8 Soluciones para atenuar los armónicos

Existen tres tipos diferentes de soluciones para atenuar los armónicos:
- Modificaciones en la instalación.
- Dispositivos especiales en el sistema de alimentación.
- Filtros.

8.1 Soluciones básicas

Para limitar la propagación de los armónicos en la red de distribución, existen diferentes soluciones y deben tenerse en cuenta, especialmente al diseñar una nueva instalación.

Instalación de las cargas no lineales aguas arriba en el sistema

Las perturbaciones armónicas generales aumentan a medida que disminuye la potencia de cortocircuito.
Dejando a un lado todas las consideraciones económicas, es preferible conectar cargas no lineales lo más aguas arriba posible (ver **Figura M17**).

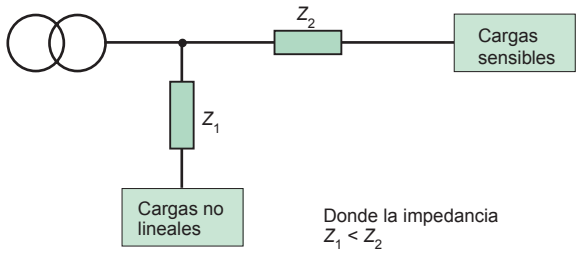


Fig. M17: *Cargas no lineales colocadas lo más aguas arriba posible (disposición recomendada).*

Agrupación de las cargas no lineales

Al preparar el diagrama de una sola línea, los dispositivos no lineales deben separarse del resto (ver **Figura M18**).

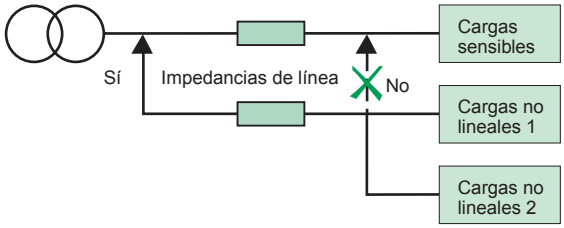


Fig. M18: *Agrupación de cargas no lineales y conexión lo más aguas arriba posible (disposición recomendada).*

Creación de fuentes separadas

En el intento de limitar los armónicos, se puede obtener una mejora adicional alimentando las cargas no lineales desde una fuente independiente del resto de cargas de la instalación (ver **Figura M19** en la página siguiente).

La desventaja es un aumento del coste de la instalación.

8 Soluciones para atenuar los armónicos

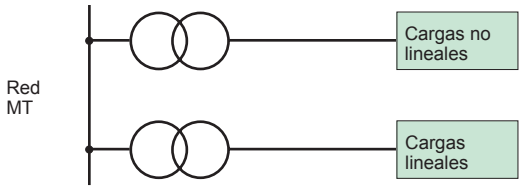


Fig. M19: Alimentación independiente de cargas no lineales.

Transformadores con conexiones especiales

Determinadas conexiones de transformador pueden eliminar algunos rangos de armónicos, tal y como se indica en los ejemplos siguientes:

- Una conexión Dyd elimina los armónicos de rangos 5.º y 7.º (véase la **Figura M20**).
- Una conexión Dy elimina el 3.er armónico.
- Una conexión DZ 5 elimina el 5.º armónico.

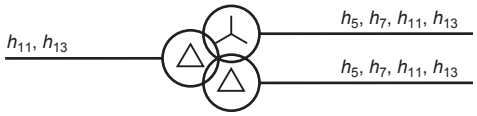


Fig. M20: Un transformador Dyd bloquea la propagación de los armónicos de 5.º y 7.º en la red aguas arriba.

Instalación de inductancias

Cuando se alimentan variadores de velocidad, es posible atenuar la corriente instalando inductancias. Al aumentar la impedancia del circuito de alimentación, la circulación de armónicos se limita.

La instalación de inductancias antiarmónicas en las baterías de condensadores aumenta la impedancia de la combinación reactor/condensador para los armónicos de gran orden.

De esta forma se evita la resonancia y se protege a los condensadores.

8.2 Filtro de armónicos

En los casos en los que la acción preventiva indicada anteriormente sea insuficiente, es necesario equipar la instalación con sistemas de filtrado.
Existen tres tipos de filtros:

- Pasivos.
- Activos.
- Híbridos.

Filtros pasivos

Aplicaciones típicas

- Instalaciones industriales con una serie de cargas no lineales que representan más de 200 kVA (variadores de velocidad, SAI, rectificadores, etc.).
- Instalaciones que requieren corrección del factor de potencia.
- Instalaciones en las que la distorsión de tensión debe reducirse para evitar perturbar las cargas sensibles.
- Instalaciones en las que la distorsión de corriente debe reducirse para evitar sobrecargas.

8 Soluciones para atenuar los armónicos

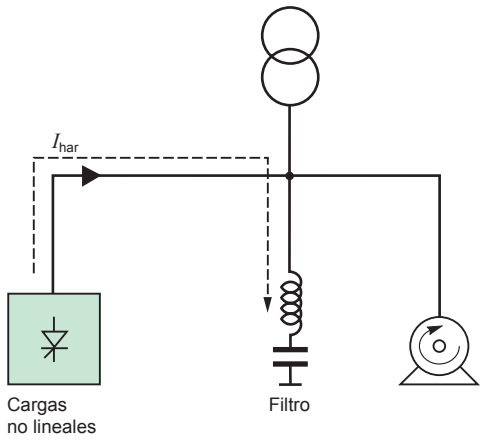


Fig. M21: Principio de funcionamiento de un filtro pasivo.

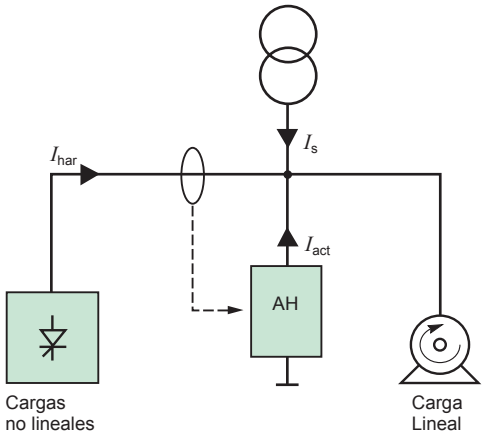


Fig. M22: Principio de funcionamiento de un filtro activo.

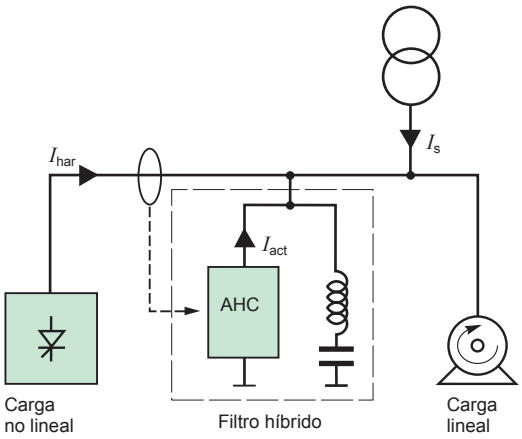


Fig. M23: Principio de funcionamiento de un filtro híbrido.

Principio de funcionamiento

Un circuito LC, sintonizado a cada rango armónico que se va a filtrar, se instala en paralelo con la carga no lineal (ver **Figura M21**). Este circuito de derivación absorbe los armónicos, evitando así que circulen por la red de distribución.
De manera general, el filtro pasivo se ajusta a un rango de armónicos próximo al que se desea eliminar. Se pueden utilizar varias ramificaciones de filtros conectadas en paralelo si se necesita una reducción significativa de la distorsión global.

Filtros activos (compensador activo de armónicos)

Aplicaciones típicas

- Instalaciones comerciales con una serie de cargas no lineales que representan menos de 200 kVA (variadores de velocidad, SAI, equipos de oficina, etc.).
- Instalaciones en las que la distorsión de corriente debe reducirse para evitar sobrecargas.

Principio de funcionamiento

Estos sistemas, que incluyen electrónica de potencia y que están instalados en serie o en paralelo con la carga no lineal, compensan la intensidad de armónicos o la tensión de la carga.

La **Figura M22** muestra un compensador activo de armónicos conectado en paralelo que compensa la corriente armónica ($I_{har} = -I_{act}$).

El AHC inyecta en la fase opuesta los armónicos de la carga no lineal, de forma que la corriente de línea I_s permanece senoidal.

Filtros híbridos

Aplicaciones típicas

- Instalaciones industriales con una serie de cargas no lineales que representan más de 200 kVA (variadores de velocidad, SAI, rectificadores, etc.).
- Instalaciones que requieren corrección del factor de potencia.
- Instalaciones en las que la distorsión de tensión debe reducirse para evitar perturbar las cargas sensibles.
- Instalaciones en las que la distorsión de corriente debe reducirse para evitar sobrecargas.
- Instalaciones en las que deben cumplirse límites estrictos de emisiones de armónicas.

Principio de funcionamiento

Los filtros pasivos y activos se combinan en un único sistema para constituir un filtro híbrido (ver **Figura M23**). Esta nueva solución de filtrado ofrece las ventajas de los dos tipos de filtros y abarca una amplia gama de niveles de potencia y rendimiento.

Criterios de selección

Filtro pasivo

Ofrece tanto corrección del factor de potencia como capacidad para el filtrado de corrientes.
Los filtros pasivos también reducen las tensiones armónicas en las instalaciones en las que la tensión de alimentación tiene perturbaciones. Si el nivel de la potencia reactiva suministrada es elevado, se recomienda desactivar el filtro pasivo cuando el porcentaje de la carga sea bajo.
Los estudios preliminares para un filtro deben tener en cuenta la posible presencia de una batería de condensadores que puede resultar necesario eliminar.

Acondicionadores de armónicos activos

Filtran los armónicos en un amplio rango de frecuencias y se pueden adaptar a cualquier tipo de carga.
Por otro lado, las especificaciones de potencia son bajas.

Filtros híbridos

Combinan el rendimiento de los filtros activos y pasivos.

8 Soluciones para atenuar los armónicos

Se puede ofrecer una completa serie de servicios para eliminar los armónicos:
- *Análisis de la instalación.*
- *Sistemas de supervisión y medición.*
- *Soluciones de filtrado.*

8.3 Método

La mejor solución, tanto desde el punto de vista técnico como económico, se basa en los resultados de un estudio detallado.

Análisis de armónicos en redes de MT y BT

Utilizando los servicios de un especialista se asegura que la solución propuesta tenga los resultados esperados (p. ej., un THD_u máximo garantizado).
Un análisis de armónicos se lleva a cabo por un ingeniero especializado en las perturbaciones que afectan a las redes de distribución eléctrica y que están equipadas con potentes equipos y software de análisis y simulación.
Los pasos para un análisis son los siguientes:
- Medición de las perturbaciones que afectan a la corriente y a las tensiones compuestas y simples en la fuente de alimentación, los circuitos de salida perturbados y las cargas no lineales.
- Simulación por ordenador del fenómeno para obtener una explicación precisa de las causas y determinar la mejor solución.
- Un informe completo del análisis presenta:
  - Los niveles de corriente de las perturbaciones.
  - Los niveles máximos permitidos de las perturbaciones (IEC 61000, IEC 60034, etc.).
- Una propuesta que incluye soluciones con niveles de rendimiento garantizados.
- Finalmente, la aplicación de la solución seleccionada utilizando los medios y los recursos necesarios.

Todo el proceso de la auditoría está certificado con la ISO 9002.

8.4 Productos específicos

Filtros pasivos

Los filtros pasivos se componen de inductancias y condensadores instalados en circuitos resonantes ajustados al rango concreto de armónicos que debe eliminarse.
Un sistema puede incluir varios filtros para eliminar distintos rangos de armónicos.
Adecuado para las tensiones trifásicas de 400 V; las especificaciones de potencia pueden alcanzar:
- 265 kVAR / 470 A para el rango del armónico 5.
- 145 kVAR / 225 A para el rango del armónico 7.
- 105 kVAR / 145 A para el rango del armónico 11.

Se pueden crear filtros pasivos para todos los niveles de intensidad y tensión.

Filtros activos
- Compensador de armónicos activos SineWave.
  - Adecuados para las tensiones trifásicas de 400 V, pueden compensar entre 20 y 120 A por fase.
  - SineWave compensa todos los rangos armónicos del 2 al 25. La compensación puede ser total o estar dirigida a rangos de armónicos específicos.
  - Atenuación: Carga THD_i / THD_i aguas arriba superior a 10 a la capacidad nominal.
  - Las funciones incluyen corrección del factor de potencia, compensación de armónicos de secuencia cero, sistemas de diagnóstico y mantenimiento, conexiones en paralelo, control remoto, interface de comunicación Ibus/RS485.
- Filtros activos Accusine.
  - Adecuados para las tensiones trifásicas de 400 y 480 V, pueden filtrar entre 50 y 300 A por fase.
  - Se filtran todos los rangos de armónicos hasta 50.
  - Las funciones incluyen corrección del factor de potencia, conexiones en paralelo, respuesta instantánea a las variaciones de carga.

Filtros híbridos

Estos filtros combinan las ventajas de los filtros pasivos y el compensador activo de armónicos SineWave en un solo sistema.

Filtro pasivo
- Rango de armónicos 5.
- Compensador activo de armónicos de 20 a 120 A.
- Tensión trifásica de 400 V.
- Corrección del factor de potencia hasta 265 kVAr.
- Filtrado de órdenes de armónicos 2 a 25.
- Acondicionamiento de corrientes de armónicos hasta 440 A.