

TRANSFORMADORES ASPECTOS GENERALES

“El transformador es un dispositivo eléctrico, estático, que transforma la energía eléctrica mediante un enlace electromagnético, entre dos o más circuitos eléctricos, modificando los valores de los parámetros de tensión y corriente a la misma frecuencia.”

ASPECTO CONSTRUCTIVO

En forma general se los puede clasificar según la potencia en:

Transformadores de Potencia: Trifásicos, mayores de 1000 KVA. Tensión de trabajo: entre 33 KV y 500 KV. Pueden ser de dos o tres devanados. Se los utiliza generalmente para transmisión y en subestaciones a nivel.

Transformadores de Distribución: relación de transformación: 13,2 KV / (0,4 – 0,230)KV

a) Trifásicos: hasta 1000 KVA. Construidos según normas IRAM.2250. Se los utiliza generalmente en subestaciones aéreas o subterráneas.

b) Monofásico y Rural: entre 5 y 16 KVA. Construidos según normas IRAM.2250. Se los utiliza generalmente montados sobre postes o columnas.

Transformadores de uso General: Monofásicos de baja potencia

Transformadores de Medición: TI, TV.

Según los tipos y construcción de los transformadores:

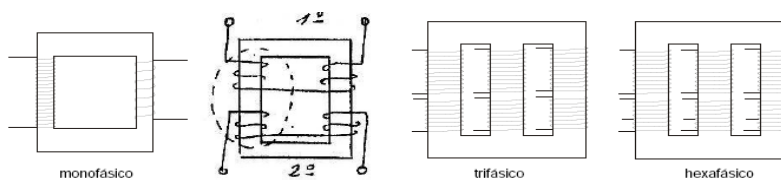
Monofásicos: - pueden ser de columnas (tipo A) o acorazado (tipo B). - auto transformadores

Trifásicos: - pueden ser de columnas (tipo A); acorazado (tipo B); de 5 columnas
- auto transformadores

Hexafásicos: - pueden ser de tres columnas

A) TIPO NÚCLEO o COLUMNA:

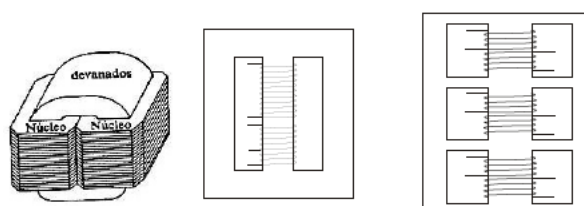
Debe su nombre a que el circuito magnético es un núcleo rodeado por el bobinado.



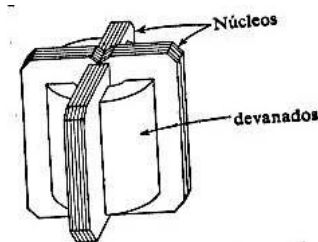
B) TIPO ACORAZADO:

Deben su nombre a la coraza que forma el circuito magnético sobre el bobinado.

B-1) ACORAZADO:



B-2) ACORAZADO DISTRIBUIDO:



El tipo de núcleo es de menor costo que el acorazado, sin embargo este último nos da un rendimiento un poco mayor. La potencia de un transformador de transmisión es directamente proporcional a la masa de hierro del núcleo.

En el tipo acorazado, para transformadores pequeños y de uso común, el brazo medio tiene una geometría rectangular o cuadrada ($\equiv$), en cambio en grandes potencias se adecua este brazo a la forma de la bobina mediante el laminado con chapas de distinto ancho ($\equiv$); con esto se logra disminuir las pérdidas por flujo disperso, ya que en estas potencias el "alambre" (en realidad ya es una planchuela) del bobinado no es tan maleable como el utilizado en pequeñas potencias.

Las laminaciones generalmente están hechas de acero al silicio, las que, para mejorar su permeabilidad, se las trata con laminaciones en frío o caliente; otro tipo son las de grano orientado que tienen muy baja reluctancia. Para grandes potencias estas van remachadas o sujetas por pernos aislados que atraviesan la estructura, debido a que los esfuerzos electromagnéticos a los que se somete el transformador bajo cortocircuito son elevados (son proporcionales al cuadrado de la corriente). Para reducir las pérdidas por histéresis y

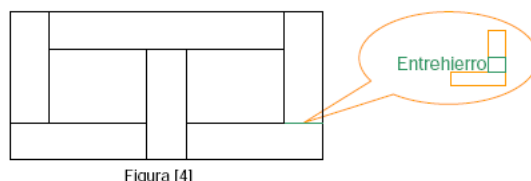
corrientes de Foucault, las laminaciones están barnizadas o revestidas para aislarlas entre sí.

El alambre que se utiliza en el bobinado es de cobre de alta pureza cuyo micrométrico recubrimiento aislante (esmalte) no afecta su conductividad, por tanto las pérdidas que introduce un transformador en vacío están más ligadas al núcleo que al cobre. Es por ello que el factor determinante de la calidad del transformador pasa por el núcleo. No obstante todo lo expresado, la energía que absorbe el transformador en el primario es prácticamente igual a la que suministra en su secundario, lo que la hace una máquina de muy alto rendimiento.

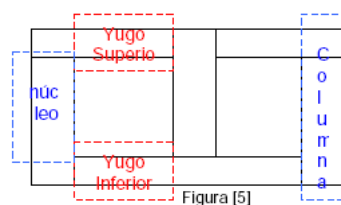
CONSTRUCCIÓN DEL NÚCLEO:

Para disminuir los entrehierros, el núcleo se construye por capas de chapas intercaladas (como en una pared):

Capas impares:



Capas pares:



CONSTRUCCIÓN DEL BOBINADO:

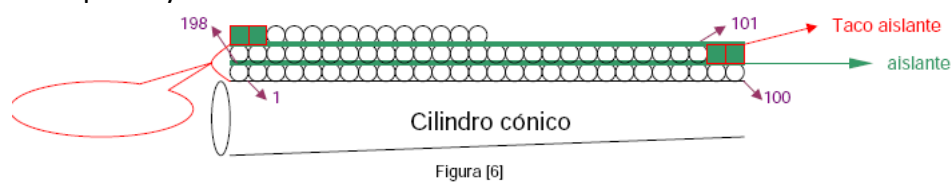
A) BOBINADO:

El bobinado se puede construir en forma continua: la bobina se hace sin interrupciones; o por paquetes: la bobina se hace por paquetes de devanados que luego se montan en serie para generar la bobina

completa; este último tiene la ventaja de que permite circular al aceite de la cuba por entre los paquetes de la bobina, logrando una mayor refrigeración, y además si se quema uno no hay que cambiar todos. En ambos procedimientos primero se bobina el devanado de baja tensión (BT), encima de este, aislante de por medio, se bobina el devanado de alta tensión (AT); esto porque el núcleo del transformador está al potencial cero o de maza, por lo que mientras mas distancia respecto al núcleo tome el devanado de AT mayor será la aislación entre ellos. Generalmente se los bobina encimados o en forma coaxial (a lo largo de un mismo núcleo), de esta forma se reduce al mínimo el flujo disperso. El papel aislante puede ser Prespan el cual tiene una rigidez de 1000V/mm, u otros materiales: madera, pertinax. etc...

B) AISLACIÓN:

Supongamos tener una bobina de 100 espiras y cuya tensión por espira es de 2V, entonces la diferencia de tensión entre la espira 1 y la 198 sería de 396V



Esta diferencia de potencial, puede llegar a tomar valores tales que puedan originar la perforación del aislante del conductor, por lo que se requerirá de un material aislante entre capa y capa del bobinado. También está el posible arco eléctrico que se puede dar entre las esquinas de las capas de bobinado, para lo cual se coloca un aislante de refuerzo al final de cada capa. Este refuerzo suele aumentarse con el objeto de soportar posibles descargas atmosféricas que se transmiten por las líneas.

En un transformador los bobinados deben estar bien prensados, apretados y vendados rígidamente para evitar que se desarmen ante un cortocircuito (en condiciones nominales no hay problema). Esto es debido a las fuerzas puestas en juego en dicha condición.

REFRIGERACIÓN:

Los transformadores de pequeñas potencias presentan una superficie suficiente para disipar el calor generado; el problema aparece con los de media y alta potencia. En ellos se puede utilizar como medio refrigerante aire o aceite especial para transformadores:

a) Por aire: se basan en la disipación por convección y de ser necesario con ventiladores. Esta refrigeración se utiliza en transformadores de cámaras subterráneas, que van en edificios, sótanos o ambientes cerrados generalmente, para reducir los riesgos contra incendios.

b) Por aceite mineral: ofrece un mayor rendimiento en la disipación de calor que el anterior y además, debido a sus más de 20 KV/mm de rigidez dieléctrica, provee de aislación. Como este tipo de aceite es volátil, en presencia de un arco eléctrico (cortocircuito en el bobinado) se evapora violentamente y hay mucho riesgo de explosión, además de proveer una llama muy intensa al encenderse. Razón ésta por lo que se lo utiliza en transformadores al aire libre: estaciones aéreas monoposte, biposte y a nivel.

PROTECCIÓN:

En general para transformadores de media y alta potencia, como protección para sobre corrientes se utilizan fusibles o llaves térmicas de tiempo inverso: a mayor corriente menor tiempo de respuesta; como protección para descargas atmosféricas se utilizan descargadores auto valvulares de sobre tensión que, colocados en las líneas que llegan al transformador, actúan como dispositivos pararrayos, derivando las sobre tensiones a tierra a través de una puesta a tierra conveniente.

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

La teoría de funcionamiento, expuesta en el apunte anterior, es aplicable tanto para los transformadores monofásicos como para los polifásicos, ya que el estudio de un sistema polifásico se reduce al de una fase repetido tantas veces como fases tenga el sistema. Así, pues, a un transformador polifásico le son aplicables las leyes y fórmulas deducidas para los monofásicos, teniendo cuidado de efectuar los cálculos con los valores correspondientes a una fase.

Ahora bien, en el estudio de los transformadores polifásicos aparecen nuevos problemas debidos a la presencia de varias fases relacionadas entre sí, los cuales van a ser estudiados a continuación.

En primer lugar, es evidente que se puede conseguir una transformación polifásica empleando tantos transformadores monofásicos iguales, como fases tenga el sistema

CIRCUITOS MAGNÉTICOS DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

El circuito magnético de los transformadores trifásicos es construido de tres columnas de igual sección, reunidas por dos culatas iguales, una superior y otra inferior (figura 15 y 16). En cada columna se dispone una fase completa de los bobinados primario y secundario, de manera que en ella se transforma la tercera parte de la potencia total del transformador.

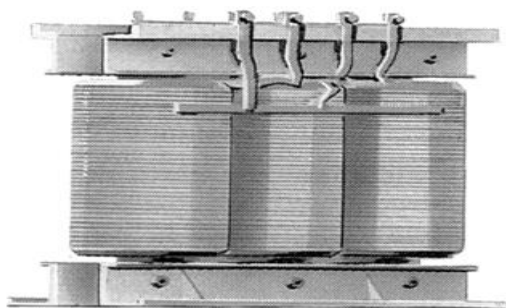


Figura 15 CONEXIONADO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

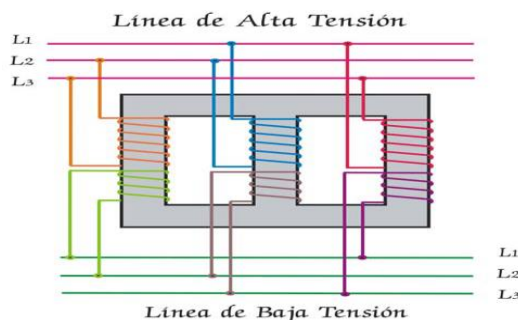


Figura 16 ESQUEMA DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

Conexión de las fases y relación de transformación

Las tres fases de cada bobinado, tanto del primario como del secundario, pueden ser conectadas entre sí, bien en estrella, bien en triángulo, dando lugar a distintas clases de transformadores. Además, en algunos casos se conectan las tres fases de un bobinado formando la conexión conocida con el nombre de zigzag. Dividiendo la tensión entre fases del primario, entre la tensión entre fases del secundario se obtiene una cantidad (m) a la que se le da el nombre de relación de transformación.

$$m = \frac{V1}{V2}$$

En un transformador se conoce con el nombre de relación de transformación compuesta al cociente que resulta de dividir los valores de las tensiones de las líneas primaria V1 y secundaria V2 cuando el transformador funciona en vacío.

Transformador triángulo/triángulo

Para esta clase de transformador trifásico, las tres fases, tanto del bobinado primario como del secundario, están conectadas en triángulo (figura 17). Esta conexión se expresa abreviadamente por el símbolo que aparece junto a la figura.

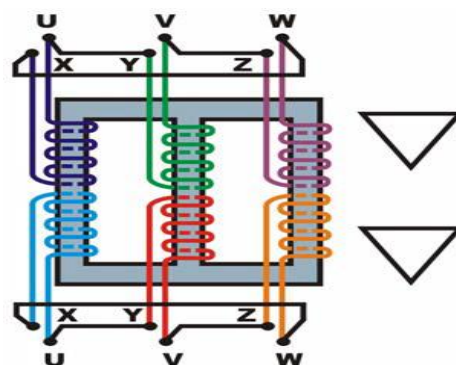


Figura 17 TRANSFORMADOR TRIÁNGULO-TRIÁNGULO

Transformador estrella/estrella

En esta clase de transformador trifásico, las tres fases de ambos bobinados están conectadas en estrella (figura 18). Esta conexión se expresa abreviadamente por el símbolo que aparece junto a la figura.

La conexión estrella se utiliza cuando la línea tiene neutro, el neutro se emplea siempre en baja tensión; mientras que, en alta tensión, se usa poco, ya que ahorrar un conductor supone en una línea de alta tensión un ahorro muy importante, debido a que, generalmente, las líneas de alta tensión tienen muchos kilómetros de largo.

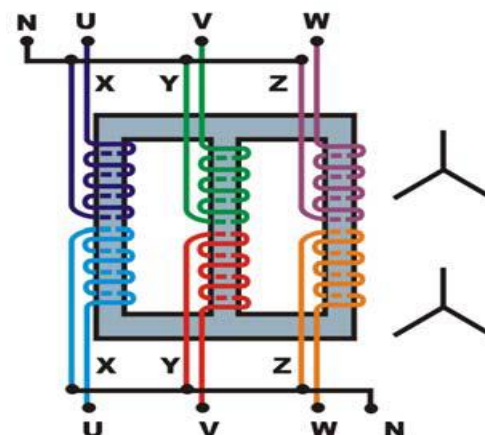


Figura 18 TRANSFORMADOR ESTRELLA-ESTRELLA

Transformador triángulo/estrella.

En esta clase de transformador trifásico, las tres fases del bobinado primario están conectadas en triángulo, mientras que las tres fases del bobinado secundario lo están en estrella (figura 19). Esta conexión es expresada abreviadamente por el símbolo que aparece junto a la figura.

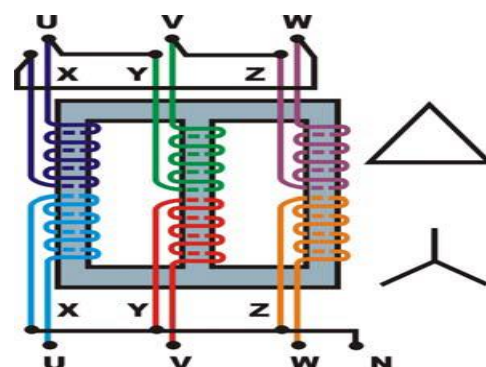


Figura 19 TRANSFORMADOR TRIÁNGULO-ESTRELLA

Transformador estrella/triángulo

En el transformador estrella/triángulo, las tres fases del bobinado primario están conectadas en estrella, mientras que las tres fases del bobinado secundario lo están en triángulo (figura 20). Esta conexión es expresada abreviadamente por el símbolo que aparece junto a la figura.

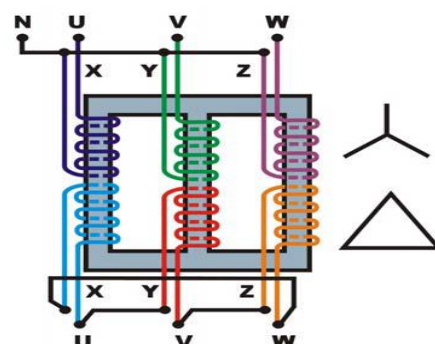


Figura 20 TRANSFORMADOR ESTRELLA-TRIÁNGULO

Transformador estrella/zigzag

Se obtiene una nueva forma de transformador trifásico conectando las tres fases del bobinado secundario de una manera especial conocida con el nombre de zigzag (figura 23). Esta conexión está representada abreviadamente por el símbolo que aparece junto a la figura.

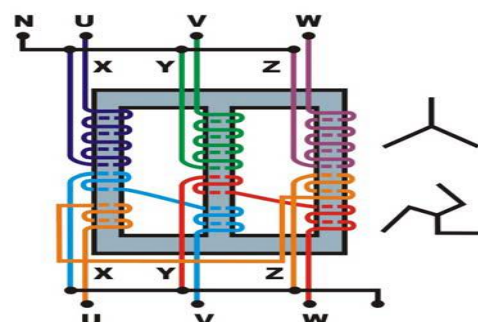


Figura 23 TRANSFORMADOR ESTRELLA-ZIGZAG

Comparación de las conexiones trifásicas

Es muy distinta la manera de comportarse de los diferentes transformadores trifásicos ante un desequilibrio eléctrico de la red secundaria. En las redes secundarias de distribución para fuerza y alumbrado exigen cuatro hilos, tres activos y uno neutro, lo que obliga a que el transformador tenga su bobinado secundario conectado en estrella o en zigzag, con punto neutro accesible.

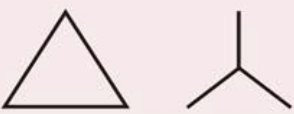
Por otra parte, es conveniente en los transformadores de distribución, cuyo bobinado secundario está conectado en estrella con neutro accesible, que el bobinado primario esté conectado en triángulo, ya que de esta manera cualquier desequilibrio de corrientes en un conductor activo de la red secundaria repercute sobre dos conductores de la red primaria, lo que no ocurriría si el transformador fuera estrella/estrella. En cambio, en un transformador triángulo/estrella, el desequilibrio debido a la sobrecarga de una fase repercute sobre los dos hilos de la red primaria que corresponde a la secundaria, quedando así repartido en parte el desequilibrio de corrientes.

Transformador estrella/zigzag

Con la conexión zigzag al estar descompuesta cada fase del bobinado secundario en dos mitades, y colocadas en columnas sucesivas del núcleo magnético y arrolladas en sentido inverso, un exceso de corriente en una fase del bobinado secundario repercute en directamente dos fases del bobinado primario. Así, pues, en esta forma de transformador se consigue la misma ventaja que en la conexión triángulo/estrella, pero se conserva la disposición estrella para el primario, que mejora la forma de la curva senoidal.

GRUPO DE CONEXIONES

De las distintas formas que pueden conectarse los transformadores las seis formas principales se denominan según se especifica en la tabla siguiente:

Grupo de conexión	Gráfico de conexiones	Relación de Transformación	Grupo de conexión	Gráfico de conexiones	Relación de Transformación
Yy0		$\frac{N_1}{N_2}$	Yz5		$\frac{2N_1}{\sqrt{3}N_2}$
Dy5		$\frac{N_1}{\sqrt{3}N_2}$	Yy6		$\frac{N_1}{N_2}$
Yd5		$\frac{\sqrt{3}N_1}{N_2}$	Dy11		$\frac{N_1}{\sqrt{3}N_2}$

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TRANSFORMADORES.

Por lo general, todos los transformadores trifásicos reúnen una serie de características comunes independientemente del tipo de transformador que sea. Las características más importantes en este aspecto son:

-
- **Tensión primaria:** es la tensión a la cual se debe alimentar el transformador, dicho en otras palabras, la tensión nominal de su bobinado primario. En algunos transformadores hay más de un bobinado primario, existiendo en consecuencia, más de una tensión primaria.
 - **Tensión máxima de servicio:** es la máxima tensión a la que puede funcionar el transformador de manera permanente.
 - **Tensión secundaria:** si la tensión primaria es la tensión nominal del bobinado primario del transformador, la tensión secundaria es la tensión nominal del bobinado secundario. Este parámetro debe ser un valor da baja tensión, normalmente 400 V entre fases.
 - **Potencia nominal:** es la potencia aparente máxima que puede suministrar el bobinado secundario del transformador. Este valor se mide en kilovoltioamperios (KVA), siendo las más usuales de 50, 100, 160, 250, 400, 630 y 1 000 KVA.
 - **Relación de transformación:** es el resultado de dividir la tensión nominal primaria entre la secundaria.
 - **Intensidad nominal primaria:** es la intensidad que circula por el bobinado primario, cuando se está suministrando la potencia nominal del transformador. Dicho en otras palabras, es la intensidad máxima a la que puede trabajar el bobinado primario del transformador.
 - **Intensidad nominal secundaria:** al igual que ocurría con la intensidad primaria, este parámetro hace referencia a la intensidad que circula por el bobinado secundario cuando el transformador está suministrando la potencia nominal.
 - **Tensión de cortocircuito:** hace referencia a la tensión que habría que aplicar en el bobinado primario para que, estando el bobinado secundario cortocircuitado, circule por éste la intensidad secundaria nominal. Se expresa en porcentaje.

PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES.

El Transformador de distribución puede sufrir defectos internos, que si no se detectan y corrigen provocarán su avería; además, por su cometido, se ve sometido a todas las incidencias que se producen tanto en el circuito principal de alta tensión como en el circuito secundario de baja tensión (tales como las sobrecargas y los cortocircuitos). Un transformador quemado puede ser el resultado de uno o varios fallos en su origen, que pueden ir desde una sobrecarga eléctrica o térmica mantenida hasta un defecto en el sistema de refrigeración, o un fallo constructivo que hubiese afectado a los devanados en su origen.

Se entiende por fallo externo al transformador, aquel que se produce físicamente fuera de la máquina. Desde la perspectiva de la vida del transformador, este tipo de fallos son tan importantes como los que se producen internamente, ya que si no se despejan adecuadamente las condiciones que originan el defecto, se va a producir una reducción de la vida de la máquina, que puede derivar, si éste es importante, en una avería e incluso en su destrucción.

Se trata del tipo de fallo más difícil de detectar, ya que en sus fases iniciales, cuando el fallo involucra únicamente unas pocas espiras, resulta prácticamente imposible de detectar, especialmente en el caso de transformadores de alta tensión con un elevado número de espiras. Cuando el fallo se va extendiendo para abarcar un mayor número de espiras, es posible detectarlo a partir de la componente inversa de la intensidad.

Hola alumnos como están!! Espero que bien.

Seguimos con la modalidad de trabajo en forma virtual debido al aislamiento social obligatorio.

Lo que me interesa en este trabajo practico es que sepan las distintas formas de conexión de los transformador trifásicos con sus ventajas y desventajas

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

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

Criterios de Evaluación: El trabajo una vez finalizado debe der 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 viernes 15 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 restablezcan 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

Las primeras 3 paginas es un breve resumen sobre transformadores, sus partes, funcionamiento, protección y medios de refrigeración. Con esto les será mas fácil comprender el apunte anterior, el actual y los próximos sobre algunos aspectos generales fundamentales acerca del funcionamiento de este tipo de dispositivos.

Espero les sea de ayuda.

- 1) Dibuje en su carpeta los distintos tipos de conexión de los transformadores trifásicos.
- 2) ¿Cuántos tipos de conexiones de transformadores trifásicos puedo realizar? ¿Qué cambia uno de otro?
- 3) De los distintos tipos de conexión de los transformadores trifásicos ¿Cuál es el mas utilizado?
- 4) ¿Que entiende por relación de transformación?
- 5) Nombre las características generales de los transformadores trifásicos.