

## DISTORSIÓN DE LA SEÑAL DE RED CON CONVERTIDORES DE FRECUENCIA

### MEDIDAS A TOMAR PARA ATENUARLA

Cuando se conecta un equipo con componentes no lineales a la red (como un variador de frecuencia), se ocasionan distorsiones en la red que perturban los parámetros de ésta. Una causa importante de las perturbaciones de la red es la distorsión debido a los armónicos generados por los equipos electrónicos.

En cuanto a las perturbaciones que pueden afectar a los parámetros de la red, deben tenerse en cuenta las que afectan a la amplitud de la señal. Dentro de estas, podemos distinguir:

- Perturbaciones de baja frecuencia: entre ellas se encuentran los armónicos, con frecuencias comprendidas entre 100Hz y 2500 Hz.
- Perturbaciones de alta frecuencia (parásitas): puede ser por ruido conducido (con frecuencias comprendidas entre 10 KHz y 30 MHz) o por ruido radiado (frecuencias mayores de 30 MHz). Los variadores de frecuencia son una causa importante de perturbaciones por ruido conducido.

Un variador absorbe de la red corrientes periódicas no senoidales (y por tanto no lineales), compuestas por una componente fundamental de frecuencia, más una serie de corrientes superpuestas de frecuencias múltiplo de la fundamental, llamadas armónicos.

Las perturbaciones ocasionadas en la red afectan al funcionamiento de los demás equipos conectados e incluso pueden afectar al funcionamiento del propio convertidor.

Un aspecto importante es proteger los equipos de las perturbaciones de la red, sobre todo de armónicos y de puntas de tensión con un valor alto de  $dV/dt$ . La presencia de armónicos en la red puede provocar: aumento de pérdidas en la instalación debido a la disminución del factor de potencia, disparo de protecciones, averías frecuentes y mal funcionamiento de los equipos.

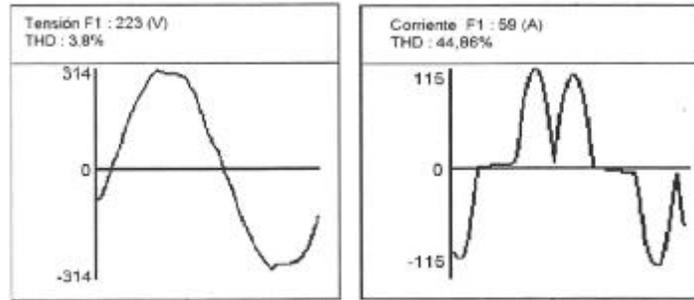
Uno de los parámetros que se utilizan para valorar los niveles de perturbación debido a los armónicos es el THD, Total Harmonic Distortion. El THD se puede hallar tanto para tensión como para corriente y se calcula como se indica:

$$THD(V) = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} V_n^2}}{V_1}$$

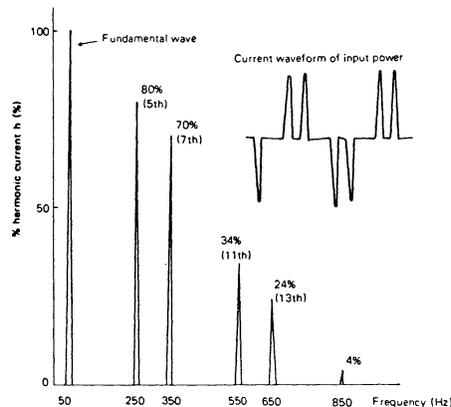
$$THD(I) = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} I_n^2}}{I_1}$$

El THD mide la distorsión de la señal en % con respecto al valor fundamental. Se pueden considerar valores normales del THD en torno al 30% para corriente y alrededor del 5% para tensión.

Un variador de frecuencia se comporta como un rectificador de 6 pulsos. La mayor parte de las perturbaciones son originadas por la conversión AC/DC. En la figura se muestran los armónicos típicos para un rectificador de 6 pulsos conectado directamente a la red.



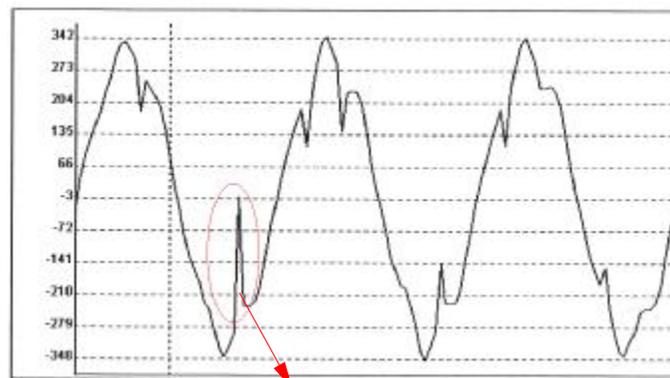
Se observa que la corriente está mucho más distorsionada. Si se descompone esta señal mediante Fourier para hallar sus armónicos, se observa que los armónicos pares tienen una influencia prácticamente nula en la señal. En cambio, sí aparecen armónicos impares, con la particularidad de que los armónicos 3 y sus múltiplos prácticamente son nulos, afectando a partir del 5º armónico, que es el que más incidencia tiene en la distorsión de la onda. En la figura siguiente se muestra el espectro de frecuencias de esta señal.



*Nota:* Si se pretende medir el THD para un variador, hay que tener en cuenta:

- Si comparte la misma red de alimentación con otros equipos, la medida puede falsearse al medir el THD en un solo equipo, ya que los demás equipos pueden estar generando perturbaciones en la red, por lo que el THD obtenido no tendría que ser necesariamente debido únicamente al variador que estamos testeando.
- La calidad de la alimentación. Si la alimentación es de baja calidad, el THD será mayor.

Por otra parte, se deben tener en cuenta las perturbaciones de alta frecuencia, que provocan altas  $dV/dt$ . Se producen por ruido radiado o conducido y pueden provocar que las protecciones salten.



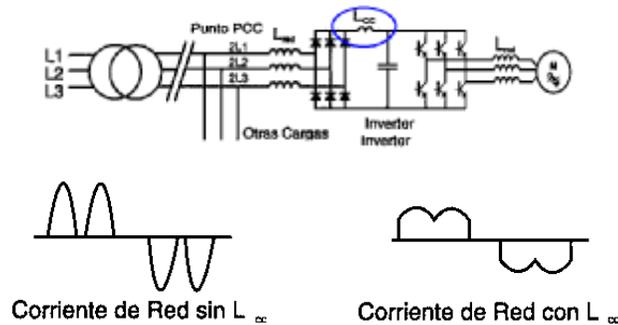
Valor alto de  $dV/dt$

Estos problemas, pueden ser resueltos mediante la instalación de filtros y reactancias. A continuación se expone el efecto que tiene la instalación de estos elementos en las perturbaciones que se originan en la red, comparando las formas de onda obtenida cuando se instalan y cuando no están instalados (las cuales se han comentado ya).

### Instalación de reactancia DC

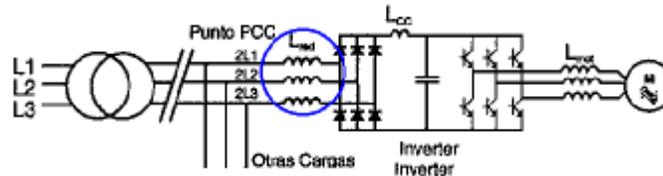
Mediante su instalación se mejora el rizado en el lado de continua, con lo cual se consigue suprimir armónicos a la salida del variador. Instalándola, se reduce el 5º armónico hasta valores en torno al 30% del valor de la componente fundamental.

En la figura se muestra la mejora que se produce en la forma de onda tras la instalación de una reactancia DC.



### Instalación de reactancia AC

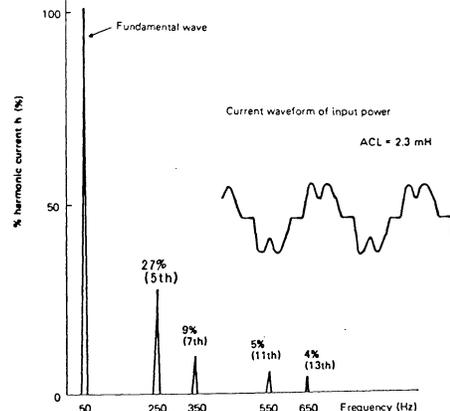
Colocadas a la entrada del convertidor.



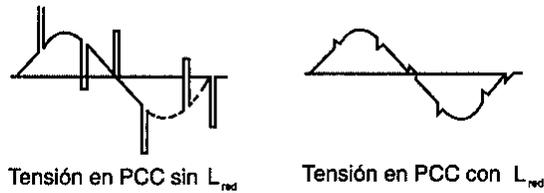
- Atenuan los microcortes y picos debidos a la conexión inicial,
- Reducen la tasa de armónicos de la corriente de red,
- Mejoran el factor de potencia.

Se recomienda su instalación siempre que la potencia del transformador (KVA) sea mucho mayor que la capacidad del variador (KVA).

En la figura se puede observar la reducción de armónicos que se produce cuando se instala la reactancia AC:



También se muestra la atenuación de picos en la conexión inicial.



## Instalación de filtros EMC

Se instalan para cumplir la normativa de compatibilidad electromagnética, para eliminar el ruido conducido a través de los cables.

También evitan la devolución de armónicos a la red. No obstante, el objetivo de los filtros EMC es eliminar las perturbaciones de alta frecuencia. Como la influencia de los armónicos de altas frecuencias es muy pequeña en la distorsión de la señal, la reducción no puede compararse a la obtenida con reactancias.

El variador y el filtro deben ir montados en la misma placa metálica, colocando el filtro lo más cerca posible del variador. La placa metálica debe llevar conexión a tierra.

## Instalación de transformador de entrada para rectificación de 12 pulsos

Suprimen los armónicos más eficazmente que las reactancias.

En las siguientes tablas podemos observar la reducción de armónicos que se obtiene mediante la instalación de reactancias y con transformador de entrada para rectificación de 12 pulsos.

### Con reactancias:

Método de supresión de armónicos (entrada 3-fases)	Relación de generación de armónicos (%)							
	5º armónico	7º armónico	11º armónico	13º armónico	17º armónico	19º armónico	23º armónico	25º armónico
Sin reactancia	65	41	8.5	7.7	4.3	3.1	2.6	1.8
Reactancia de c.a.	38	14.5	7.4	3.4	3.2	1.9	1.7	1.3
Reactancia de c.c.	30	13	8.4	5	4.7	3.2	3.0	2.2
Reactancias de c.a. y c.c.	28	9.1	7.2	4.1	3.2	2.4	1.6	1.4

### Con transformador de entrada para rectificación de 12 pulsos:

Método de supresión de armónicos	Proporción de generación de armónicos (%)							
	Armónico 5	Armónico 7	Armónico 11	Armónico 13	Armónico 17	Armónico 19	Armónico 23	Armónico 25
Sin reactancia	65	41	8.5	7.7	4.3	3.1	2.6	1.8
Rectificación de 12 pulsos	5.43	5.26	5.40	5.96	0.69	0.19	1.49	1.18

## Resumiendo:

- La reactancia de c.c. suprime los armónicos mejor que la reactancia de c.a. La reactancia de c.c. utilizada junto con la de c.a. suprime más eficientemente los armónicos.
- Suprimiendo los armónicos de corriente a la entrada del convertidor se mejora el factor de potencia de entrada del convertidor.
- Se puede realizar la instalación de filtro EMC más reactancia. Aunque el orden de colocación es indiferente, es conveniente colocar la reactancia antes que el filtro, pues normalmente el filtro se monta debajo del convertidor.

OMRON recomienda que para una eficaz reducción de los niveles de armónicos, se instale reactancia AC más reactancia DC.