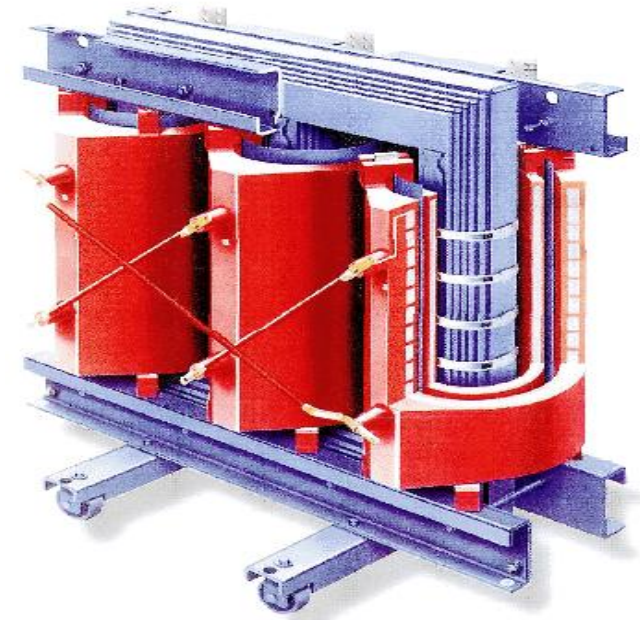


Transformador TUMETIC
de 630 kVA, $U_m = 24$ kV



TRANSFORMADORES

(parte 3)

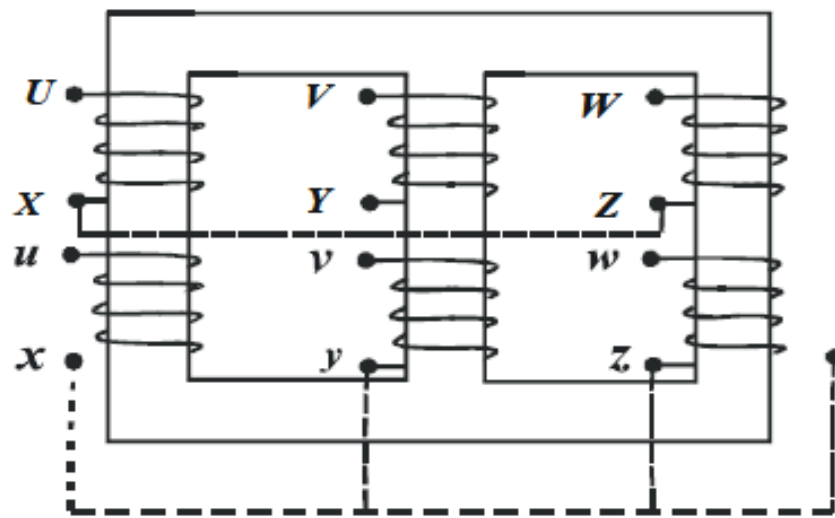
Mg. Amancio R. Rojas Flores

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

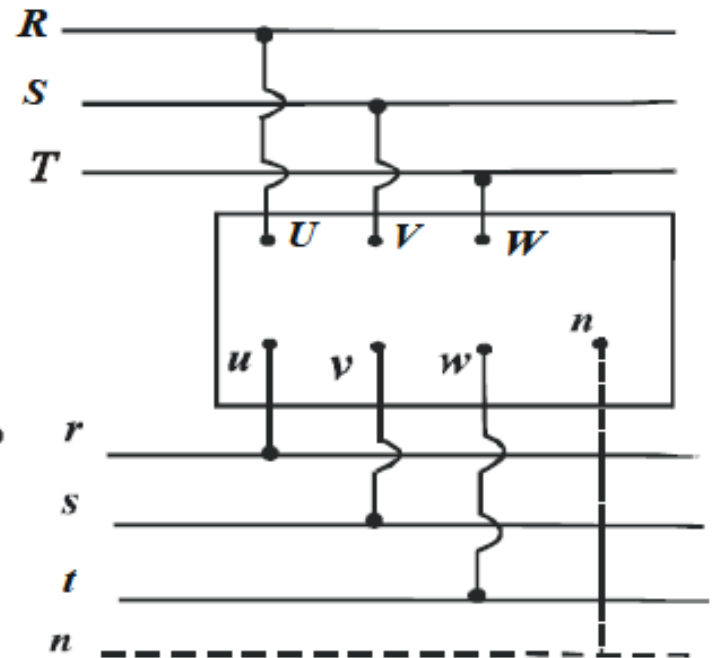
La transformación de tensiones y corrientes en los sistemas trifásicos pueden realizarse de dos maneras distintas.

De acuerdo a la estructura del núcleo del transformador trifásico, la más empleadas son las siguientes :

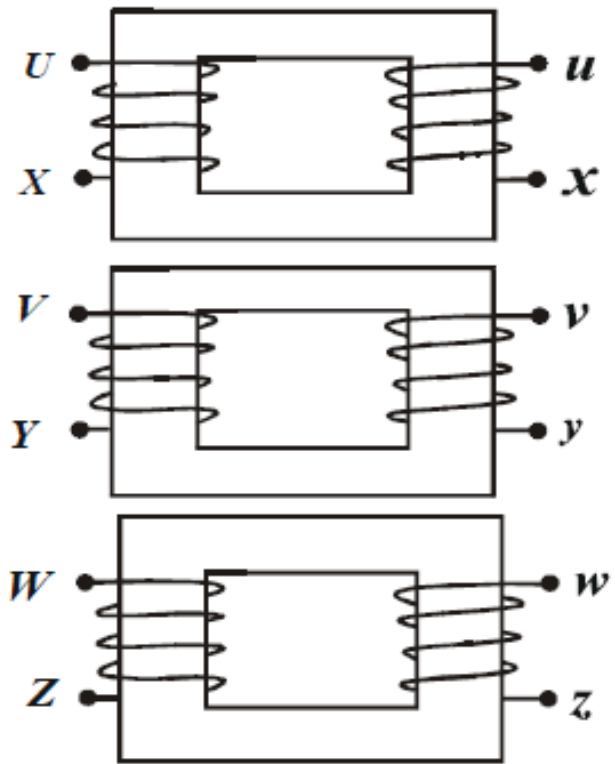
- Transformador con Sistemas Magnéticos Acoplados, que es denominado como transformador de tres columnas o núcleo trifásico; que tiene una asimetría en los circuitos magnéticos, lo que origina que las tres corrientes de excitación no sean iguales.



TRANSFORMADOR (Y y n)



- *Transformador con Sistemas Magnéticos Independientes, denominado también banco de transformación trifásica a base de transformadores monofásicos ó grupo transformador trifásico. En este caso se tienen tres circuitos magnéticos independientes, por lo que las corrientes de excitación serán iguales.*

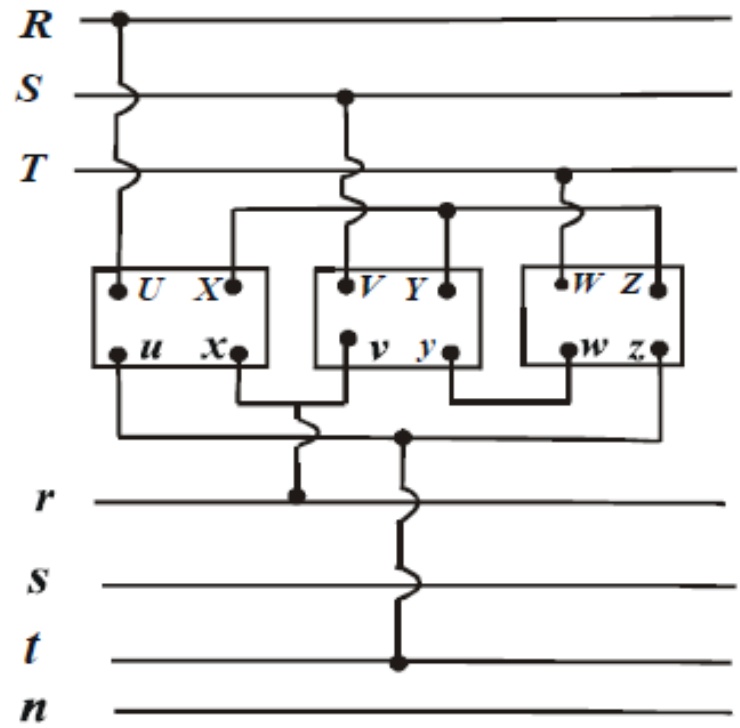


1a fase

2a fase

3a fase

Banco 3 ϕ (Yd)



Ventajas del transformador de núcleo 3ϕ sobre los grupos monofásicos:

- 1. Ocupan menos espacio.*
- 2. Son más livianos.*
- 3. Son más baratos.*
- 4. Hay solo una unidad que conectar y proteger.*

Desventajas:

- 1. Mayor peso unitario.*
- 2. Cualquier falla inutiliza toda la transformación 3ϕ lo que obliga a tener una unidad o potencia de reserva mayor.*

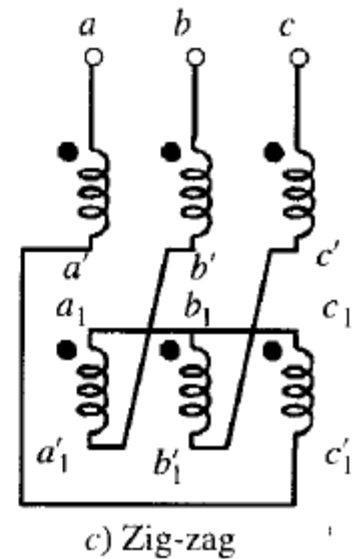
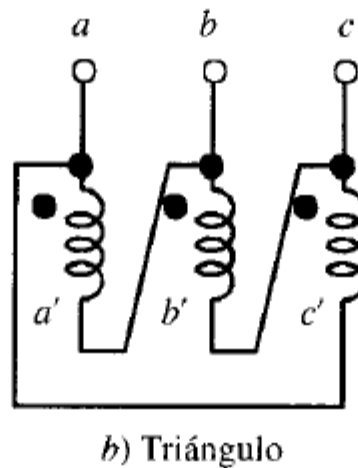
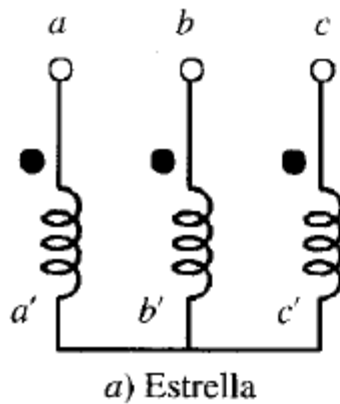
Los devanados, tanto primario como secundario, pueden estar acoplados en:

| | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| <i>Estrella:</i> | Y (en el lado de A.T.), | y (en el lado de B.T.). |
| <i>Triángulo:</i> | D ("), | d ("). |
| <i>Zig-zag:</i> | Z ("), | z ("). |

Por convención se adopta la letra mayúscula para indicar la forma de conexión del devanado primario y con letra minúscula, la del devanado secundario (por ejemplo: Yd es conexión primaria en estrella y secundario en triángulo). Por lo tanto las combinaciones de conexiones que se obtienen son las siguientes:

Dd, Dy, Dz, Yy, Yd, Yz, Zd, Zy, Zz; siendo las mas empleadas las seis primeras combinaciones.

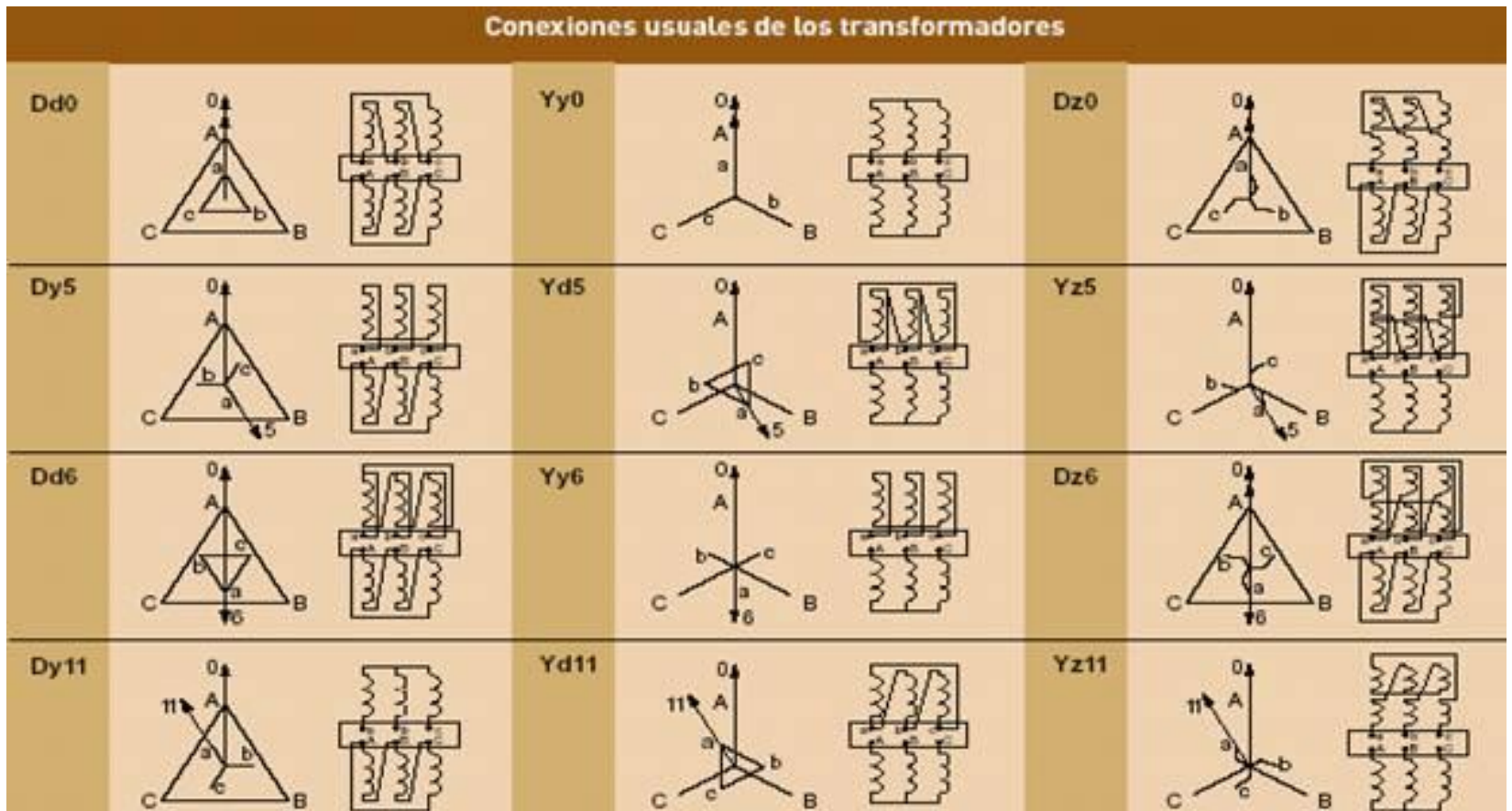
Si algún devanado tiene neutro accesible, al símbolo correspondiente se le señala la letra "o" o "n".

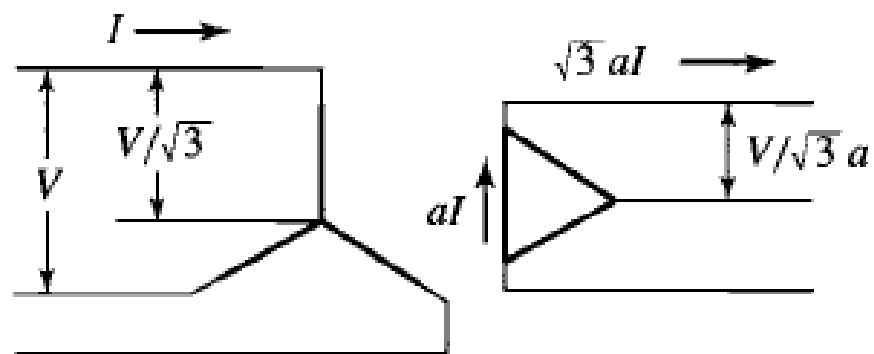


CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

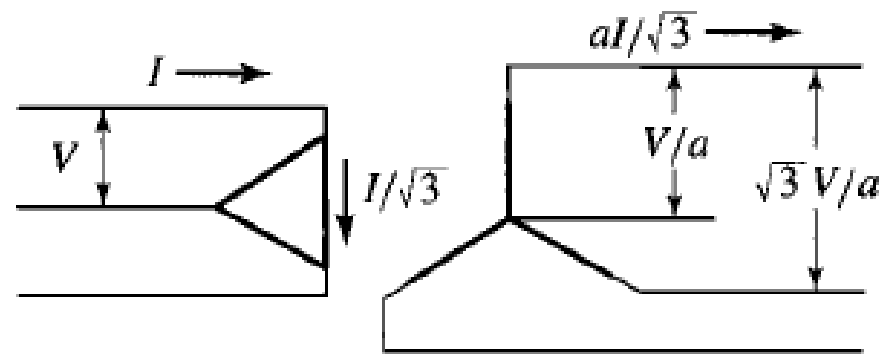
- a) **Conexión Estrella:** Esta forma de conexión, se prefiere para operaciones con tensiones elevadas(ó muy altas) por resultar más económico.
- b) **Conexión Triángulo:** Empleada para transformadores de potencia elevada y tensiones moderadas ó corrientes elevadas.
- c) **Conexión Estrella-Estrella:** Empleado cuando se desee disponer de neutro en baja y cuando no se prevean grandes corrientes de desequilibrio (fase neutro). Útil para transformadores con potencias pequeñas ó moderadas a tensiones elevadas.
- d) **Conexión Estrella-Triangulo:** Adecuado como transformador reductor (cuando no se requiere puesta a tierra en el secundario). No genera armónicas de tensión. Se recomienda mayormente para tensiones secundarias relativamente bajas que motiva corrientes elevadas.
- e) **Conexión Triángulo- Estrella:** Empleado como transformador elevador. No es generador de terceras armónicas de tensión. No motiva flujos por el aire en caso de cargas desequilibradas (c.c.) ni traslados de neutros (sobretensiones). Admite cargas desequilibradas y posibilidad de sacar neutro en baja tensión.

f) **Conexión Estrella-Zeta:** Solo se emplea en transformadores de distribución de reducida potencia. Puede operar con neutro secundario, admitiendo toda clase de desequilibrios y las tensiones secundarias no presenta terceras armónicas. Es más caro que el Estrella – Estrella, por el mayor empleo de material en su construcción.

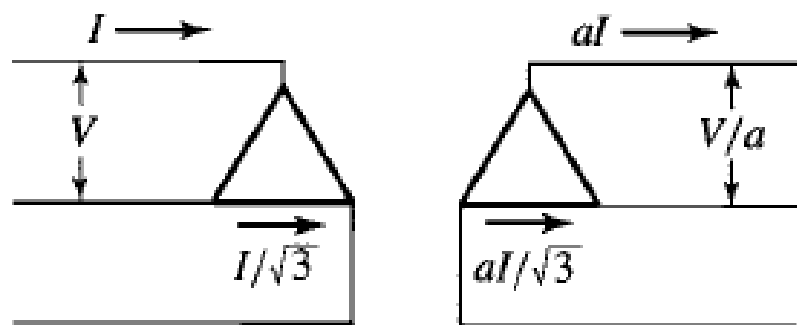




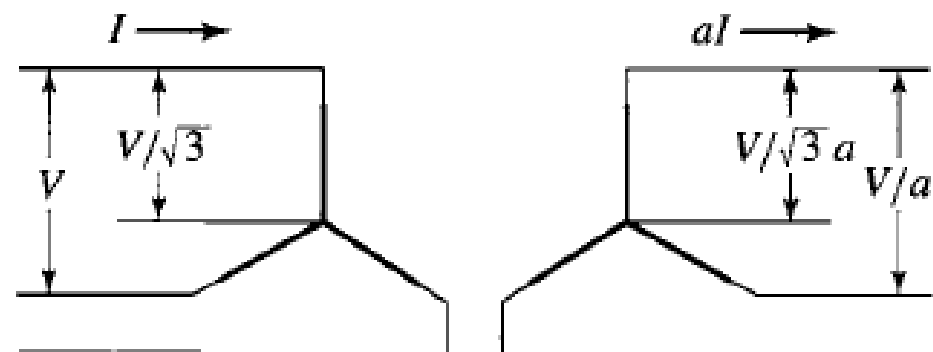
(a) Y- Δ connection



(b) Δ -Y connection



(c) Δ - Δ connection



(d) Y-Y connection

Ejemplo 6 . Se conecta un transformador trifásico reductor a una línea de 20kV y absorbe 20 A . Si la relación de espiras por fase es igual a 100. calcular la tensión compuesta y la corriente de línea en el secundario del transformador; para las siguientes conexiones. A) estrella-estrella b) triangulo-triangulo c) estrella- triangulo d) triangulo-estrella Nota. Despreciar las perdidas del transformador.

Solución

La potencia del transformador es en todos los casos igual a

$$S = \sqrt{3}V.I = \sqrt{3}.20000 .20 \approx 693 \text{ kVA}$$

En las diferentes conexiones se tiene

*a) **Estrella –estrella:** la tensión simple del primario será $V_1 = \frac{20000}{\sqrt{3}}$*

Y la corriente de cada fase coincide con la de la línea, es decir, $I_1 = 20 \text{ A}$. Los valores simples secundarios vendrían ligados por la relación de transformación , de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$a = 100 = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

De donde se deduce $V_2 = \frac{200}{\sqrt{3}}$; $I_2 = 2000A$

Que en valores compuestos corresponden a 200V y 2000A

a) **Triangulo-triangulo:** de forma análoga al caso anterior, se deducen unos valores de línea igual a 200V y 200 A en el secundario

b) **Estrella-triangulo:** los valores simples de primario, teniendo en cuenta que esta conectado en estrella, serán

$$V_1 = \frac{20000}{\sqrt{3}}; \quad I_1 = 20A$$

Los valores simples de tensión y corriente secundaria, de acuerdo con la relación de transformación dan:

$$V_2 = \frac{200}{\sqrt{3}}; \quad I_2 = 2000A$$

Que teniendo en cuenta que este devanado esta conectado en triangulo, corresponde a unos valores de línea de

$$V_1 = 20000V; \quad I_1 = \frac{20}{\sqrt{3}}A$$

Y los valores correspondientes en el secundario son:

$$V_2 = 200V; \quad I_2 = \frac{2000}{\sqrt{3}}A$$

Que teniendo en cuenta que este devanado esta en estrella, resultan unos valores de línea de :

$$200\sqrt{3} \quad \text{y} \quad 2000\sqrt{3}A$$

QUESTIONARIO SOBRE TRANSFORMADORES

1. ¿Qué es un transformador?

El transformador es un aparato eléctrico cuya misión es transformar una tensión determinada en otra, también alterna, de igual frecuencia. La transformación tiene lugar sin ninguna clase de movimiento mecánico y casi sin pérdida de rendimiento.

2. ¿Cómo se clasifican los transformadores?

Los transformadores se clasifican de diversas formas a saber:

a) Según su uso o aplicación, como de:

Potencia.

Distribución.

Medida.

Aislamiento.

Los de potencia pueden ser elevadores o reductores de voltajes.

Los de medida y generalmente los de distribución son reductores de tensión.

Los de aislamiento no elevan ni reducen el voltaje, solo hacen un acople magnético.

b) Según su sistema de refrigeración: Secos (tipo abierto o sellado).

En líquido (aceite mineral, líquidos de alto punto de ignición, etc).

c) Según su número de fases en:

Monofásicos.

Trifásicos.

Otros (bifásicos, exafásicos, zig-zag, etc).

3. ¿Qué partes componen un transformador?

El transformador, cualquiera que sea su tamaño, básicamente está constituido de una parte activa que la componen el núcleo, las bobinas y sus accesorios.

*a) **Parte activa:** Los devanados y el núcleo forman lo que se llama la parte “activa” del transformador y constituye el corazón del mismo.*

***Devanados.**-También llamados arrollamientos, son los encargados de recibir la tensión (arrollamiento primario) y de entregarlo (arrollamiento secundario).*

El devanado primario y el secundario forman el circuito eléctrico del transformador, se construyen independientemente con un alambre de cobre ó aluminio en forma de espiras. Como es lógico, al terminar de arrollar quedan dos puntas que se llaman principio y fin del devanado.

Estas dos puntas se comunican con la parte exterior por aisladores terminales que son de formas diferentes de acuerdo al nivel de voltaje al que están sometidos.

Los dos devanados (Primario y Secundario) no están unidos físicamente y de acuerdo al contexto de la respuesta, debe decirse más estrictamente "transformador de Voltaje o tensión", cuyo conjunto forma lo que se llama una fase del transformador.

Núcleo.- *Es el soporte mecánico sobre el que se enrollan los devanados y al mismo tiempo lo que permite que al energizar el transformador (también se dice alimentar o entregar tensión) por el devanado primario "aparezca otra tensión en el secundario" mediante un fenómeno natural llamado "inducción magnética". El núcleo forma el circuito magnético del transformador y es construido basándose en aceros especiales.*

b) Accesorios: *Según sea el uso o aplicación del transformador, los accesorios para éste pueden ser: Tanque, aisladores, herrajes, conmutador, indicador de nivel de aceite, termómetros, rieles, aceite, válvula de alivio de presión, ruedas, tanque de expansión, etc.*

c) Aditamentos mecánicos: *Constituidos por los tornillos, ángulos, apoyos y demás piezas que permiten el armado y el ajuste de la parte activa.*

d) El tanque: *Que contiene todo lo anterior, lo protege del medio ambiente y debe estar en capacidad de evacuar el calor producido por las pérdidas de energía propias de su funcionamiento.*

e) **El Aceite:** Toda máquina al trabajar se calienta; el aceite refrigera la parte activa evacuando el calor generado en ella, sirviendo al mismo tiempo como elemento aislante. Hay transformadores llamados “secos”, que reemplazan el aceite por aire.

4. ¿Cuál es la vida útil puede tener un transformador?

Un transformador, si es operado en las condiciones normales estipuladas en la placa de características y garantizadas por el fabricante, puede durar un mínimo de 20 años. Esto obviamente bajo el supuesto que el transformador se encuentre adecuadamente protegido y mantenido.

5. ¿Cómo debo especificar un transformador?

Se debe tener información entre otros de los siguientes puntos :

- a) Uso ó aplicación del transformador : Residencial ó Industrial.
- b) Tipo de montaje : exterior en poste ó sobre piso; interior en sótano, ó pisos superiores.
- c) Carga a aplicar al transformador en KVA
- d) Tensión de la red de alimentación: Usualmente 22,900; 20,000 ; 13,200 10,000 voltios.
- e) Tipo de servicio: Monofásico o trifásico.
- f) Tensión de uso en el secundario : 440V, 380V (para el sistema trifásico) o 220V-110V (para el sistema monofásico).

Para especificar correctamente un transformador, debe tenerse en cuenta como mínimo los siguientes puntos:

- *Potencia ó capacidad expresada en KVA.*
- *Número de fases: monofásico o trifásico.*
- *Conexión :Dy, Dd,Yd,Yy, etc.*
- *Refrigeración: tipo seco ó en líquido.*
- *Tensión primaria.*
- *Tensión secundaria.*
- *Otros.*

6. ¿Cómo, cuándo y por cuánto tiempo puedo sobrecargar un transformador?

Un transformador puede ser sobrecargado si se conoce:

- *La temperatura ambiente promedio del lugar ó recinto donde esta instalado.*
- *La temperatura promedio del aceite en el nivel superior del tanque.*
- *La carga que tuvo el transformador las 24 horas precedentes.*

Con lo anterior y basado en las guías de cargabilidad, dato suministrado por el fabricante, se puede determinar qué sobrecarga y por cuanto tiempo se le puede aplicar al transformador.

Queda entendido que una sobrecarga exige térmicamente a los diversos aislantes y puede ocasionarse una disminución en la vida útil del transformador.

7. ¿Puedo pedir cualquier capacidad o existen capacidades normalizadas de transformadores?.

Las normas técnicas de transformadores tienen establecidas capacidades normalizadas para transformadores así:

Monofásico

5, 10, 25, etc

Trifásico

15, 30, 45, 75, etc.

Estas deben consultarse, sin embargo se puede hacer a pedido especial otras capacidades no normalizadas.

8. ¿Cómo influye el grupo de conexión en la carga a instalar?

El grupo de conexión (Dd0, Dy1, Dy5, Dy11, etc) no tiene incidencia sobre la carga. Incide según sea la necesidad de un neutro accesible en el lado secundario ó en el primario por cuestiones de conexión de equipos de medida y protecciones. Por lo general el grupo de conexión más comúnmente usado es el Dyn5. Esto significa que hay acceso externo al neutro.

El grupo de conexión debe tenerse en cuenta sólo cuando se requiere un transformador para ser instalado en paralelo con otro transformador, ó cuando el transformador se alimenta por un generador eléctrico.

9. ¿Puede un transformador entregarme dos tensiones simultáneas y diferentes por el secundario, y qué capacidad me puede dar?

Efectivamente, un transformador puede entregar dos ó más tensiones diferentes por el lado secundario y en forma simultánea. Precaución especial: Debe tenerse cuidado en las cargas a conectar puesto que la suma de las potencias entregadas debe ser como máximo igual a la nominal del transformador.

10. ¿Qué es el transformador conmutable?

Es aquel transformador que está diseñado y constituido para operar en dos tensiones de alimentación diferentes. Ejm. Inicialmente ser conectado para una tensión primaria de 13200 voltios y luego, mediante la conmutación ó cambio de conexión Interna en los devanados, conectarse a 11400 voltios.

Ahora bien, dicha conmutación puede realizarse desde el exterior del transformador mediante una perilla de conmutación o efectuando cambios internos, desencubando el transformador.

11. ¿Ante una caída ó elevación del voltaje secundario, qué puede hacerse en el transformador?

Todos los transformadores monofásicos y trifásicos de ejecución normal, disponen de un sistema de cambio, diferente al detallado en la pregunta anterior que permite obtener ajustes pequeños de tensión.

12. ¿Cómo debo especificar el voltaje secundario de un transformador monofásico?

Si se desea alimentar cargas permanentes en un sistema trifilar, NO TRIFÁSICO, es diferente el que sea 240 – 120 ó 120 – 240. Pero si en un futuro deseo alimentar sólo a 120 voltios, debo especificarlo 120 – 240 voltios. La razón es que los cuatro terminales internos del devanado de baja tensión están sueltos y permite conectarlos en serie o paralelo.

Así hay una diferencia entre los conectores de B.T. para 240 – 120 y / o 120 – 240, como se indica en la norma ANSI.

13. ¿Porqué se habla de un voltaje secundario en vacío y un voltaje secundario a plena carga?

Cuando un transformador se energiza y no se aplica carga, por el secundario aparece un voltaje que se llama “tensión en vacío”; pero cuando comienza a cargarse, esta tensión va reduciéndose hasta caer aproximadamente un 2%, Esto depende del transformador cuando esté completamente cargado. Esto se debe a pérdidas internas del transformador Inherentes a su construcción y se conoce como regulación.

Entonces el voltaje en vacío tiene que ser un poco mayor con carga y basta que nos sea entregado uno de los datos para quedar definido el otro.

14. ¿Qué accesorios debe llevar un transformador?

a) Relé Buchholz:

Es un aparato de protección del transformador que puede accionar una alarma en caso de fallas leves y que puede sacar de servicio al transformador en caso de fallas graves. Las fallas que puede detectar son todas aquellas que producen aumento de temperatura capaz de hacer ebullición del aceite y producir burbujas; tal es el caso de un cortocircuito interior. Sólo puede ir en transformadores que lleven tanque de expansión.

b) Deshumectador de sílica – gel:

La expansión y contracción del volumen del aceite hacen que el transformador necesite “respirar” el aire del medio ambiente, el cual contiene humedad que al penetrar al interior ocasionaría degeneración del aceite y oxidación interior, este deshumectador contiene gránulos de una sustancia deshidratante que son paso forzado del aire, absorbiendo toda su humedad.

c) Válvula de Sobrepresión:

Es una protección contra explosión del transformador ocasionada por aumento de presión cuando ocurren fallas ó cortocircuito. Las hay en dos tipos : Con contacto de alarma y/o disparo (para desconectarse el transformador) y pequeña sin contactos.

d) Indicador de Nivel:

Es un medio exterior de conocer el nivel (altura) a la que se encuentra el líquido en el tanque con el fin de descubrir fugas ó aumentos excesivos en el volumen por calentamiento. Las hay de dos tipos: Tipo flotador mostrando el nivel por medio de una aguja en un dial, y de vidrio, donde se observa directamente el Interior del tanque.

e) Termómetro:

Indica la temperatura en la parte superior del aceite. Los tenemos en dos tipos : con contacto de alarma y / o disparo y sin contactos.

Ambos poseen un indicador de la máxima temperatura que ha alcanzado el transformador desde la ultima inspección.

f) Conmutador de Derivaciones:

Colocado con el fin de regular el voltaje de salida el transformador cuando ocurren variaciones en el voltaje primario. Estos son de accionamiento exterior.

g) Placa de características:

Donde aparecen consignados todos los datos particulares del transformador, tales como corrientes por las líneas, pesos, conexiones eléctricas, etc.

h) Caja para terminales del circuito de control:

A donde van todos los terminales de los contactos de alarma y / o disparo que poseen el revelador buchholz, la válvula de sobrepresión, termómetros, etc. Los elementos encargados de dar alarma como bombillos, sirenas, pitos, etc. Deben ser conectados desde esta caja.

i) Tanque de expansión:

Es un tanque elevado con respecto al tanque principal del transformador y conectado por una tubería con éste (En ésta tubería se instala el Relé Buchholz), su finalidad es prevenir el envejecimiento prematuro del aceite; sólo se usa en transformadores de potencias mayores a 2,5 MVA ó en casos en los que el cliente lo desee.

j) Caja terminal ó ducto para aisladores:

Es una cámara donde van albergados los aisladores terminales para A.T. ó B.T. con el fin de protegerlos en un medio ambiente hostil, deben cumplir distancias eléctricas mínimas y clave de recirculación generalmente IP 20 o IP 28.

k) Dispositivo de purga:

Se utiliza para drenar ó tomar muestras de aceite, deben ir en la parte inferior del tanque principal y en la parte inferior del tanque de expansión cuando el transformador lo lleva.

l) Válvulas de Recirculación:

Son dos: una en la parte superior y otra en la parte inferior del tanque. Se usan para hacer recircular aceite con filtro de prensa

m) Conectores del Tanque a tierra:

Se usan para aterrizar el tanque con el fin de evitar peligros en el personal que se acerque a él y facilitar el camino a tierra de las sobretensiones. Los hay tornillos y placa de conexión a tierra.

n) Dispositivos para tracción:

Facilita el arrastre de los transformadores evitando que sea agarrado de partes susceptibles de daño.

o) Orejas de Levante:

Para levantar el transformador con eslingas ó ganchos.

p) Ruedas:

Facilita la traslación del transformador. Las tenemos en dos tipos: Orientable con ó sin pestañas.

q) Radiadores:

Ayudan a enfriar el transformador aumentando artificialmente la superficie del tanque en contacto con el medio ambiente refrigerante.

r) Manovacúómetros:

Se utilizan con el fin de chequear los cambios en la presión interna del transformador.

s) Gancho para levante de la tapa:

Permite levantarla cuando su peso sobrepasa los 50Kg.

t) Cuernos de arco:

Desvía las sobretensiones de las líneas para que se descarguen a través del tanque y no pasen por los devanados.

15. ¿Cuál es la diferencia entre un transformador convencional y uno autoprotegido?

La diferencia entre un transformador convencional y uno autoprotegido radica en que el primero está construido con lo mínimo y necesario para operar; parte activa, tanque, aceite y accesorios y para su adecuada instalación se le debe adicionar externamente las protecciones como pararrayos, fusibles en el primario y un posible Interruptor automático en la salida a la red secundaria.

El autoprotegido lleva externamente y adosado al tanque los pararrayos e internamente los fusibles del primario y secundario, además de un interruptor, e inclusive lámpara de señalización de sobrecarga.

16. ¿Qué es un autotransformador?

Es un transformador que tiene unidos físicamente los dos devanados debido a que esto ocasiona un ahorro en el material a usar en la construcción.

17. ¿A qué pruebas se someten los transformadores antes de ser despachados al cliente?.

Hay que diferenciar tres tipos de pruebas:

- *De rutina: Las que se realizan a todos los transformadores que salen "Sin excepción".*
- *Tipo y especiales: Se realizan a solicitud del cliente.*

Las pruebas de rutina son:

a) Medida del valor de la resistencia óhmica de los devanados en la posición de trabajo del conmutador de derivaciones.

b) Medidas de la Relación de transformación, verificación y comprobación de la polaridad y grupo de conexión.

c) Medidas de las pérdidas y tensión de cortocircuito.

d) Medidas de las pérdidas y corrientes de vacío.

e) Prueba de tensión inducida: Se trata de verificar la calidad del aislamiento entre espiras y entre capas. Para el efecto se aplica una tensión por el devanado de baja tensión, equivalente al doble de la tensión en vacío y para evitar la saturación del núcleo se aplica una frecuencia equivalente como mínimo al doble de la nominal y durante un lapso de tiempo que depende de la frecuencia aplicada.

f) Prueba de tensión aplicada: Con éste ensayo se verifica el estado de los aislamientos entre los devanados primario y secundario y entre éstos a tierra.

Las pruebas tipo son:

a) Prueba del conmutador de derivaciones. (No se realiza para transformadores de distribución).

b) Pruebas de impulso y de frentes de onda: Simulan las descargas atmosféricas y los rayos para demostrar que el transformador tiene un aislamiento suficientemente grande como para resistirlos.

c) Prueba de calentamiento: Verifica que las temperaturas de trabajo normal del transformador no se pasen de las apropiadas ya que este factor es primordial en la vida del transformador. Es una prueba que puede durar 10 horas en la cual se simula el transformador con toda su carga para medir el calentamiento.

d) Prueba de rigidez dieléctrica del aceite: Se realiza para verificar el posible contenido de humedad en el aceite, Con éste ensayo y otros como el de acidez, tensión interfacial, viscosidad y color, puede determinarse el estado del aceite.

Las pruebas especiales son:

a) Medición de la impedancia de secuencia cero.

b) Medición de tangente delta o factor de potencia de los aislamientos

18. ¿Cuándo se sabe si el transformador pasa o no las mencionadas pruebas?

Dentro del grupo de ensayos relacionados en el numeral anterior , hay pruebas de tipo destructivo y no destructivo pero que se evalúan respecto a valores de normas preestablecidos.

Dentro de las pruebas de tipo destructivo se encuentran:

- *Pruebas de tensión inducida.*
- *Prueba de tensión aplicada.*
- *Prueba de impulso.*

Una falla en una de éstas pruebas, da lugar a rechazar el transformador y aún el diseño.

Respecto a las pruebas de tipo destructivo, y excluyendo las pruebas anteriormente mencionadas (de tipo destructivo) en el numeral anterior, la evaluación está basada en las diferentes normas NTC., tales como la N° 818 y 819 que se refiere a los niveles de pérdidas en núcleo y devanados, corriente magnetizante y tensión de cortocircuito; las N° 801, 1058 y 2482 que tratan de los límites de calentamiento y capacidad de sobrecarga.

19. ¿Qué opciones anormales afectan la vida útil del transformador?

Diversidad de factores afectan la vida útil del transformador, la cual se espera que sea mínimo de 20 años. Entre otro factores los más relevantes son los siguientes:

Condiciones de alimentación: Para una misma carga, si se alimenta sobreexcitado ó sea con tensión primaria mayor a la nominal en la posición del conmutador, el núcleo además de saturarse arrojará más pérdidas y en consecuencia se presentarán temperaturas en aceite y devanados mayores a las normales. Si el transformador es alimentado a una frecuencia 5%, o más, por debajo de la nominal 60 ciclos, de igual manera se presentará calentamiento en el núcleo al incrementarse las pérdidas.

También deben incluirse las situaciones transitorias en la red tales como sobretensiones por maniobra, descargas atmosféricas, etc.

CONDICIONES AMBIENTALES:

Los transformadores están diseñados para operar bajo determinadas condiciones de temperatura y altura sobre el nivel del mar. Si no se tienen en cuenta estos puntos, el transformador puede sufrir sobrecalentamiento que le restará vida útil.

CONDICIONES DE CARGA:

Como un complemento a lo anotado en el numeral 6, si al sobrecargar el transformador no se tiene en cuenta la temperatura ambiente, la carga precedente y el tiempo durante el cual vamos a aplicar la sobrecarga que necesitamos, pueden presentarse sobrecalentamientos y por ende le estaremos restando vida útil al transformador.

Aspectos constructivos: trafos trifásicos



5000 kVA
Baño de
aceite



2500 kVA
Baño de aceite



1250 kVA
Baño de aceite

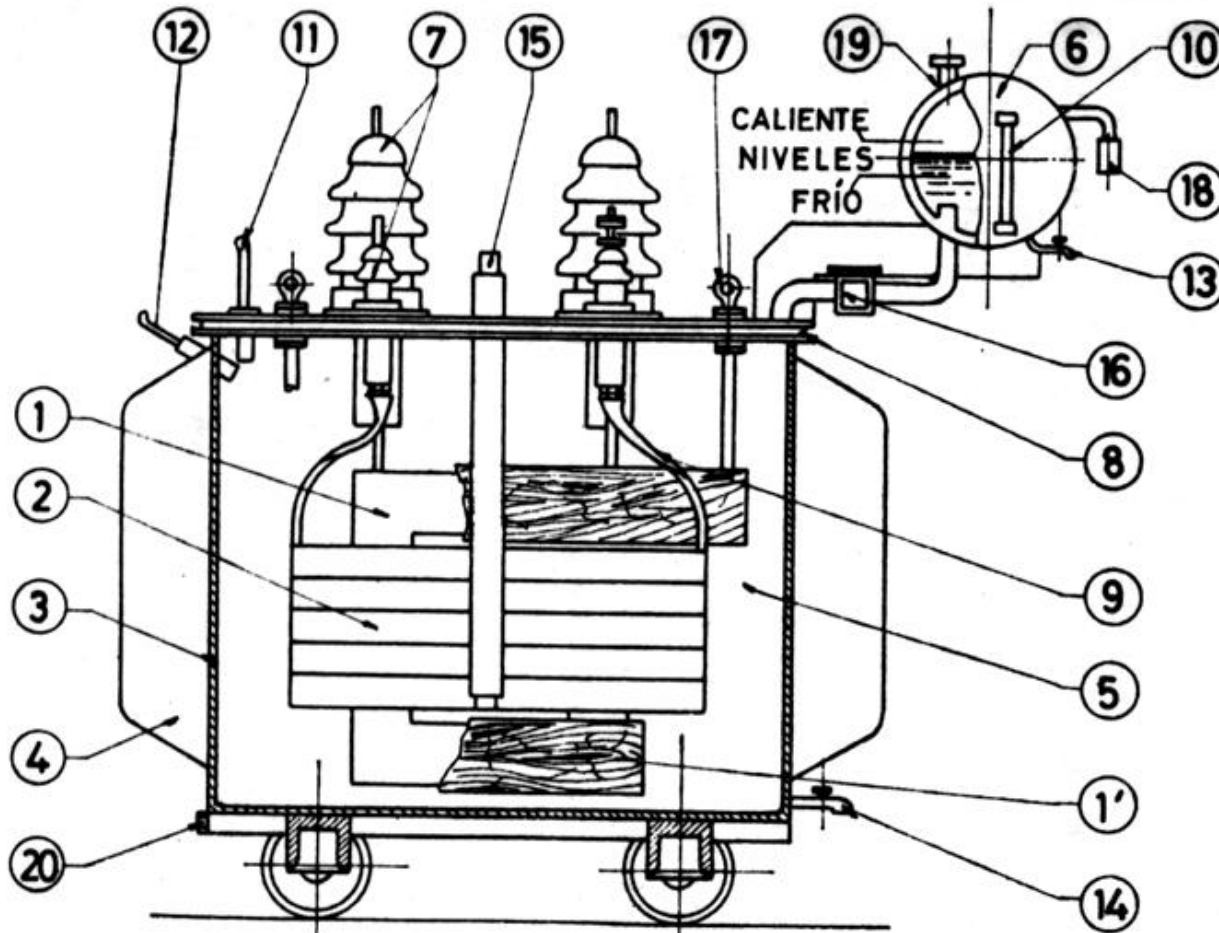


10 MVA
Sellado con N₂



10 MVA
Sellado con N₂

Aspectos constructivos: refrigeración



© Transformadores de potencia medida... E. Ras Oliva

- 1 Núcleo
- 1' Prensaculatas
- 2 Devanados
- 3 Cuba
- 4 Aletas refrigeración
- 5 Aceite
- 6 Depósito expansión
- 7 Aisladores (BT y AT)
- 8 Junta
- 9 Conexiones
- 10 Nivel aceite
- 11 - 12 Termómetro
- 13 - 14 Grifo de vaciado
- 15 Cambio tensión
- 16 Relé Buchholz
- 17 Cáncamos transporte
- 18 Desecador aire
- 19 Tapón llenado
- 20 Puesta a tierra