión elevada, se construye como los de alta tensión, dividiendo cada bobina en varias bobinas elementales. En cambio, cuando el bobinado de baja tensión tiene pocas espiras, el conductor empleado es de gran sección, y para formar la bobina se arrolla de manera continua de principio a fin de cada capa.

Sujeción de los bobinados



Entre las espiras de los bobinados de un transformador se desarrollan esfuerzos mecánicos de repulsión tanto en sentido radial como axial, cuando aquéllas son recorridas por corrientes eléctricas.

Estos esfuerzos alcanzan valores considerables con las corrientes de plena carga y serían peligrosísimos en el caso de producirse un corto circuito en el bobinado secundario.

Los esfuerzos mecánicos de repulsión entre bobinados tienen dos sentidos, uno radial y otro axial.

Figura 12 ESFUERZOS DE REPULSIÓN ENTRE BOBINADOS

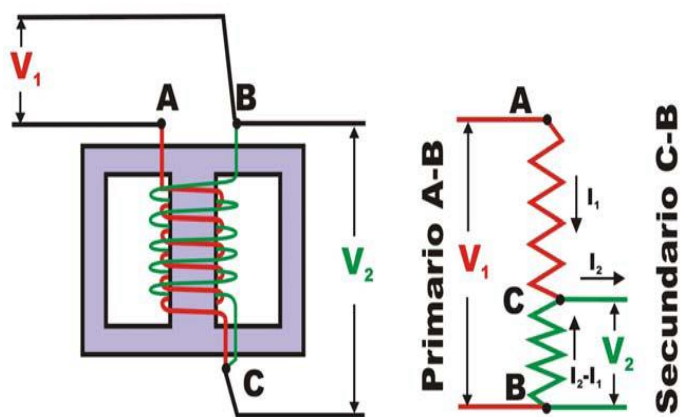
En la figura 12 se indica el sentido de las fuerzas radiales, y las axiales, que desarrollan un esfuerzo de tracción en los conductores de la bobina exterior y otro de compresión sobre el tubo aislante del bobinado interior, al mismo tiempo, aparecen los sentidos de las fuerzas axiales, las cuales tienden a desplazar los bobinados.

Los esfuerzos axiales son muy peligrosos, y para evitar sus perjudiciales efectos es necesario sujetar de manera eficaz las bobinas, disponiendo tacos de madera entre bobinas por un lado y culatas y bridas de sujeción por otro.

AUTOTRANSFORMADORES

También es posible efectuar la transformación de la energía eléctrica mediante autotransformadores, máquinas estáticas de construcción más económica que el transformador.

En esencia se caracteriza el autotransformador por poseer un solo circuito eléctrico, del cual parten cuatro salidas, dos primarias A y B y dos secundarias C y B (figura 27). Entre las bornas A y B, el bobinado tiene N_1 espiras, cuyo número corresponde a la alta tensión.



En este bobinado se ha efectuado una derivación en el punto **C** distante, **N2** espiras del extremo **B**, de forma que el trozo **BC** corresponde a la baja tensión. Así pues, en este bobinado se distinguen dos partes distintas, una **CB** común a los circuitos de alta y baja tensión y otra **AC** conectada en serie con la anterior, que pertenece sólo a la alta tensión. Como se verá enseguida, **los conductores que forman estas dos partes son de distinta sección.**

Figura 27 AUTOTRANSFORMADOR

Funcionamiento en vacío

Un autotransformador funciona en vacío cuando, estando abierto el circuito secundario, existe la tensión nominal entre las bornas primarias. Así en el autotransformador monofásico de la figura 27, funciona en vacío y entre las bornas A-B existe la tensión V_1 .

Por el bobinado circula la corriente de vacío de Intensidad i_0 pequeña respecto de la corriente de carga, ya que toma solamente el valor necesario para mantener el flujo en el circuito magnético.

Al igual que en los transformadores, si se divide la tensión en alta entre la tensión en baja, resulta una cantidad m que se llama relación de transformación (ver párrafo 7). Dividiendo el número de espiras N_1 del primario entre el número de espiras del secundario N_2 también se obtiene el mismo valor m .

$$m = \frac{N_1}{N_2}$$

También es interesante saber que número de voltios por espira de un transformador o de un autotransformador:

$$V_{esp.} = \frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2}$$

Funcionamiento en carga

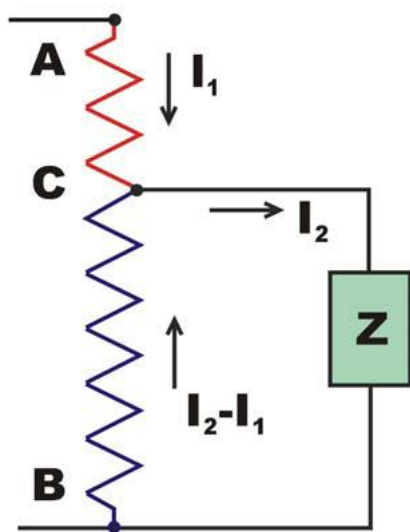


Figura 28 AUTOTRANSFORMADOR EN CARGA

Un autotransformador monofásico funciona en carga, cuando se conecta entre las bornas secundarias B y C un circuito exterior (figura 28). Entonces el circuito secundario es recorrido por la corriente de carga de valor I_2 y el autotransformador absorbe de la red primaria una corriente de mayor intensidad que la absorbida en vacío, ya que es preciso que los amperios-vueltas primarios se opongan a los creados por la corriente secundaria a fin de que resulte constante el valor del flujo.

Al objeto de llegar a conocer el sentido relativo de las distintas corrientes que existen en un autotransformador que funciona en carga, es necesario establecer el instante en el cual la carga de un autotransformador tensión V_1 es de sentido tal que el potencial de A es mayor que el de B, lo que determina que la fuerza electromotriz generada en la bobina tenga el sentido opuesto, es decir, de B a A. En cuanto al sentido de la corriente primaria, en el instante considerado,

que ha de ser el mismo que el de la tensión aplicada, viene representado por la flecha I_1 . Por su parte, el sentido de la corriente secundaria I_2 es el mismo que el de la fuerza electromotriz, por serlo también el de la tensión en bornas secundarias. Así pues, su sentido queda representado por la flecha I_2 .

La intensidad de corriente en la parte común ha de ser igual a la diferencia de intensidades de corriente primaria y secundaria, resultado que pone de manifiesto la gran ventaja del autotransformador, consistente en que la parte común del bobinado puede ser construida con un conductor de sección relativamente pequeña, ya que por él circula una corriente de intensidad también pequeña.

El sentido de la corriente en la parte común BC viene señalado por la flecha $I_2 - I_1$, lo que se hace evidente teniendo en cuenta que la corriente secundaria I_2 es mayor que la primaria I_1 . En efecto, en carga resultan muy aproximados los amperios-vueltas primarios y secundarios, es decir, que se verifica

$$N_1 \cdot I_1 = N_2 \cdot I_2$$

de donde se deduce que las intensidades de corriente están en razón inversa que las tensiones y que la corriente I_2 es mayor que I_1 .

CONSTITUCIÓN GENERAL DE UN AUTOTRANSFORMADOR

La construcción de un autotransformador es similar a la de un transformador, pero entre ambas clases de máquinas existe una diferencia esencial derivada de que en el transformador cada fase tiene dos bobinados independientes, uno de alta tensión y otro de baja, mientras que en el autotransformador cada fase dispone de un solo bobinado con tres bornas de salida.

Aparentemente es difícil apreciar esta diferencia, ya que incluso cada fase del autotransformador está constituida por las dos bobinas independientes que se indican a continuación:

Bobina común formada por un elevado número de espiras, ya que debe estar calculado para la tensión secundaria. El conductor de la bobina común es de poca sección, sólo la necesaria para permitir el paso de una corriente, cuya intensidad es igual a la diferencia entre las corrientes secundaria y primaria.

Bobina serie formada por un número de espiras N_1 pequeño, ya que ha de estar prevista para una tensión diferente de las tensiones primaria y secundaria. La sección de conductor de la bobina serie ha

de ser grande, ya que queda recorrida por la corriente total absorbida por el autotransformador de la línea de alimentación.

Las dos bobinas, **común y serie**, van dispuestas concéntricamente en una misma columna, al igual que si fueran los dos bobinados de un transformador normal (figura 27). Se acostumbra a colocar en el interior la bobina serie y al exterior la bobina común, debido a que ésta es más propensa a averías. Las dos bobinas quedan conectadas directamente mediante un puente de conexión C que une los dos extremos inferiores de las bobinas. Del conjunto se sacan tres salidas, dos de ellas A y B en los extremos libres de las bobinas y la tercera C del puente de conexión.

Obsérvese que para conseguir el adecuado sentido de las corrientes en las bobinas, es preciso que ambas sean construidas en sentido inverso, es decir, que una es ejecutada de plato a punto y la otra de punto a plato.

Ventaja de los Autotransformadores

La gran ventaja que se consigue con el empleo de los autotransformadores, que consiste en que su núcleo es más pequeño que el de un transformador de igual potencia. Esta ventaja es tanto mayor cuanto más próximos son los valores de las tensiones primaria y secundaria.

Inconveniente del autotransformador

El mayor inconveniente del autotransformador consiste en el hecho de que ambos circuitos, primario y secundario, tienen un punto común (el puente de conexión), lo que entraña la posibilidad de que, por error o avería en la línea de alta tensión, el valor de ésta se comuniquen a la línea de baja tensión, con los peligros subsiguientes, si los aislamientos de la red de baja no están previstos para la alta tensión.

Autotransformador trifásico

En un autotransformador trifásico cada fase está constituida por un bobinado ejecutado como el que se ha expuesto para el autotransformador monofásico.

Las tres fases de un autotransformador trifásico son unidas en estrella, para lo cual se unen los extremos libres de las bobinas comunes (figura 29). Las bornas de alta tensión, son los extremos libres de las bobinas serie, mientras que las bornas de baja tensión salen de los puentes de conexión de las bobinas serie y común. En un autotransformador trifásico se puede disponer de conductor neutro si fuera necesario. La teoría y reglas expuestas para los autotransformadores monofásicos son aplicables a los trifásicos sin más que tener en cuenta que en éstos la tensión por fase es raíz de $\frac{1}{3}$ veces más pequeña que la tensión de línea.

Empleo de los autotransformadores

El examen de las ventajas e inconvenientes de los autotransformadores permite deducir sus posibilidades prácticas de utilización. Estas máquinas son adecuadas en los siguientes casos:

En **transformaciones de energía eléctrica** cuando son aproximados los valores de, las tensiones primaria y secundaria. Tal sucede en interconexiones de dos redes de alta tensión, de 66.000 y 60.000 voltios por ejemplo.

Desde el punto de vista de esta clase de aplicaciones se puede afirmar que las ventajas del autotransformador sobre el transformador quedan superadas por los inconvenientes cuando la alta tensión es de valor doble que la baja.

Para el **arranque de motores** síncronos y asíncronos de mediana y gran potencia. En un autotransformador de arranque se ejecutan dos o más derivaciones en las bobinas serie, las cuales permiten someter al motor a tensiones progresivamente crecientes al objeto de conseguir el arranque del motor en las condiciones deseadas.

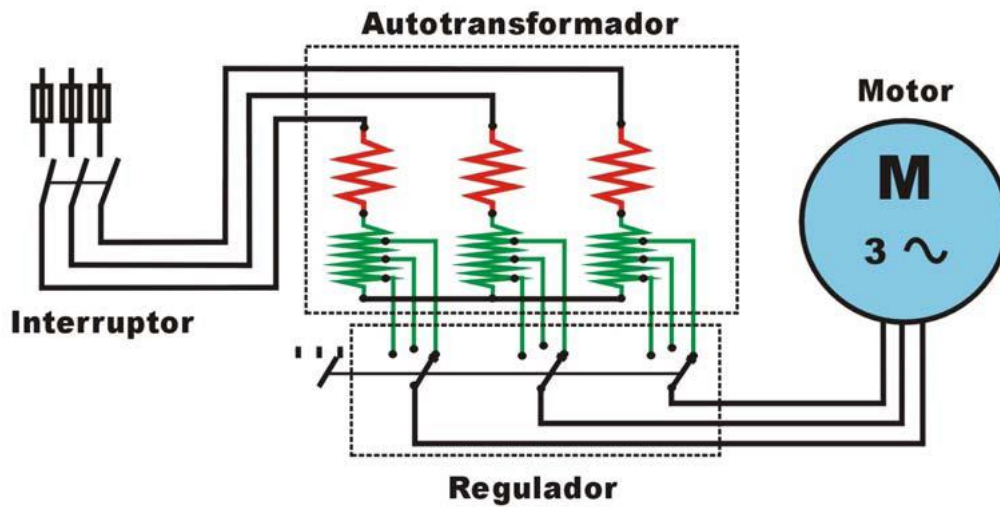


Figura 29 AUTOTRANSFORMADOR CON VARIAS SALIDAS PARA ARRANQUE DE MOTORES

Hola alumnos como están!! Espero que bien.

Como sabemos hasta ahora la modalidad que tenemos de trabajar es en forma virtual debido a que no lo podemos hacer en forma presencial debido al aislamiento social obligatorio.

Nuestra materia requiere de gran cantidad de tiempo de parte práctica por lo que cuando volvamos a la actividad normal trataremos de afianzar todos estos saberes y ponerlos en práctica en nuestra aula taller (TUM).

Lo que me interesa en este trabajo practico es que sepan que es un transformador, para que sirve, donde se lo utiliza, partes principales de un transformador (partes), tipos de transformadores, tipo de refrigeración de los transformadores, características principales de los transformadores industriales, ventajas y desventajas.

En este primer trabajo veremos una parte de transformadores y en un segundo trabajo práctico veremos la segunda parte.

Tengan en cuenta que las repuestas a las preguntas con este texto las pueden contestar pero estaría bueno que complementarían la repuesta investigando un poco en la web.

Son un grupo muy bueno y tengo plena confianza que podremos llevar a cabo los restantes trabajos que nos queden hasta que podamos retomar la actividad normal.

Los saludo y quedo a la espera de sus trabajos y/o consultas.

Criterios de Evaluación: El trabajo una vez finalizado debe ser enviado por correo electrónico a la siguiente dirección de correo: **carlos_cov@hotmail.com**

Deberá ser presentado en formato papel en folio y escrito en Word con caratula que contenga:

Nombre de la materia

Nombre del trabajo práctico

Nombre del profesor

Nombre del alumno

Año lectivo

Curso

División

Plazo de entrega lunes 3 de mayo del 2020

Aquel alumno que no pueda pasar el trabajo en forma digital (por computadora) lo debe hacer en su carpeta en forma escrita, respetando los criterios de evaluación o sea debe tener una caratula que contenga lo descripto anteriormente y sobre todo prolijidad para que se pueda comprender lo escrito.

Recuerden que cuando se reestablezcan las actividades estos trabajos deben estar en sus carpetas, son parte de su carpeta y por lo tanto es el contenido que tienen que estudiar y sirve de registro y documento que acredita su trabajo y apropiación de saberes. Se valorará y se otorgará un punto extra a quien además de responder correctamente coloque gráfico o agregue material de lectura investigado por el propio alumno.

CUESTIONARIO

- 1)-¿Investigue en la web que es una subestación?
- 2)-¿ A que valores de tensión transforman las subestaciones de transformación?
- 3)-¿ Que es un transformador ? Defina
- 4)-¿ Cuantos devanados tiene un transformador monofásico y que nombre se les da a los devanados en este transformador?
- 5)-¿Los transformadores pueden ser de dos formas, Reduc..... o Elebad.....explique brevemente cada uno de ellos?
- 6)-Investigue y explique brevemente el principio de funcionamiento de un transformador.
- 7)-¿Como es la constitución general de un transformador explique brevemente?
- 8)-¿A que hace referencia la distribución concéntrica y la disposición alternada?
- 9)-¿Que significa que un transformador trabaja en vacío o con carga?
- 10)-Investigue que es un autotransformador
- 11)-Explique brevemente las ventajas y desventajas de un autotransformador