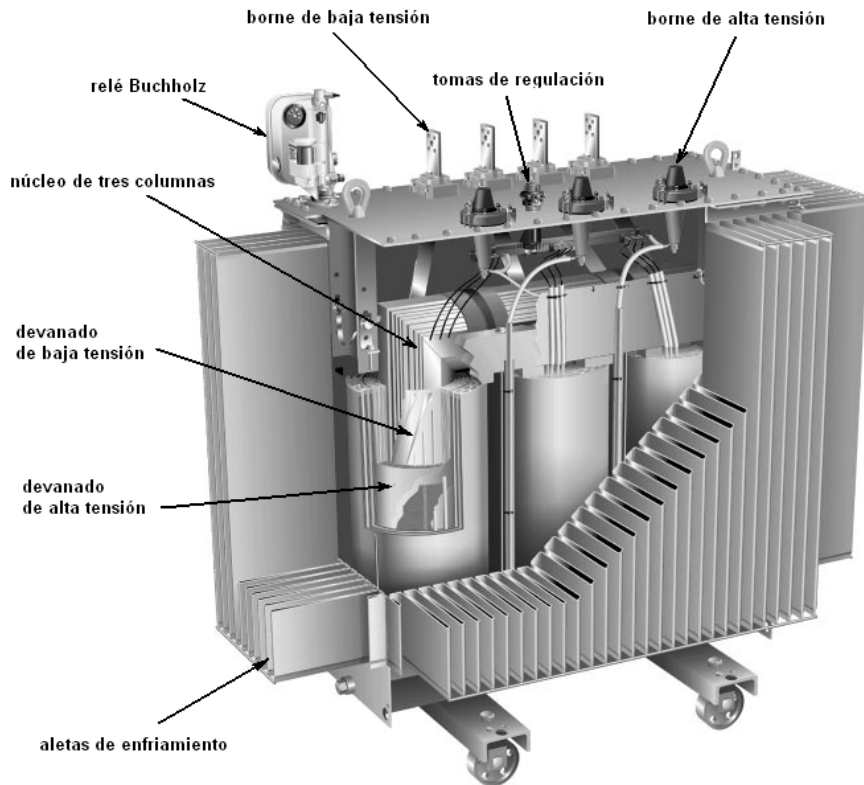
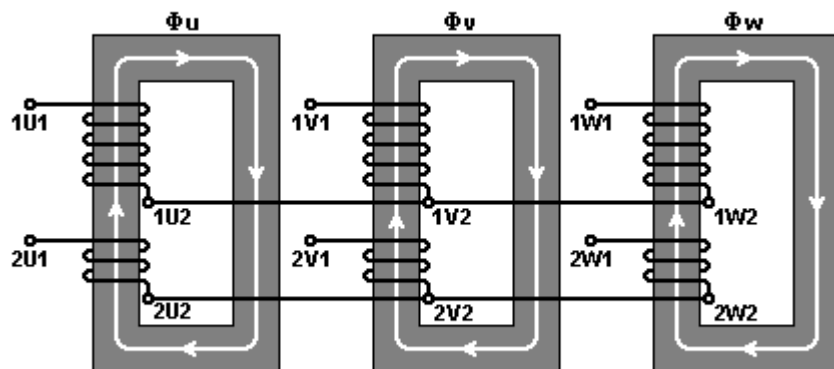


TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

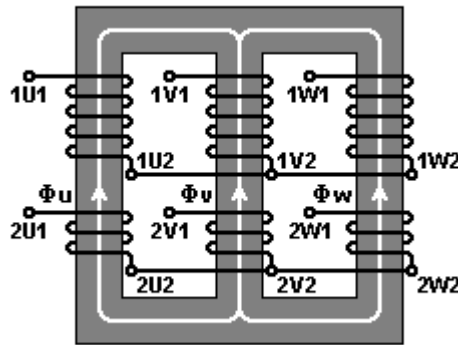
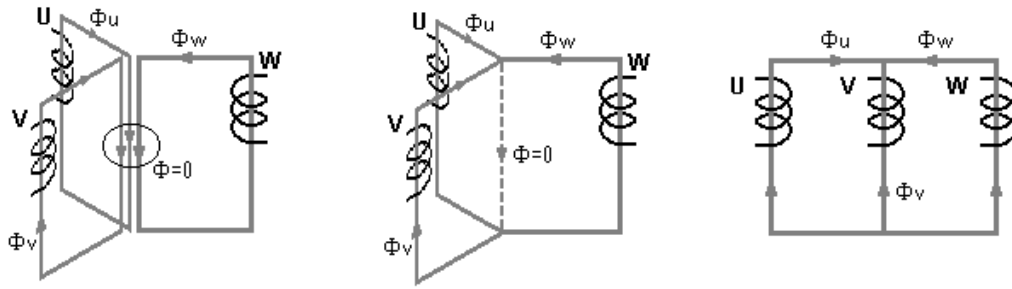
Las tensiones trifásicas pueden transformarse conectando tres transformadores monofásicos en forma adecuada o utilizando transformadores con núcleo de tres columnas.



Cuando se conectan tres transformadores monofásicos como indica la figura, se tiene un grupo o banco trifásico de transformadores.



Si se disponen los núcleos de los tres transformadores conjuntamente, la suma de los flujos magnéticos en la columna central será siempre igual a cero. Por lo tanto, la columna central no será necesaria. Disponiendo las columnas de los núcleos restantes en un plano se obtiene el núcleo de tres columnas.

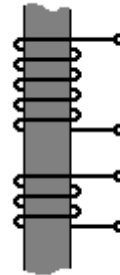


Polaridad

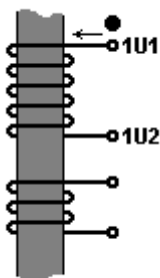
En cada columna de un transformador trifásico, el desfase entre las tensiones de alta y baja puede ser igual a cero o a 180°, lo que puede lograrse

- ✓ con devanados arrollados en el mismo sentido o en sentido contrario.
- ✓ o bien cambiando la designación de los bornes.

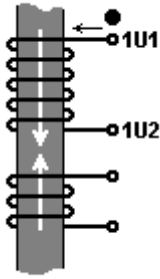
Generalmente, los devanados de alta y de baja tensión se arrollan en el mismo sentido.



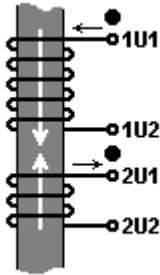
Para determinar la polaridad de un devanado con respecto al otro, se procede de la siguiente manera:



1. Se elige un sentido para la corriente en el primario y se marca con un punto el borne por el que la corriente ENTRA en el arrollamiento.

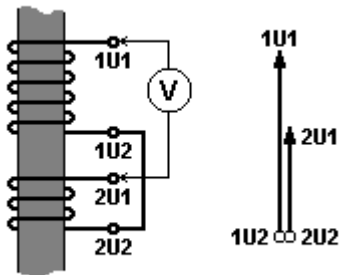


2. Se determina el sentido del flujo magnético mediante la regla de la mano derecha. En la segunda bobina, el flujo ha de oponerse al creado por la corriente del primario.



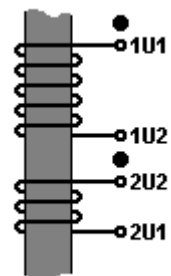
3. Se determina el sentido de la corriente en el secundario, marcando con otro punto el terminal por el que la corriente SALE del arrollamiento.

Entonces, si se conectan los bornes 1U2 y 2U2, para fijarlos a un mismo potencial eléctrico, un voltímetro entre 1U1 y 2U1 indicará la diferencia entre las tensiones primaria y secundaria, por lo que a esta polaridad se la denomina sustractiva.

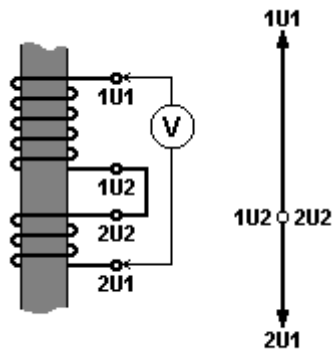


El desfase entre ambas tensiones es de 0°

Ahora bien, si con estos mismos devanados se decide cambiar la designación de los bornes del secundario de la siguiente forma:



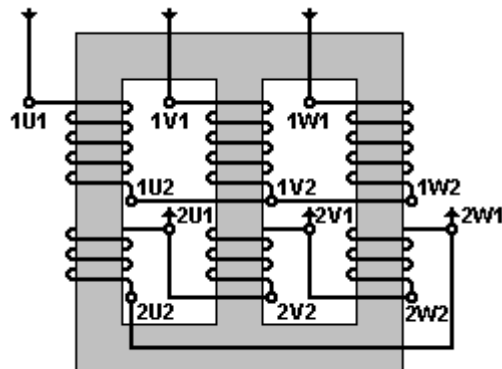
Entonces conectando los bornes ahora designados como 1U2 y 2U2, el voltímetro medirá la suma de las tensiones, por lo que la polaridad se denomina aditiva.



El desfase entre ambas tensiones es de 180°

Conexiones

Los devanados del primario y los del secundario pueden conectarse tanto en estrella Y como en triángulo Δ . En este caso, los desfases posibles, además de los ya mencionados de 0° y 180° , son siempre múltiplos de 30° , como se verá en los ejemplos siguientes.



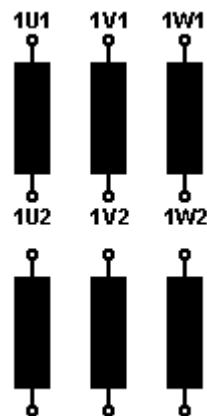
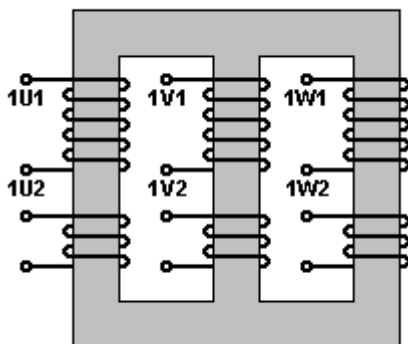
La forma de conexión del primario se indica mediante letras mayúsculas
 D triángulo
 Y estrella
 Z zig-zag

Mientras que la del secundario se designa con letras minúsculas d, y, z.

El número que sigue a estas letras indica, para terminales homólogos, el múltiplo de 30° en que la tensión de fase secundaria está retrasada respecto de la tensión de fase primaria.

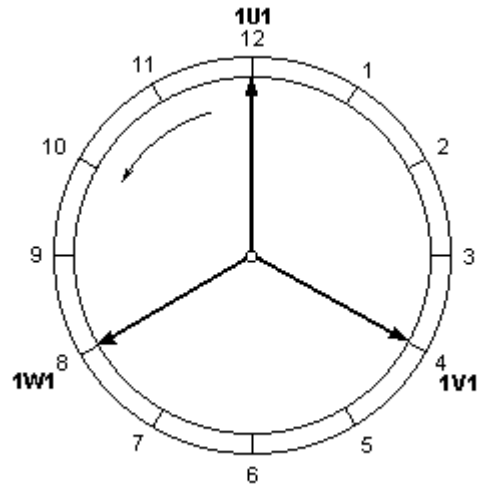
Ejemplo

Conectar el transformador dado en Yd5



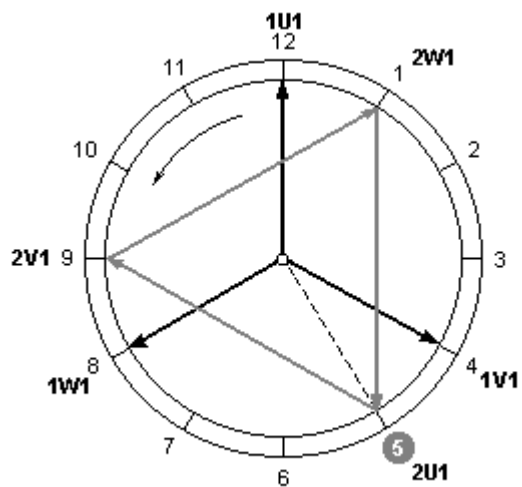
1. El diagrama vectorial para las tensiones de fase del primario (en este caso conectadas en estrella) se representa de modo que el terminal 1U1 coincida con las 12 del reloj.

La secuencia de los vectores es en sentido antihorario, es decir que la sucesión en que pasan por un punto fijo es U, V, W en el sentido marcado.

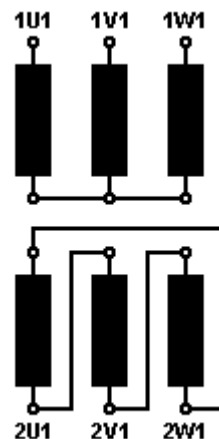


2. Para las tensiones del secundario (en este caso conectadas en triángulo), el diagrama debe ubicarse de manera que los vectores que representan las tensiones del primario y secundario de una misma fase tengan la misma dirección (no necesariamente el mismo sentido).

3. Se ubica entonces el borne homólogo del secundario teniendo en cuenta el índice horario 5, siendo el ángulo entre las tensiones de fase del primario y del secundario de $5 \times 30^\circ = 150^\circ$.



4. Entonces se conectan los devanados teniendo en cuenta que la fase U del secundario debe estar en oposición de fase respecto a la tensión del primario y ubicada entre 2U1 y 2W1. Y así sucesivamente se conectan las otras fases.



Conexión Yz

Esta conexión consiste en hacer que la corriente que pasa por cada línea del secundario afecte siempre por igual, al mismo tiempo, a dos fases primarias.

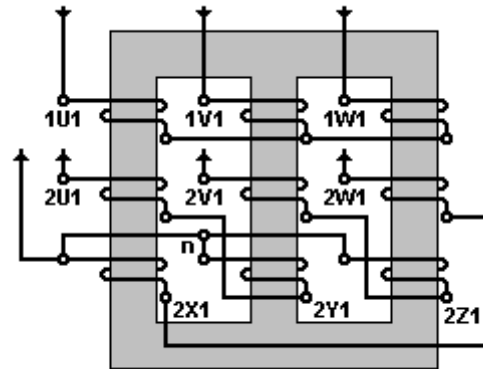
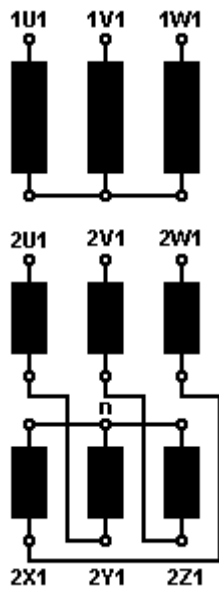
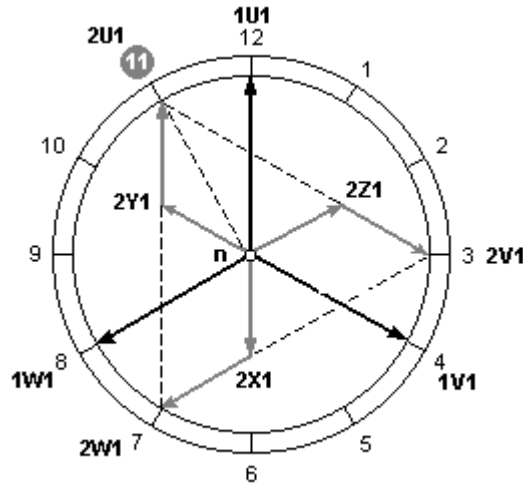
El arrollamiento secundario de cada columna se divide en dos, iguales, y se conectan en serie las mitades de dos columnas consecutivas.

Obsérvese que el final de una semifase secundaria (borne 2U2) se conecta con el principio de otra (borne 2Y1), por lo que vectorialmente la segunda se debe tomar con signo opuesto.

La conexión Yz se usa para transformadores reductores de distribución, donde es necesario el neutro secundario, y la tensión primaria, relativamente alta, no hace conveniente la conexión en triángulo.

Ejemplo

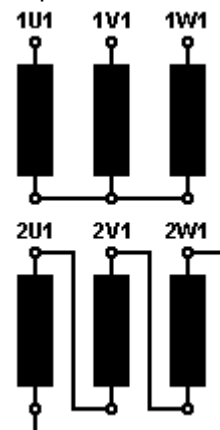
Conexión Yz11. Transformador de servicios auxiliares de la SE Independencia. Líneas C y E del subterráneo de Buenos Aires.



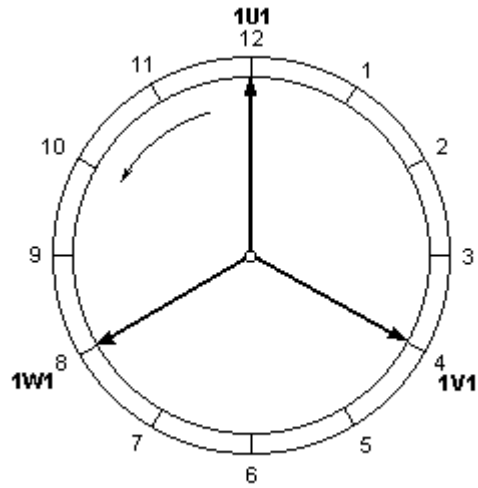
Tener en cuenta que de 2U1 se llega al neutro a través de una tensión opuesta a la de 2V1.

Ejemplo

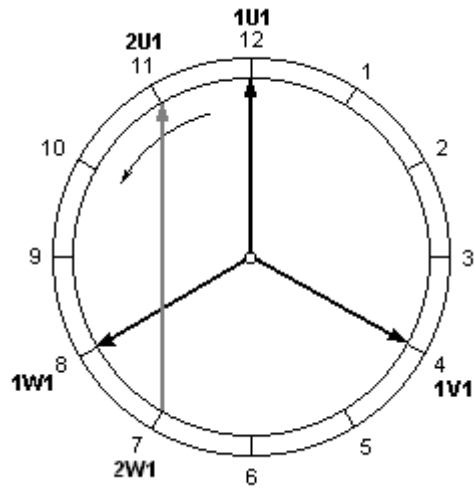
Verificar a qué conexión pertenece el siguiente esquema:



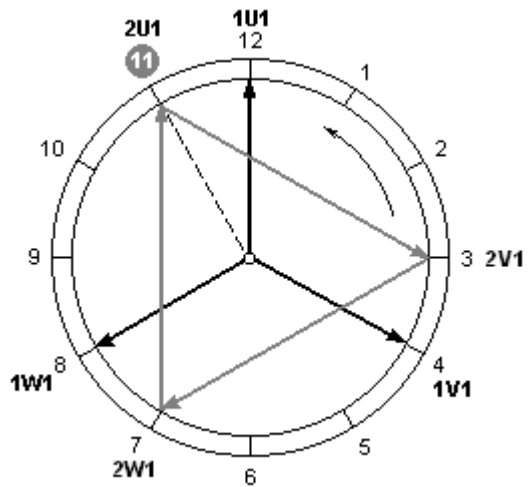
1. Se dispone la Y primaria con el terminal 1U1 indicando las 12 del reloj.

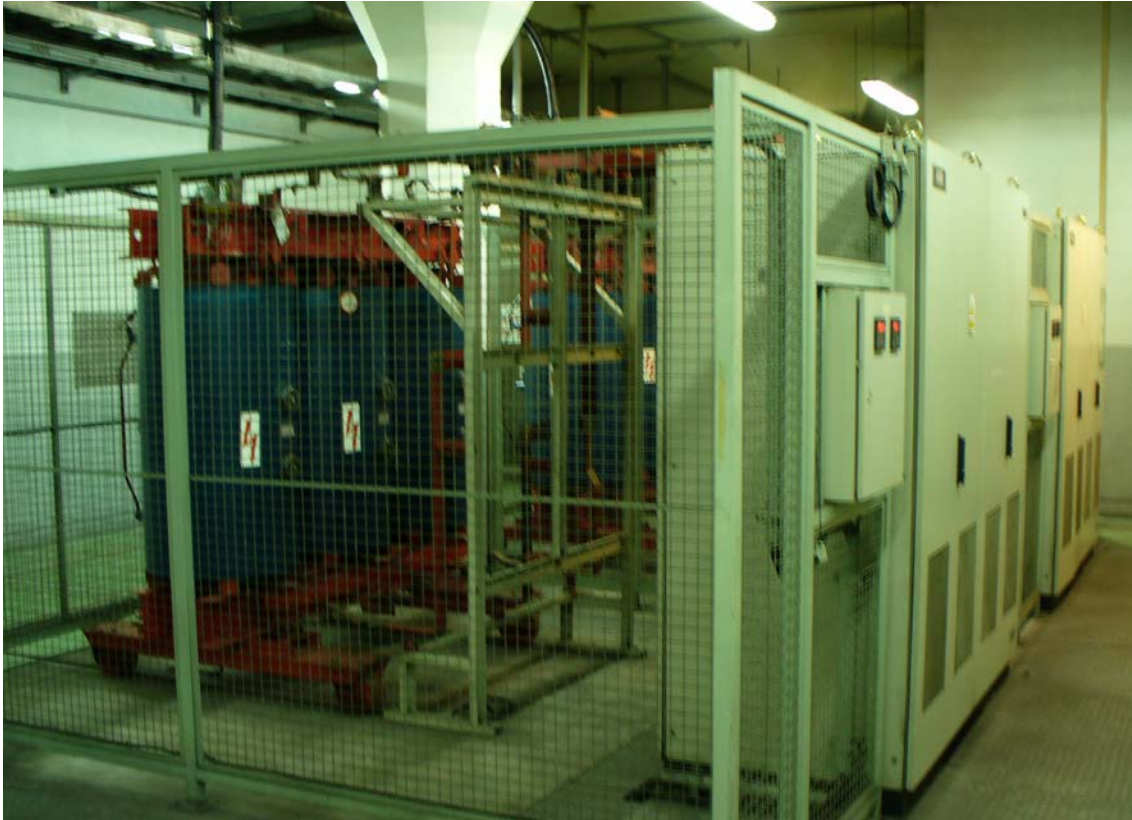


2. Teniendo en cuenta que la fase entre 2U1-2W1 tiene el mismo sentido que la de 1U1-n, se ubica en el esquema, respetando la secuencia U-V-W en sentido de giro antihorario.

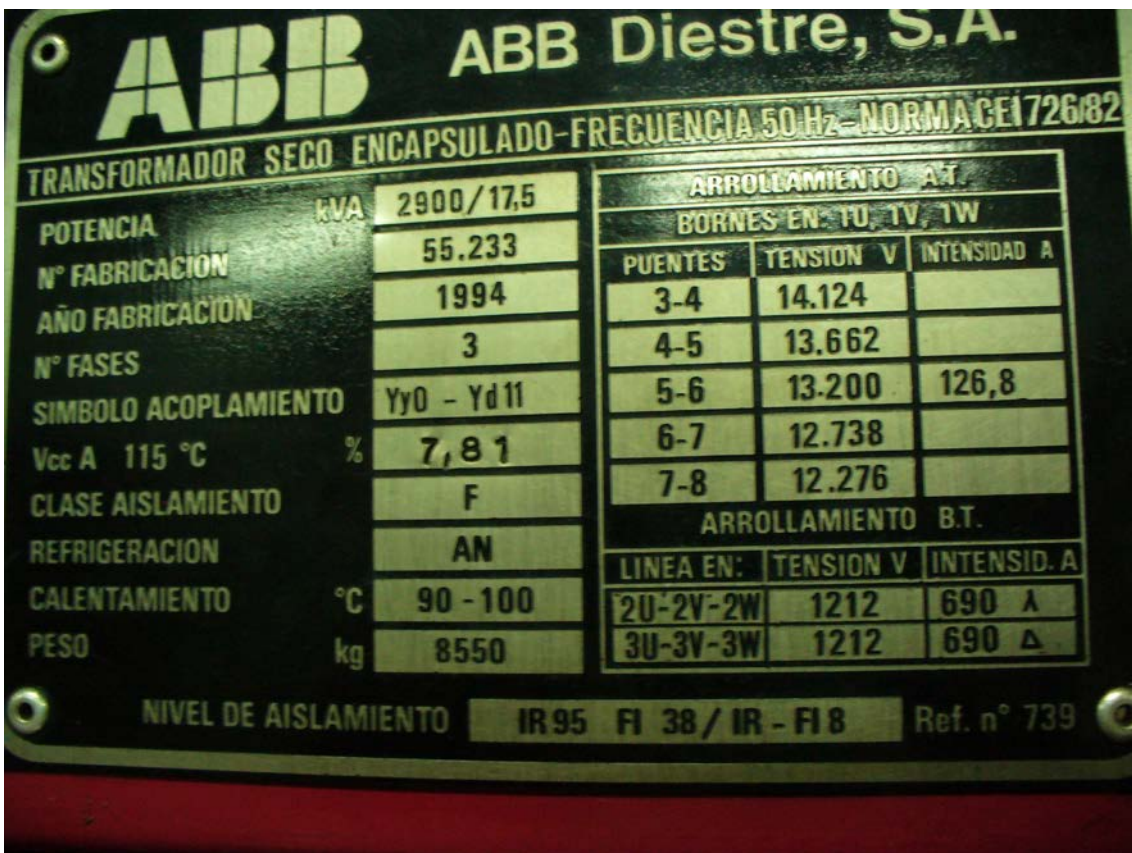


3. Se verifica el desfase entre las tensiones de fase: es conexión Yd11, correspondiente a un transformador de tracción de la subestación 9 de Julio, líneas C y D del subterráneo de Buenos Aires.



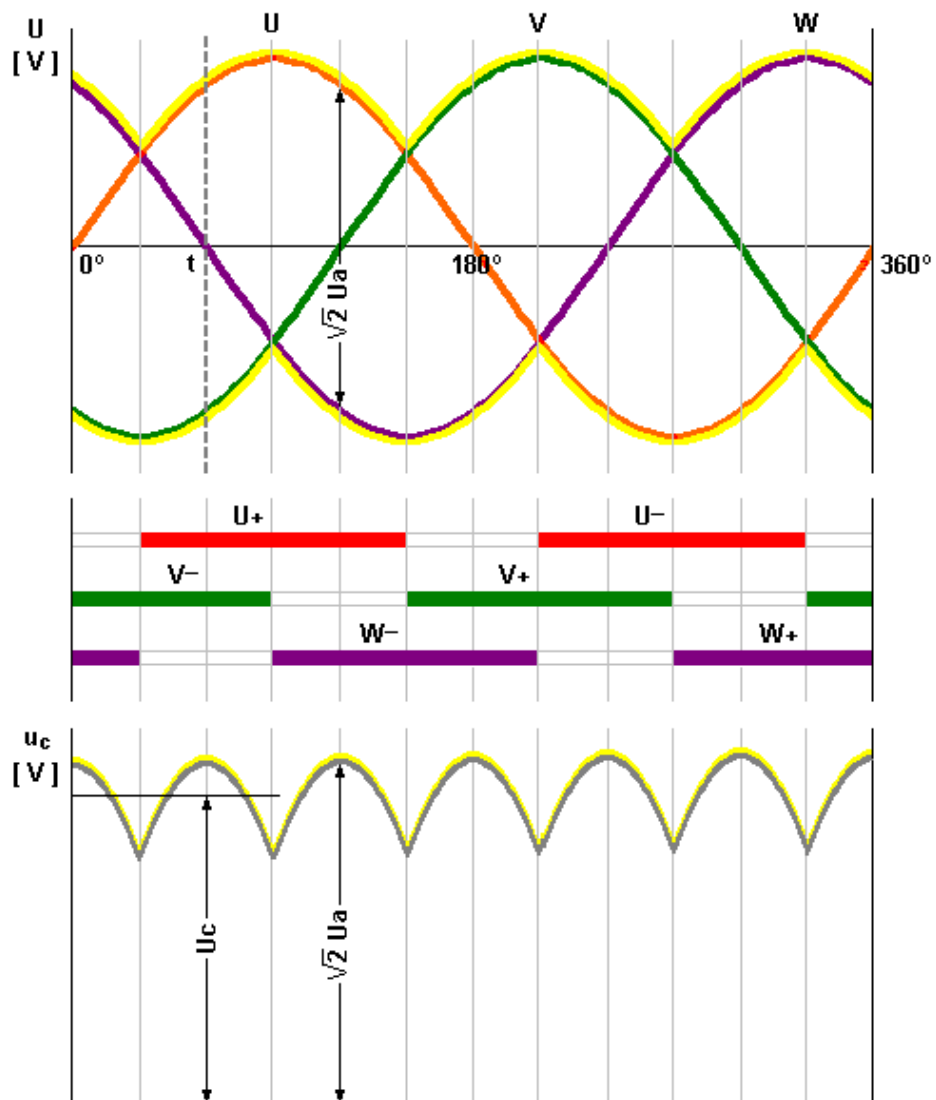
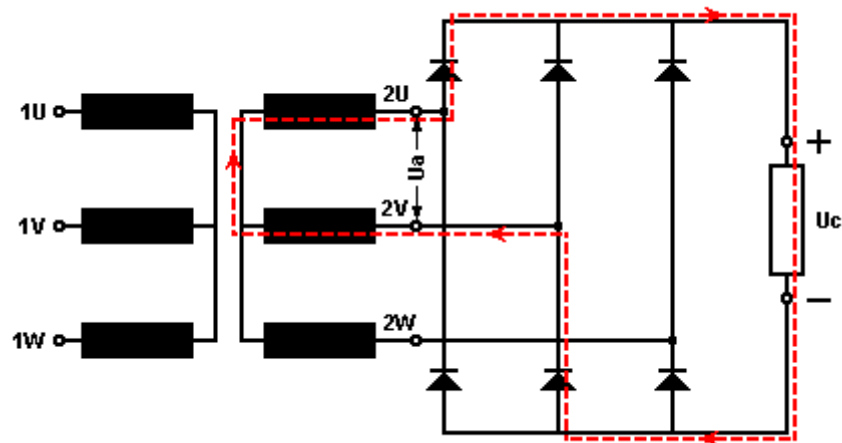


Transformadores de tracción de la subestación 9 de Julio



La placa del transformador

RECTIFICADOR TRIFÁSICO EN PUENTE



En esta conexión la corriente circula en cada momento por las dos ramas cuya suma de tensiones en valores absolutos es máxima y con el sentido que permiten las válvulas.

El trayecto indicado con trazos en la figura corresponde al instante t de las ondas de tensiones.

La diferencia entre los valores de las envolventes superior e inferior dan los sucesivos valores de la tensión rectificadora, que llevados sobre el eje de tiempo, forman la curva de dicha tensión e_c .

Se han indicado los intervalos de trabajo de las tres fases secundarias. Como se ve, cada una de ellas, y lo mismo la del primario, trabaja $120^\circ \times 2 = 240^\circ$ por período, o sea, durante las dos terceras partes de éste.

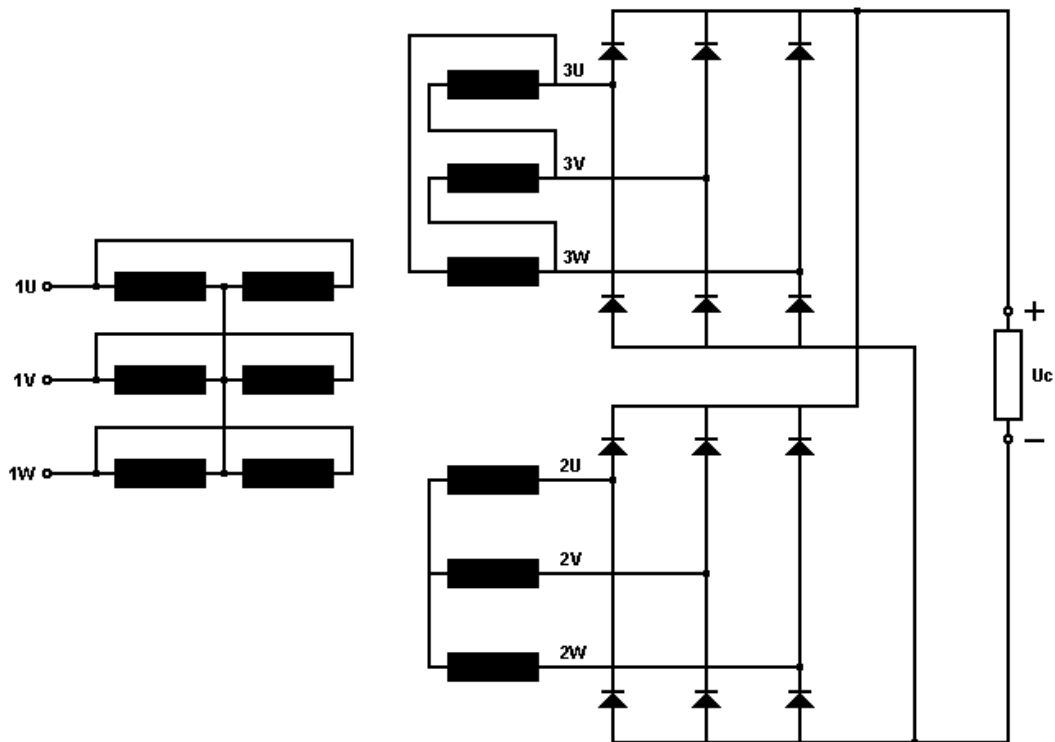
Ejemplo

Calcular cuánto vale la relación U_c/U_a en el rectificador trifásico en puente.

$$\frac{U_c}{U_a} = \sqrt{2} \frac{m}{\pi} \operatorname{sen} \frac{180^\circ}{m} = \sqrt{2} \frac{6}{3.14} \operatorname{sen} 30^\circ = 1.35$$

RECTIFICADOR TRIFÁSICO EN PUENTE DOBLE

La ondulación de la tensión rectificadora del dispositivo anterior es excesiva, por lo que para evitar este inconveniente se acoplan en paralelo dos rectificadores en puente, con un doble primario en estrella y dos secundarios en estrella y triángulo. Con esto se logra que las tensiones a la salida de cada rectificador tengan un desfase entre sí de 30° , con 12 intervalos de conducción, lo que mejora la forma de onda de la tensión rectificadora.



Ejercicio. Rectificador ABB de la subestación 9 de Julio

Calcular el valor medio de la tensión continua rectificadora si la tensión secundaria entre líneas de cada transformador es de 1212 V.



