

Nota Técnica N°4

Conexión de Transformadores en Paralelo

Normalmente la conexión en paralelo de transformadores se utiliza para suplir el crecimiento de demanda de energía en un sistema eléctrico. Además, puede ser utilizada como resguardo de potencia para eventuales instantes de consumo pico, para ininterrupción del sistema en caso de falla o mantenimiento de uno de los equipos.

La conexión en paralelo de transformadores es una conexión muy usual en la actualidad y permite múltiples beneficios al sistema eléctrico. Dicha conexión se realiza con dos o más transformadores, en sistemas monofásicos, trifásicos y polifásicos.

Para poder realizar una conexión en paralelo de dos o más transformadores, se debe verificar que la diferencia de potencial de los bornes homólogos en cada una de las fases en los distintos transformadores a conectar, tanto en los primarios como en los secundarios, sea cero en cualquier instante.



Se puede establecer 5 consideraciones básicas que deben cumplir 2 o más transformadores, para que los mismos puedan conectarse en paralelo:

- a. Igualdad de tensiones primarias y secundarias.
- b. Igual relación de transformación.
- c. Igualdad en la caída interna de tensión, tanto resistiva como inductiva.
- d. Igualdad de frecuencias de diseño.
- e. Las polaridades relativas deben ser iguales en todos los transformadores para cualquier instante.

Es fundamental el cumplimiento exacto del último de los puntos antes citados; las demás condiciones no siempre deben cumplirse al 100%. No obstante se debe intentar cumplir estas condiciones con la mayor exactitud posible.

Consideraciones básicas:

a. Igualdad de tensiones primarias y secundarias.

Esta primera condición puede aceptar pequeñas variaciones ($\pm 5\%$ y dependiendo del diseño del transformador). Es decir que se puede aceptar que un transformador que no está diseñado para una tensión nominal primaria pueda conectarse a la misma. Esto hará que el mismo trabaje en un punto distinto de la curva de inducción del núcleo y conllevará que la corriente de vacío nominal, las pérdidas en vacío, el ruido audible y la corriente de inserción se vean modificadas respecto de sus condiciones de diseño original.

Se debe consultar sobre esta acción con el fabricante del equipo y analizar la posibilidad de llevarla a cabo.

b. La igualdad de relación de transformación:

Esta condición es de fundamental cumplimiento. Se puede admitir en las conexiones una pequeña diferencia de las relaciones de transformación, del orden máximo de 0,5%, lo cual está advertido en las distintas normas de fabricación de transformadores. Cuando la diferencia de la relación de transformación de los distintos transformadores es mayor a 0,5 %, no es aconsejable la conexión en paralelo de los mismos.



El no cumplimiento de esta igualdad dará lugar a una corriente de circulación en los secundarios de los transformadores, situación que estará presente en todo momento cuando los mismos estén conectados.

c. La condición de igualdad de caídas internas para los distintos transformadores.

Esta condición se encuentra íntimamente relacionada con la comparación de las U_{cc} (Tensiones de cortocircuito). No obstante, la comparación debe realizarse no solo con la U_{cc} , sino con sus componentes resistivas e inductivas (U_r y U_x).

En otras palabras, este punto establece que la característica externa de los transformadores debido a la carga, deben de ser lo más similar posible entre sí.

Esta condición es la que puede aceptar mayor desvío.

Se sugiere que las distintas impedancias internas de los equipos, no tengan diferencias mayores al 10%.

Cuanto mayor sea la igualdad entre las distintas impedancias porcentuales (U_{cc}) de los transformadores, más equitativa será la repartición de cargas de los distintos transformadores cuando el sistema secundario requiera energía.

Cuando en el paralelo existan transformadores con distintas U_{cc} , la demanda de energía de la carga hará que el/los transformadores con mayor impedancia interna se carguen porcentualmente de menor manera que el transformador con impedancia interna relativa más baja.

Al darse esta situación, uno de los transformadores arribará al límite de su capacidad antes que los demás transformadores y hará que el conjunto del paralelo entregue menor potencia que la esperada, ya que una vez que este transformador llegue al límite de carga, no podrá seguirse cargando al sistema y los demás transformadores quedarán por debajo del nivel de carga nominal. Por dicha razón, en esta condición de carga, el sistema no podrá entregar la máxima capacidad disponible, y uno de los equipos siempre estará trabajando de manera más exigida que el resto.

Esta situación de cargas desparejas se puede presentar también cuando los equipos tengan igual Impedancia porcentual (U_{cc}), pero sus componentes resistiva (U_r) y reactiva (U_x) sean diferentes, por lo que se cargarán de forma despareja, dependiendo en este caso del factor de potencia de carga.



d. La igualdad de frecuencia de diseño:

Esta es una condición fundamental ya que, salvo en casos muy excepcionales, no puede aceptarse la conexión de un transformador de frecuencia de diseño distinta a la de la red a conectar.

e. Las polaridades relativas deben ser iguales:

Como se dijo anteriormente, la última de las condiciones establecidas no acepta diferencia. Es decir, si la polaridad relativa entre los bornes a conectar no es la misma para cualquier instante, no debe llevarse a cabo la marcha en paralelo.

Que tengan igual polaridad relativa implica que cada fase de los secundarios a conectar tenga el mismo desfase horario respecto de su primario relativo.

Como desfase, orden de rotación de los fasores y polaridad están íntimamente ligados entre sí, es condición *sine qua nom* para realizar una conexión en paralelo verificar la igualdad de los mismos, porque caso contrario en cierto instante aparecerían diferencias de potencial entre terminales homónimos, produciendo un cortocircuito.

El grupo de conexión de los transformadores nos determina el desfase entre primario y secundario. Solo se pueden conectar en paralelo los transformadores con igual grupo de conexión, siempre que se respete la conexión de los bornes con igual designación.



En sistemas trifásicos también pueden conectarse en paralelo los grupos de conexión con igual índice de desfase horario, los cuales se resumen en la tabla que se encuentra a continuación:

DESFASE (ang. de Bt. en Retraso)	DESIGNACION		DIAG. VECTORIAL		ESQUEMA CONEXIONES	
	n°	L.E.C	V.D.E	ALTA TENSION BAJA TENSION	ALTA TENSION BAJA TENSION	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 5	C1			
		Yd 5	C2			
		Yz 5	C3			
-30°		Dy 11	D1			
		Yd 11	D2			
		Yz 11	D3			

No obstante se debe analizar muy bien cada uno de estos casos particulares ya que no siempre cumplen las demás condiciones y suelen cargarse en forma diferente.



Relación de potencias entre los transformadores del sistema en paralelo

No es recomendable conectar en paralelo transformadores cuyas potencias difieran demasiado. Se aconseja relaciones de hasta 1:3 y en caso extremo 1:5.

La razón de ello está en que, al aumentar la potencia, los transformadores tienden a que su impedancia interna sea cada vez más inductiva. Esto conlleva a que las cargas porcentuales de los transformadores sean distintas para los diferentes factores de potencia de carga. En cuyo caso, como ya lo hemos expresado anteriormente, los transformadores se cargan porcentualmente diferente, llegando uno de ellos al límite de carga y limitando la potencia disponible del sistema.

Para más información, te invitamos a enviarnos un mail a info@miron.com.ar.

