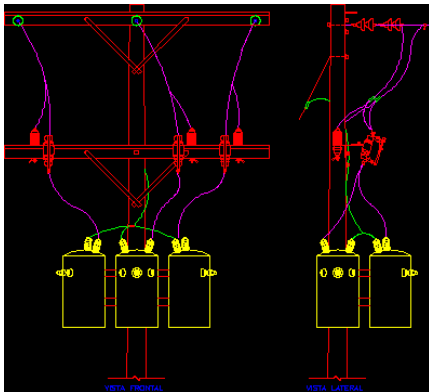


Transformadores Trifásicos

Introducción



Los transformadores trifásicos son utilizados para el suministro o el transporte de energía a grandes distancias de sistemas de potencias eléctricas. Lo que normalmente conocemos como la distribución eléctrica, pero a grandes distancias.

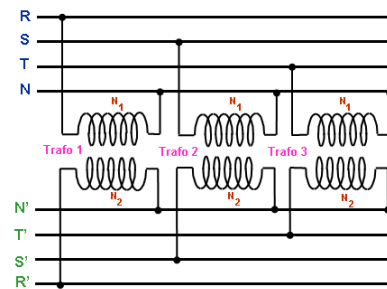
Quizás haya oído hablar de los bancos de transformadores. Pues bien, los bancos de transformadores consisten en tres transformadores monofásicos conectados entre ellos para simular un transformador trifásico.

Esto estaría muy bien para el caso de que se desee tener un transformador monofásico de repuesto para los casos de averías, pero la realidad es que los transformadores trifásicos resultan más económicos, es decir, un transformador trifásico es más barato que tres transformadores monofásicos.

Además, esta la relación de tamaño, un único transformador trifásico siempre será más pequeño que un banco de transformadores monofásicos. Tanto los bancos de transformadores monofásicos como el transformador trifásico se pueden conectar de diferentes formas

En el caso del transformador trifásico, solo hay que decir que los devanados de las bobinas están conectados internamente y, estas conexiones pueden ser en estrella o en triángulo.

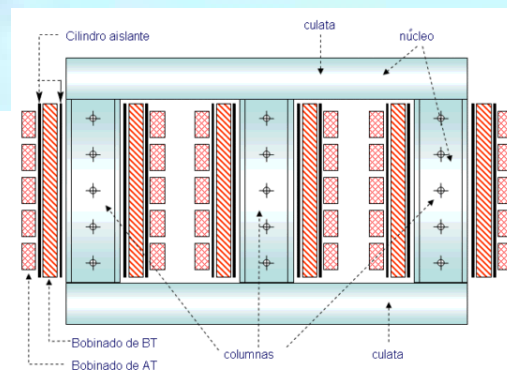
Construcción



Un sistema trifásico se puede transformar empleando 3 transformadores monofásicos. Los circuitos magnéticos son completamente independientes, sin que se produzca reacción o interferencia alguna entre los flujos respectivos.

Otra posibilidad es la de utilizar un solo transformador trifásico compuesto de un único núcleo magnético en el que se han dispuesto tres columnas sobre las que sitúan los arrollamientos primario y secundario de cada una de las fases, constituyendo esto un transformador trifásico como vemos a continuación.

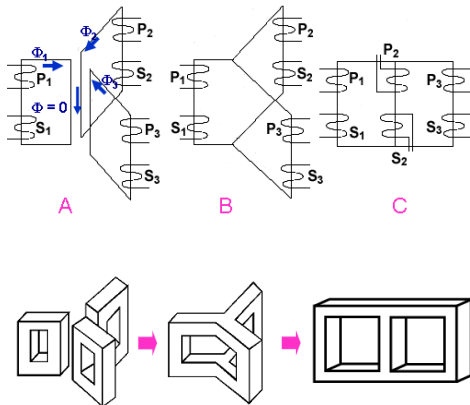
Transformador Trifásico



Si la transformación se hace mediante un transformador trifásico, con un núcleo común, podemos ver que la columna central (fig. A) está recorrida por un flujo Φ que, en cada instante, es la suma de tres flujos sinusoidales, iguales y desfasados 120° . El flujo Φ será pues siempre nulo.

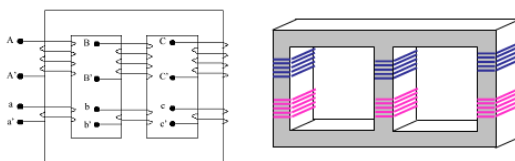
En consecuencia, se puede suprimir la columna central (fig. B). Como esta disposición (fig. b) hace difícil su

construcción, los transformadores se construyen con las tres columnas en un mismo plano (fig. C). Esta disposición crea cierta asimetría en los flujos y por lo tanto en las corrientes en vacío. En carga la desigualdad de la corriente es insignificante, y además se hace más pequeña aumentando la sección de las culatas con relación al núcleo central.



En un transformador trifásico cada columna está formada por un transformador monofásico, entonces toda la teoría aplicada en los transformadores monofásicos es válida para los trifásicos, teniendo en cuenta que las magnitudes que allí aparecen hace referencia ahora a los valores por fase.

Grupos de Conexión de los Transformadores Trifásicos



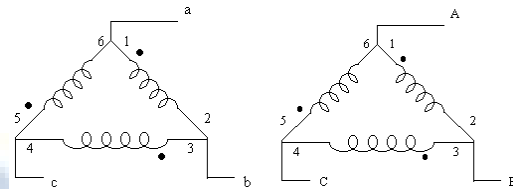
Para relacionar las tensiones y las corrientes primarias con las secundarias, no basta en los sistemas trifásicos con la relación de transformación, sino que se debe indicar los desfases relativos entre las tensiones de una misma fase entre el lado de Alta Tensión y el de Baja Tensión.

Una manera de establecer estos desfases consiste en construir los diagramas fasoriales de tensiones y corrientes, conociendo: la conexión en baja y alta

tensión (estrella, triángulo o zig-zag), las polaridades de los enrollados en un mismo circuito magnético o fase, y las designaciones de los bornes.

Lo que se presentará a continuación son todos los tipos de conexiones para transformadores trifásicos: Delta-delta, delta-estrella, estrella-delta, estrella-estrella; también se mostrará mediante gráficas el cambio que sufren los valores de corriente y voltaje a lo largo de las líneas y fases del circuito.

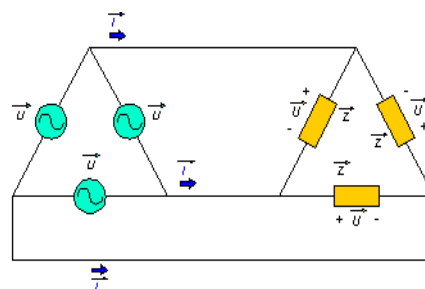
Conexión Delta - Delta:



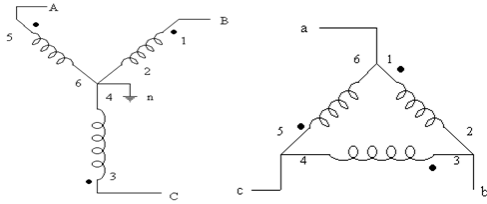
Se utiliza esta conexión cuando se desean mínimas interferencias en el sistema. Además, si se tiene cargas desequilibradas, se compensa dicho equilibrio, ya que las corrientes de la carga se distribuyen uniformemente en cada uno de los devanados.

La conexión delta-delta de transformadores monofásicos se usa generalmente en sistemas cuyos voltajes no son muy elevados especialmente en aquellos en que se debe mantener la continuidad de unos sistemas. Esta conexión se emplea tanto para elevar la tensión como para reducirla.

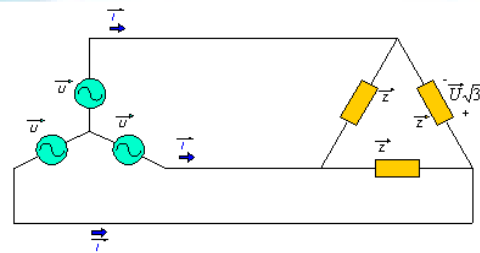
En caso de falla o reparación de la conexión delta-delta se puede convertir en una conexión delta abierta-delta abierta.



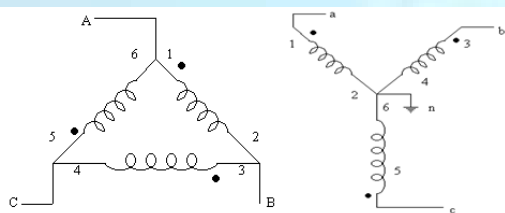
Circuito Estrella - Delta:



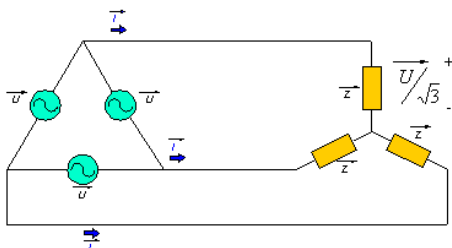
La conexión estrella-delta es contraria a la conexión delta-estrella; por ejemplo en sistema de potencia, la conexión delta-estrella se emplea para elevar voltajes y la conexión estrella-delta para reducirlos. En ambos casos, los devanados conectados en estrella se conectan al circuito de más alto voltaje, fundamentalmente por razones de aislamiento. En sistemas de distribución esta conexión es poco usual, salvo en algunas ocasiones para distribución a tres hilos.



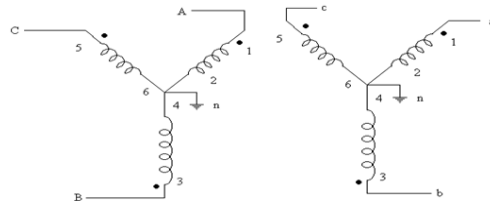
Circuito Delta - Estrella:



La conexión delta-estrella, de las más empleadas, se utiliza en los sistemas de potencia para elevar voltajes de generación o de transmisión, en los sistemas de distribución (a 4 hilos) para alimentación de fuerza y alumbrado.

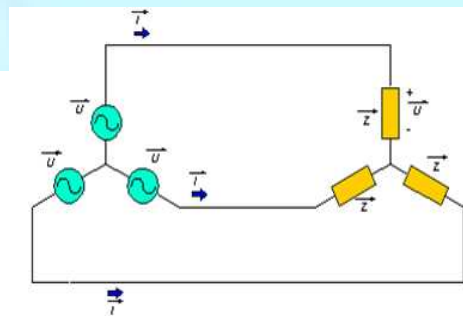


Circuito Estrella - Estrella:



Las corrientes en los devanados en estrella son iguales a las corrientes en la línea. Si las tensiones entre línea y neutro están equilibradas y son sinusoidales, el valor eficaz de las tensiones respecto al neutro es igual al producto de $1/\sqrt{3}$ por el valor eficaz de las tensiones entre línea y línea y existe un desfase de 30° entre las tensiones de línea a línea y de línea a neutro más próxima.

Las tensiones entre línea y línea de los primarios y secundarios correspondientes en un banco estrella-estrella, están casi en concordancia de fase. Por tanto, la conexión en estrella será particularmente adecuada para devanados de alta tensión, en los que el aislamiento es el problema principal, ya que para una tensión de línea determinada las tensiones de fase de la estrella sólo serían iguales al producto $1/\sqrt{3}$ por las tensiones en el triángulo.



Índice Horario:

Todos los arrollamientos montados sobre una misma columna abrazan en cada instante el mismo flujo común ϕ y con el fin de precisar el sentido de las f.e.m. suponemos que el sentido de arrollamiento de las bobinas primarias y secundarias es el mismo. Si designamos con la misma letra los terminales homólogos en cuanto a polaridad instantánea de dos cualesquiera

de estos arrollamientos montados sobre la misma columna, los vectores representativos de las f.e.m. respectivos se presentaran como se indica a continuación.

Dependiendo del tipo de conexión, las tensiones simples del primario y del secundario pueden no estar en fase, cosa que siempre ocurre en los transformadores monofásicos. Para indicar el desfase existente entre las tensiones simples, se suele utilizar el llamado índice horario, expresado en múltiplos de 30°.

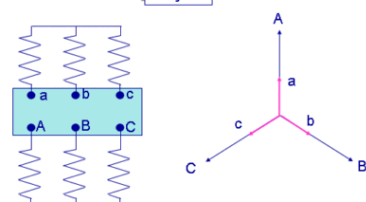
El conocimiento del desfase (índice horario) es muy importante cuando se han de conectar transformadores en paralelo, dado que entonces, todos los transformadores deben tener el mismo índice horario, para evitar que puedan producirse corrientes de circulación entre los transformadores cuando se realice la conexión.

A continuación veremos algunas de las formas más frecuentes de conexión:

Conexión y Relación de Transformación

V_{FP} = Tensión fase primario; V_{FS} = tensión fase secundario; V_{LP} = Tensión línea primario; V_{LS} = tensión línea secundario

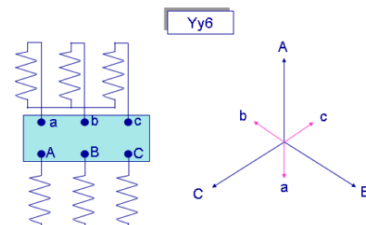
Yy0



$$V_{FP} / V_{FS} = m$$

$$V_{LP} / V_{LS} = (\sqrt{3} * V_{FP}) / (\sqrt{3} * V_{FS}) = m$$

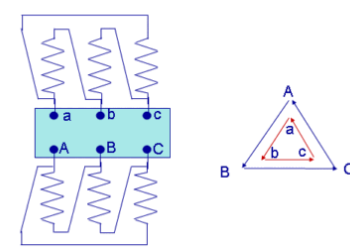
Yy6



$$V_{FP} / V_{FS} = m$$

$$V_{LP} / V_{LS} = (\sqrt{3} * V_{FP}) / (\sqrt{3} * V_{FS}) = m$$

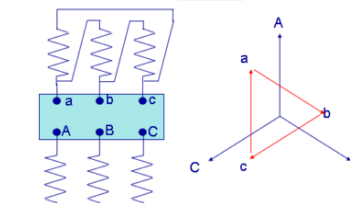
Dd0



$$V_{LP} = V_{FP} \quad V_{LS} = V_{FS}$$

$$V_{LP} / V_{LS} = V_{FP} / V_{FS} = m$$

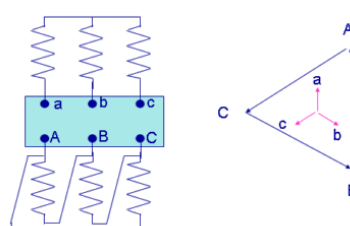
Yd11



$$V_{LP} / V_{LS} = (\sqrt{3} * V_{FP}) / V_{FS}$$

$$V_{LP} / V_{LS} = (\sqrt{3} * m)$$

Dy11

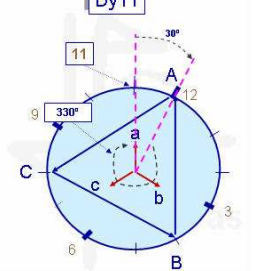


$$V_{LP} / V_{LS} = V_{FP} / (\sqrt{3} * V_{FS})$$

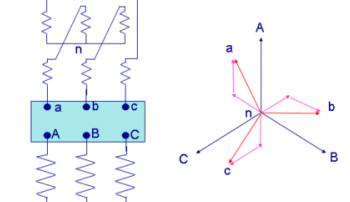
$$V_{LP} / V_{LS} = m / \sqrt{3}$$

El gráfico siguiente demuestra la justificación del índice horario para esta conexión DY11

Dy11



Yz11



$$V_{LP} / V_{LS} = \sqrt{3} V_{FP} / (\sqrt{3} \sqrt{3} V_{FS} / 2)$$

$$V_{LP} / V_{LS} = 2 m / \sqrt{3}$$

En un transformador ya construido, si se cambia la alimentación de un lado a otro, cambia el desfase de la máquina. Ejemplo: Dy11 pasa a Yd1. Se comparan fases, la U con la u. Los tipos de conexiones usados son 12, que son las que más se utilizan y figuran en la placa de la máquina. Los grupos más usuales son cuatro 0; 6; 5 y 11. Para determinar el grupo de conexión se superponen los diagramas vectoriales. No se pueden conectar un grupo 0 con un grupo 6. Ejemplo Yy0 con Yy6.

En alta no hay problema pues las fases U y U están iguales superponiendo los diagramas, pero en baja, cuando encima los diagramas vectoriales y uno los bornes u a las barras de salida, tendremos el doble del potencial de la fase, por ejemplo si cada una tiene 220V, estamos uniendo puntos que difieren en 440V, es decir, apenas los unamos se produce el cortocircuito. Entonces, podremos unir un Yy0 con un Dd0 o con un Dz0, pero siempre que sea 0, para que estén los bornes iguales.

Son cuatro grupos y tres conexiones por grupo, como sigue.

Cuadro de conexiones Normales

DESFASE (ang. de Et. en Retraso)	DESIGNACION	DIAG. VECTORIAL	DIAG. VECTORIAL	
			ALTA TENSION	BAJA TENSION
0°	Dd 0	A1		
	Yy 0	A2		
	Dz 0	A3		
180°	Dd 6	B1		
	Yy 6	B2		
	Dz 6	B3		
150°	Dy 6	C1		
	Yd 5	C2		
	Yz 5	C3		
-30°	Dy 11	D1		
	Yd 11	D2		
	Yz 11	D3		

Conexiones especiales de los Transformadores Trifásicos

Además de las conexiones usuales de los transformadores trifásicos, existen otras formas para transformar corriente trifásica con solo dos transformadores. Todas las técnicas usadas para esto se basan en la reducción de la capacidad de carga de los transformadores, que puede justificarse por ciertos factores económicos.

Algunas de las principales conexiones de este tipo son:

1. La conexión Δ abierta (o V-V)
2. Conexión Y abierta - Δ abierta
3. Conexión Scott-T
4. Conexión trifásica en T

La conexión Δ abierta (o V-V):

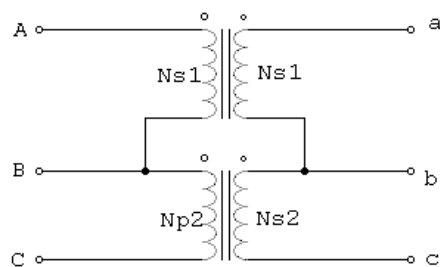


Figura: Conexión en V-V (o delta abierta)

En ciertas situaciones no puede utilizarse un banco de transformadores completo para realizar una transformación trifásica.

Por ejemplo, supóngase que un banco de transformadores Δ-Δ que consta de transformadores separados tiene una fase dañada que se debe retirar para su reparación. Siendo los voltajes secundarios que permanecen $V_A=V_L 0^\circ$ y $V_B=V_L -120^\circ$ V, entonces el voltaje que pasa a través de la abertura que dejó el tercer transformador está dado por:

$$V_C = -V_A - V_B$$

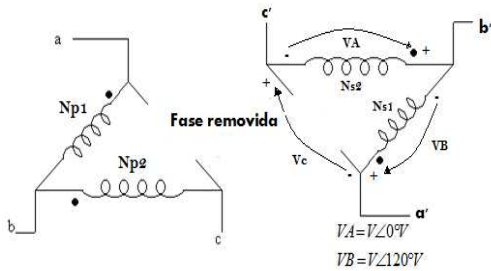
$$V_C = -V \angle 0^\circ - V \angle 120^\circ$$

$$V_C = -V - (0.5V - j0.866V)$$

$$V_C = -0.5V + j0.866V$$

$$V_C = V \angle 120^\circ$$

Éste es el mismo voltaje que estaría presente si el tercer transformador siguiera ahí. A menudo, a la fase C se le llama fase fantasma. Entonces, la conexión delta abierta posibilita que un banco de transformadores siga funcionando con sólo dos de sus transformadores. Permitiendo que fluya cierta potencia aun cuando se haya removido una fase dañada.



Si el voltaje nominal de un transformador en el banco es V_ϕ y la corriente nominal es I_ϕ entonces la potencia máxima que puede suministrar a la carga es:

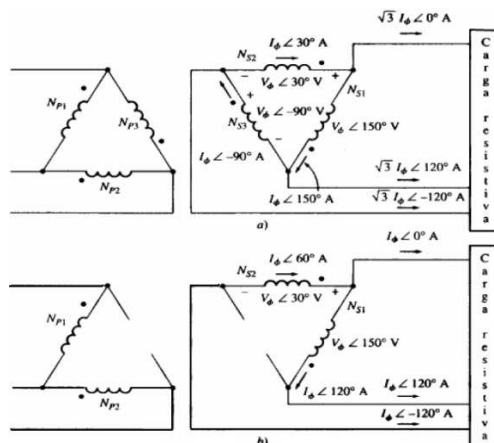
$$P = 3V_\phi I_\phi \cos\theta$$

El ángulo entre el voltaje V , y la corriente I , en cada fase es 0° , por lo que la potencia total suministrada por el transformador es:

$$P = 3V_\phi I_\phi \cos\theta$$

$$P = 3V_\phi I_\phi$$

En la siguiente figura se muestra un transformador con delta abierta. Debido a que falta una de las fases del transformador, la corriente de línea de transmisión es igual a la corriente de fase en cada transformador y las corrientes y voltajes en el banco del transformador tienen un ángulo que difiere por 30° .



La figura anterior contiene: a) Voltajes y corrientes en un banco de transformador Δ - Δ . b) Voltajes y corrientes en un banco de Transformador Δ abierta.

Para el transformador 1 el voltaje tiene un ángulo de 150° y la corriente tiene un ángulo de 120° , por lo que la expresión para la potencia máxima en el transformador es:

$$P = 3V_\phi I_\phi \cos(150 - 120)$$

$$P = 3V_\phi I_\phi \cos 30$$

$$P = \frac{\sqrt{3}}{2} V_\phi I_\phi$$

Para el transformador 2, el voltaje tiene un ángulo de 30° y la corriente tiene un ángulo de 60° , por lo que la potencia máxima es:

$$P_2 = 3V_\phi I_\phi \cos(30 - 60)$$

$$P_2 = 3V_\phi I_\phi \cos(-30)$$

$$P_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} V_\phi I_\phi$$

Por lo tanto, la potencia máxima total para el banco delta abierta está dada por:

$$P_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} V_\phi I_\phi$$

La corriente nominal es la misma en cada transformador, sin importar si son dos o tres, y el voltaje es el mismo en cada transformador; por lo que la razón entre la potencia de salida disponible del banco delta abierta y la potencia disponible del banco trifásico normal es:

$$\frac{P_{abierto\Delta}}{P_{3\text{ fase}}} = \frac{\sqrt{3}V_\phi I_\phi}{3V_\phi I_\phi} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577$$

La potencia disponible que sale del banco delta abierta es sólo 57.7% del valor nominal del banco original.

¿Qué pasa con el resto del valor nominal del banco delta abierta?

Después de todo, la potencia total que los dos generadores juntos pueden producir

equivale a dos tercios del valor nominal del banco original.

Para encontrar la respuesta se debe examinar la potencia reactiva del banco delta abierta.

La potencia reactiva del transformador 1 es:

$$Q_1 = 3V_\phi I_\phi \text{sen}(150 - 120)$$

$$Q_1 = 3V_\phi I_\phi \cos(30)$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} V_\phi I_\phi$$

La potencia reactiva del transformador 2 es:

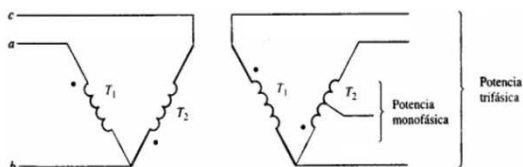
$$Q_2 = 3V_\phi I_\phi \text{sen}(30 - 60)$$

$$Q_2 = 3V_\phi I_\phi \cos(-30)$$

$$Q_2 = -\frac{1}{2} V_\phi I_\phi$$

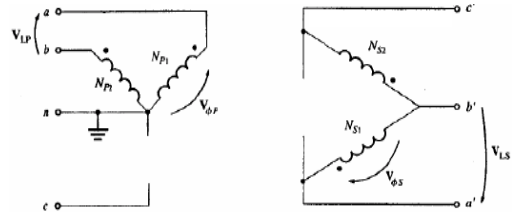
Entonces, un transformador produce potencia reactiva que consume el otro. Este intercambio de energía entre los dos transformadores es lo que limita la potencia de salida a 57.7% del valor nominal del banco original en lugar del esperado 66.7%. Otra manera de ver el valor nominal de la conexión delta abierta es que se puede utilizar 86.6% del valor nominal de los dos transformadores restantes.

Las conexiones delta abierta se utilizan ocasionalmente cuando se desea suministrar una pequeña cantidad de potencia trifásica a una carga monofásica. En tal caso, se puede utilizar la conexión de esta figura, donde el transformador T2 es mucho más grande que el transformador T1.



La utilización de una conexión de transformador en delta abierta para suministrar una pequeña cantidad de potencia trifásica y mucha potencia monofásica.

La conexión Y abierta-Δ abierta:



Esta conexión es muy parecida a la conexión delta abierta excepto en que los voltajes primarios se derivan de dos fases y el neutro.

Se utiliza para dar servicio a pequeños clientes comerciales que necesitan servicio trifásico en áreas rurales donde no están disponibles las tres fases.

Con esta conexión un cliente puede obtener el servicio trifásico provisional basta que la demanda haga necesaria la instalación de la tercera fase.

Una gran desventaja de esta conexión es que debe fluir una corriente de retorno muy grande en el neutro del circuito primario.

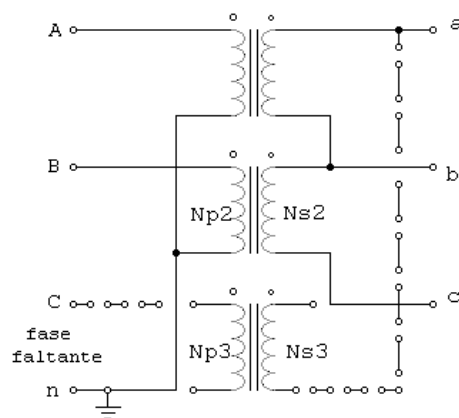


Diagrama de cableado de la conexión del transformador Y abierta-Δ abierta.

La conexión Scott-T:

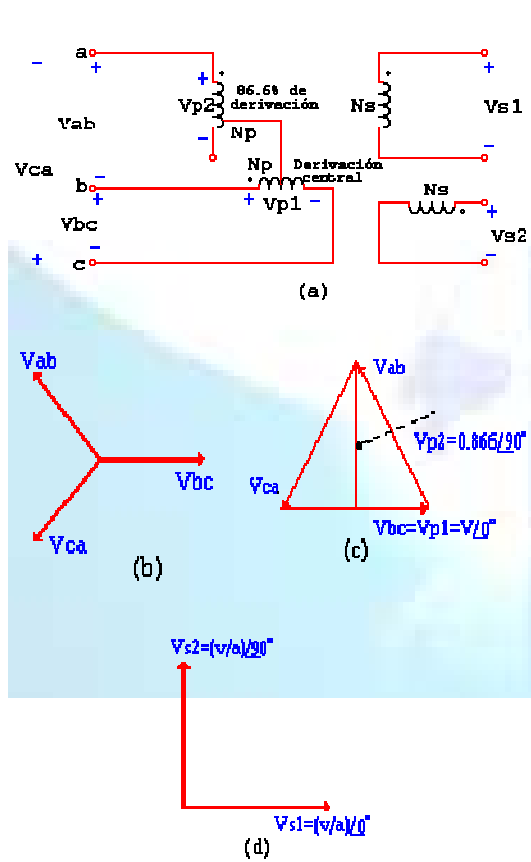
La conexión Scott-T es una manera de obtener dos fases separadas 90° a partir de un suministro de potencia trifásica, consta

de dos transformadores monofásicos con idéntica capacidad.

Uno tiene una toma en su devanado primario a 86.6% de su voltaje a plena carga.

Están conectados como se muestra en la figura a. La toma de 86.6% del transformador T2 está conectada a la toma central del transformador T1.

$$V_{ab} = V_L \angle 120^\circ \quad V_{bc} = V_L \angle 0^\circ \quad V_{ca} = V_L \angle -120^\circ$$



Conexión del transformador Scott-T a) Diagrama de cableado; b) voltajes de entrada trifásicos; c) voltajes en los devanados primarios del transformador; d) voltajes secundarios bifásicos.

La conexión T trifásica:

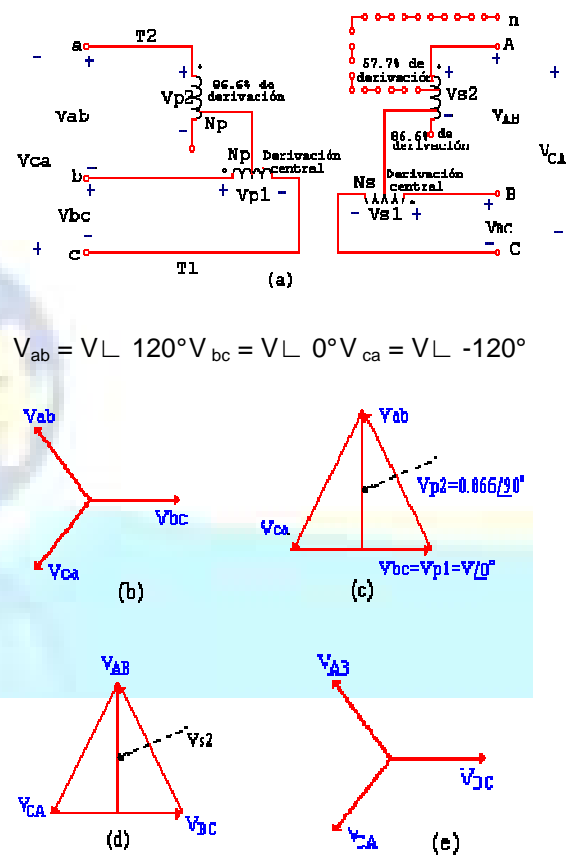
La conexión Scott-T utiliza dos transformadores para convertir potencia trifásica en potencia bifásica con un nivel diferente de voltaje.

Mediante una sencilla modificación de esta conexión, los mismos dos transformadores

pueden convertir potencia trifásica en potencia trifásica con otro nivel de voltaje.

En este caso, tanto el devanado primario como secundario del transformador T2 tienen una toma al 86.6% y las tomas están conectadas a las tomas centrales de los devanados correspondientes del transformador T1.

En esta conexión a T1 se le llama transformador principal y a T2 se le llama transformador de conexión en T.



Nota:
 $V_{AB} = V_{S2} - V_{S1} = (V/a) \angle 120^\circ$; $V_{BC} = V_{S1} = (V/a) \angle 0^\circ$;
 $V_{CA} = -V_{S1} - V_{S2} = (V/a) \angle -120^\circ$

En las figuras anteriores se muestra la Conexión trifásica en T del transformador:

- a) Diagrama de cableado;
- b) voltajes de entrada trifásicos;
- c) voltajes en los devanados primarios del transformador;
- d) voltajes en los devanados secundarios del transformador;
- e) voltajes secundarios trifásicos resultantes.

▣ Paralelo de Transformadores Trifásicos



La conexión de transformadores en paralelo se hace necesaria debido a los incrementos de la demanda que superan la capacidad existente o cuando los requerimientos de confiabilidad y continuidad de operación lo exigen, este es el caso, que si un transformador falla, el otro continuará alimentando la carga sin interrupción. Cuando la demanda de energía se reduce temporalmente, resulta más económico operar un transformador pequeño cerca de su límite de capacidad a plena carga que un transformador mayor a capacidad reducida.

Por lo que, cuando la demanda energética es muy fluctuante resulta más provechoso la instalación de dos o más transformadores en paralelo que utilizar un transformador de gran capacidad. En estas condiciones el sistema es más flexible porque tiene la posibilidad de agregar una parte de los transformadores en paralelo cuando sea necesario. Dos transformadores trifásicos operarán en paralelo si tienen el mismo arreglo en los devanados (por ejemplo, Y-delta), están conectados con la misma polaridad, tienen la misma rotación de fase y su desplazamiento angular es el mismo. Para conectar dos transformadores en paralelo, los diagramas de tensión deben coincidir.

Por supuesto, es necesario que los dos transformadores tengan impedancia, capacidad nominal y frecuencia similares. La división de la corriente de carga, en proporción a las capacidades de KVA de

los transformadores en paralelo está determinada por la igualdad de sus voltajes nominales, relación de vueltas en los devanados, porcentaje de impedancias y relaciones de su reactancia a su resistencia.

Si estas condiciones no se cumplen, las corrientes de carga no se pueden dividir proporcionalmente en las capacidades nominales de KVA de los transformadores, y puede surgir una diferencia de fase entre las corrientes. Para simplificar la conexión de los transformadores en paralelo y evitar la necesidad de pruebas de polaridad, rotación de fase, etc., el ANSI en su norma C 57. 12. 70-1964 (R-1971) uniforma las marcas y la conexión para transformadores de distribución y potencia.

Los transformadores marcados según tal norma, pueden operar en paralelo por la simple conexión de terminales numeradas igualmente. Por supuesto, esto es aplicable a los transformadores que tienen características similares como la relación de vueltas, impedancia, desplazamiento angular, etc.

Cuando tenemos un transformador conectado a barras, alimentando un cierto receptor, por ejemplo de 50 KVA, y la demanda de este receptor aumenta a 100KVA, necesitamos instalar otro transformador de 50 KVA. Este se conecta en paralelo con el anterior y ahora la potencia es suficiente para alimentar esa demanda del receptor. Se unen primarios a las barras de alimentación, y se unen secundarios a las barras de distribución o salida, pero, para poder hacer esta conexión en paralelo se deben cumplir ciertas condiciones:

1. Igualdad de tensiones y relación de transformación.
2. Igualdad de desfase de los diagramas vectoriales (secundario respecto al primario).
3. Igualdad de secuencia.
4. Igualdad de tensiones de cortocircuito.

5. Una cierta relación de potencia. Entonces, cumpliéndose estas cinco condiciones, se pueden conectar en paralelo dos o más transformadores.

Análisis de cada Condición:

1. Igualdad de Tensiones y relación de transformación:

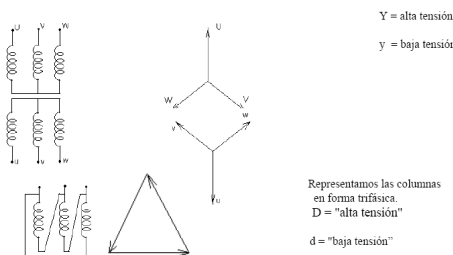
Por estar unidos primarios y secundarios es lógico que las tensiones primarias y secundarias deben ser iguales, pues sino un transformador le enviaría corriente al otro. No basta con que la relación sea igual, deben ser también iguales las tensiones. Por ejemplo: 1000/100 y 100/10. Tengo igual relación pero no puedo conectar un primario de 1000V con otro de 100V.

Igualdad de tensiones primarias y secundarias implica igual relación pero igual relación no implica iguales tensiones primarias y secundarias. De no cumplirse esta condición aparecen corrientes circulantes entre las máquinas, ya en vacío. No es conveniente que estas superen el 10% de las nominales.

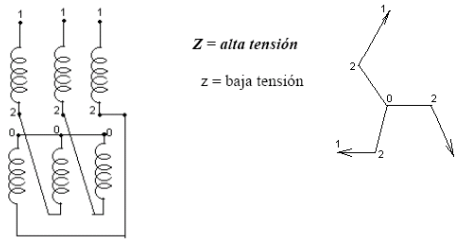
2. Igual desfase de diagramas vectoriales (secundario respecto del primario):

La condición fundamental para que puedan funcionar los transformadores en paralelo, es que los terminales a empalmar entre si se hallen en todo momento al mismo potencial.

Hemos visto conexión triángulo, estrella y veamos la Zig-Zag pero antes interpretemos las conexiones y sus diagramas vectoriales correspondientes.



Si a este último bobinado, lo dividimos en dos partes tenemos la conexión Zig-Zag.



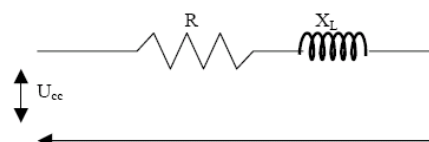
3. Secuencia o sentido de rotación de las fases Secundarias:

La secuencia de fases se llama al orden de rotación de los vectores. Es la sucesión en el tiempo, de los máximos de los parámetros eléctricos tensión o intensidad, en las tres fases de un sistema. A ella corresponde un sentido de rotación del diagrama vectorial.

Los transformadores cuya secuencia sea opuesta, es decir tengan sentido de giro de los diagramas vectoriales opuesto no pueden conectarse en paralelo, porque en un determinado instante van a coincidir los vectores de tensión secundaria pero, aun siendo del mismo grupo de conexión, en el instante siguiente los vectores comienzan a desplazarse y aparecen diferencias de potencial entre las fases homólogas.

Entonces, para poner en paralelo, los transformadores deben tener diagramas vectoriales que giren en igual sentido. Todo depende de las conexiones internas del transformador. Observemos un motor eléctrico trifásico, según el orden de conexiones a las líneas ABC o RST en nuestro país es el sentido de giro, si permutamos dos fases el giro es en sentido contrario.

4. Igualdad de tensiones de Cortocircuito:



La tensión de cortocircuito sirve entre otras cosas para determinar la impedancia de la máquina, ya que:

$$Z_{cc} = U_{cc} / I_{cc}$$

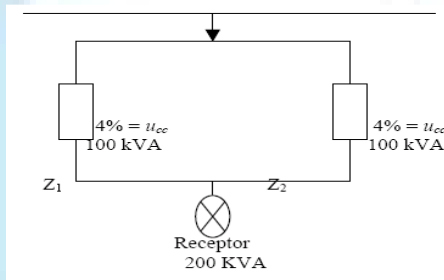
Donde:

R = Resistencia total referida

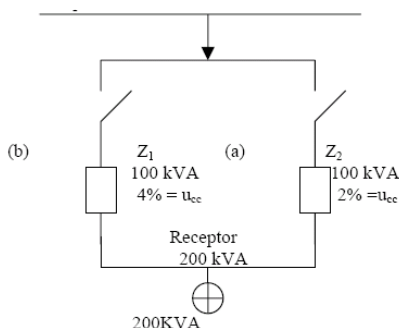
X_L = reactancia total referida

$Z_{cc} = U_{cc} / I_{cc}$

La I_{cc} se obtiene de la máquina y la U_{cc} figura en placa, luego se conoce la impedancia de la máquina. Dos transformadores en paralelo en esquema unifilar serían como dos impedancias en paralelo respecto de la carga. La corriente que viene de la red y que pide el receptor se distribuye según los valores de las impedancias internas, si son iguales, cada transformador aporta la misma potencia de 100 KVA cada uno que pide la carga.



Pero si son distintas, pasará más corriente por la más chica, en el ejemplo (abajo), la de 2%, saltan los fusibles protectores (a) y al quedar solo con un transformador de 100 kVA y la carga pidiendo 200 kVA, también saltan las protecciones y quedan las dos máquinas fuera de servicio.



Es decir, tenemos suficiente potencia instalada en los transformadores para abastecer el receptor y no podemos

alimentarlo porque nos saltan las protecciones debido a la sobrecarga que sufre la máquina de menor impedancia.

5. Cierta relación de Potencia:

Condición íntimamente ligada a la anterior. Resulta que según la potencia de la máquina es la $u_{cc}\%$ que tiene, a mayor potencia mayor $u_{cc}\%$, tiene mas resistencia (mas alambre), es mas grande, mayor dimensión física, por consiguiente, más L, luego aumenta Z, aumenta u_{cc} , es decir, la $u_{cc}\% = f(P)$ y $u_{cc}\% \propto Pot$.

Si graficáramos $u_{cc}\% = f(Pot)$ es una curva creciente. Luego podré poner en paralelo máquinas cuyas $u_{cc}\%$ difieran sólo en un 10 % y no más. En una gama de potencias, una regla práctica es que la relación de potencia sea 1:3.

Es decir si debo alimentar 200 kVA podré poner en paralelo uno de 50 kVA y en la condición límite otro de 150 kVA, en servicio transitorio.

📖 Análisis de la placa de tres Transformadores

Transformador de alimentación:

Pueden tener una o varias bobinas secundarias y proporcionan las tensiones necesarias para el funcionamiento del equipo.

A veces incorporan fusibles que cortan su circuito primario cuando el transformador alcanza una temperatura excesiva, evitando que éste se queme, con la emisión de humos y gases que conlleva el riesgo de incendio.

Estos fusibles no suelen ser reemplazables, de modo que hay que sustituir todo el transformador.

Transformador 1:

Transformador de la universidad ubicado en el taller de matriceria:



Voltaje en el secundario:

3	220 V
Corriente	236.2 A

Transformador 2:

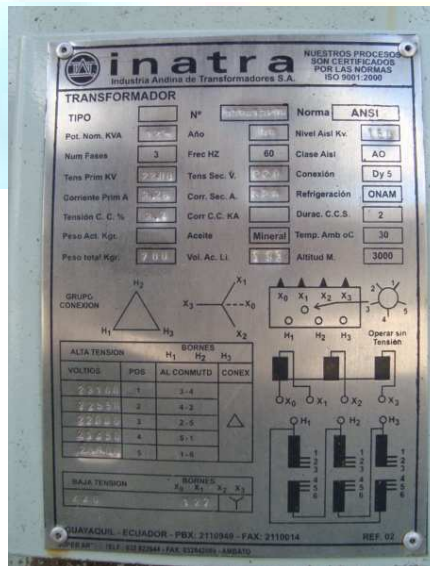
Se encuentra ubicado en la bodega de transformadores de la empresa eléctrica.



Su placa es la que se presenta a continuación:



Su placa es la que se presenta a continuación:



- Norma: IEC - ASA
- Marca: Alsthom-Unelec
- Tipo: T X H N
- Fabricado en: Francia
- Año: 1981
- Potencia: 90 KVA
- Nivel de aislamiento: 1L15 kV
- Diagrama vectorial: Dyn5
- Peso total: 431 Kg
- Impedancia en voltios: 3.4%
- Nivel de aceite: 101 Kg

Voltajes en el Primario:

1	13660 V
2	13630 V
3	13200 V
4	12670 V
5	12540 V
Corriente	3.94 A

Interpretación:

- Marca: INATRA
- Potencia nominal ----> 125 KVA
- Número de fases ----> 3
- Tensión primaria ----> 22 KV
- Tensión secundaria ----> 220 V

Corriente primaria ----→ 3.28 A
Corriente secundaria ----→ 828 A

Conexión: Dy5
Corriente primaria: 1.57 A
Corriente secundaria: 157 A
Refrigeración: ONAN
Peso total: 550 Kg
Vol.ac.li140

Altitud: 3000mt
Temperatura ambiente: 30°C
Aceite: Mineral

Alta tensión bornes h1, h2, h3			
Voltios	Posición	Al conmutador	Conexión
23100	1	3 - 4	Triángulo
22550	2	4 - 2	
22000	3	2 - 5	
23450	4	5-1	
20800	5	1-6	
Baja Tensión X0,X1,X2,X3			
220 → 127		Estrella	

Relé Buchholz:

Transformador 3:

Se encuentra ubicado en el taller de electricidad en la Universidad



Su placa es la que se presenta a continuación:



N.- 01048097
Norma: ANSI
Potencia: Normal 80kVA
Año: 04
Nivel Aislamiento: 150KV
Número de fase: 60HZ
Clase de aislamiento: A₀
Tensión primaria: 220 KVA
Tensión secundaria: 220 V



El relé Buchholz, no es más que un dispositivo con una combinación de un colector de gas y presión. Funciona bajo el modelo tradicional (tipo conservador) de los transformadores, en donde el tanque de los mismos se encuentra completamente lleno con aceite y a su vez se une mediante una tubería a otro tanque "auxiliar", el cual actúa como una cámara de expansión.

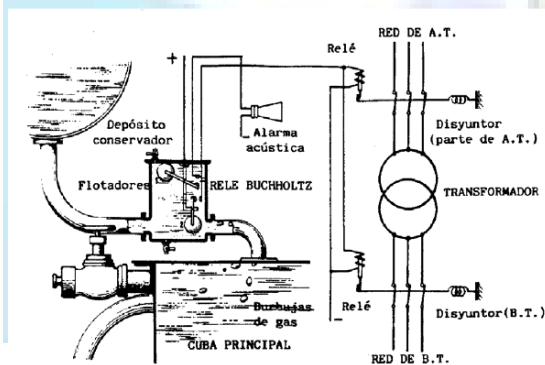
En dicha tubería de unión entre los tanques se encuentran dos elementos del relé, uno de ellos es la cámara colectora de gas, en donde cuando cierta cantidad de gas ha sido recolectada se cierra un contacto y, usualmente, suena una alarma. El gas colectado es analizado dentro de un dispositivo especial para determinar cual de los aislamientos está dañándose y verificar cual de los principales aislamientos se está deteriorando. Cabe destacar que este dispositivo que analiza el gas no es parte del relé como tal.

El otro elemento, cuya pieza es operada por el chorro de aceite que pasa por la tubería cuando ocurren fallas, cierra los contactos que disparan los interruptores del transformador. Es curioso acotar que en los

Estados Unidos, el elemento colector de gas del relé Buchholz no tiene mucha utilidad, dado que la protección del mismo ha sido subestimada, en parte porque no se fabrican ese tipo de dispositivos por allá.

Por lo que se sabe, será evidente que los relés colectores de gas y de presión son principalmente suplementarios a otras formas de protección. Empezando por el hecho de que un transformador debe de ser del tipo que permita tal tipo de protección; con ello se nota que las fallas dentro del tanque del mismo solo serán las que estos relés puedan detectar, porque protecciones como los relés diferenciales u otros tipos de relés son los que se encargarán de detectar fallas externas, inclusive entre las conexiones del transformador y los interruptores.

A continuación se lo puede observar en un circuito de aplicación:



Conclusiones

En conclusión se puede decir que el tema documento nos ayudo de gran manera a conocer el tema de los transformadores trifásicos y por ende en el de máquinas eléctricas con mayor profundidad, sobre toda la parte del trabajo de campo, con estos conocimientos que son vanos si nos ponemos a tomar en cuenta la importancia de los transformadores en todas sus aplicaciones y sobre todo al conocer su construcción, conexiones, podemos conocer por se eligen de acuerdo al trabajo que van a realizar.

Bibliografía

<http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>

http://www.asifunciona.com/tablas/transformadores/simb_transf.htm

<http://www.nichese.com/trans-auto.html>

http://patricioconcha.ubb.cl/transformadores/pagina_n1.htm

Stephen J. Chapman, Fundamentos de circuitos eléctricos. 4th_Edition