

## FILTROS DE PROTECCIÓN DE ARMÓNICOS

### 1. Introducción

La presencia de armónicos en las redes eléctricas puede producir grandes sobrecorrientes en los condensadores, así como diversos problemas en muchos otros componentes de la instalación. Si se llega a un punto de resonancia el resultado puede ser peligroso para toda la instalación.

Los filtros de protección de armónicos se usan en redes que tienen una elevada tasa de distorsión armónica. En nuestro documento TS 03-013 se da una guía de cuando es necesario su uso. El propósito de los filtros de protección de armónicos es evitar que las corrientes armónicas sobrecarguen los condensadores desviándolas hacia la red.

Un filtro de protección de armónicos se realiza conectando condensadores en serie con reactancias, sintonizándolo a una frecuencia en la que no exista generación de armónicos.

Teniendo en cuenta que en los sistemas trifásicos habitualmente el primer armónico que aparece es el quinto, podemos sintonizar el filtro entre la frecuencia fundamental y la del quinto armónico.

En las redes de 50 Hz es muy común usar filtros sintonizados a 189 Hz. Estos filtros reciben el nombre de filtros al 7% ya que en ellos la potencia de las reactancias es el 7% de la potencia del condensador. Podemos comparar las impedancias de una batería de condensadores y un filtro de protección en la figura 1.

La relación entre el porcentaje de potencia y la frecuencia de resonancia del filtro es:

$$F_{reson} = \frac{10}{\sqrt{X}} * f_n$$

Donde:

$f_{reson}$  = Frequency of resonance (Hz)

$$X = \frac{\text{Power of reactor (kvar)}}{\text{Power of capacitor (kvar)}} * 100$$

$f_n$  = Fundamental frequency (Hz)

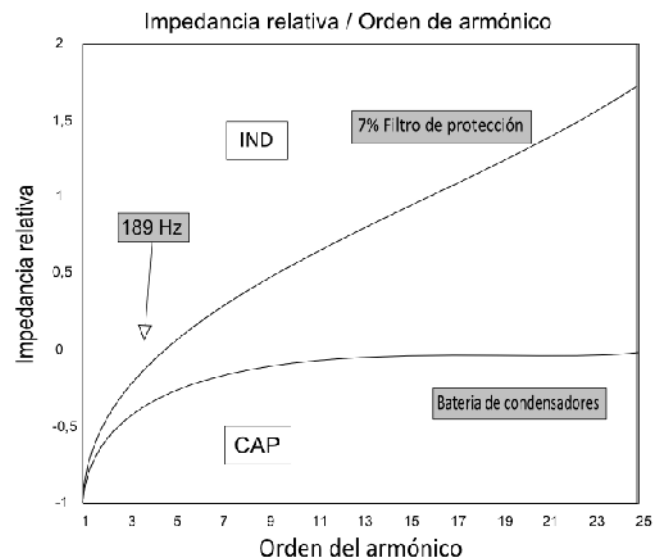


Figura 1

La serie de condensadores **FMLF** y **POLB\_HD** está especialmente diseñada para funcionar en serie con reactancias para formar filtros de protección sintonizados a 189 Hz en redes de 400 V 50 Hz (bajo pedido se pueden fabricar condensadores y reactancias para otras tensiones y frecuencias de sintonización).

Como los condensadores conectados en el interior de un filtro trabajan a tensiones superiores a la nominal de la red, los condensadores FMLF y POLB\_HD tienen tensiones nominales superiores a la de ésta. Por ejemplo, para redes de 400 V la tensión nominal de los condensadores FMLF y POLB\_HD será de 460 V.

Las hojas de características de las reactancias **INA** y **INR** muestran la referencia del condensador adecuado de la serie FMLF y POLB\_HD para formar un filtro de protección.

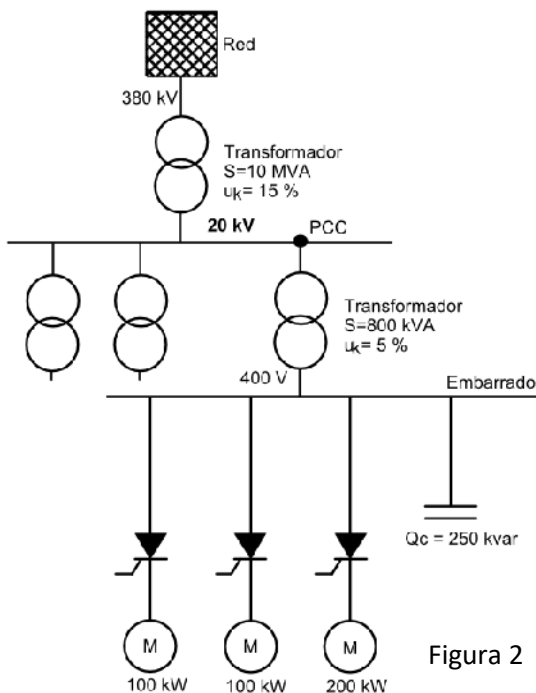
## 2. Ejemplo de aplicación

La necesidad de usar un filtro de protección se pone de manifiesto en el siguiente caso. En la instalación de la figura 2, se requería la instalación de una batería de 250 kvar 400 V para la compensación de la energía reactiva.

Veamos cuales serán los efectos de la instalación de esta batería de condensadores. Los cálculos están realizados teniendo en cuenta un transformador de alimentación de 800 kVA y otro de distribución de 10 MVA propiedad de la compañía eléctrica, a fin de poder calcular la tasa de distorsión armónica en el Punto de Acoplamiento Común (PCC, ver la figura 2)

La corriente fundamental de las fuentes de armónicos (convertidores) es de 550 A. La distribución de corrientes armónicas, típica de los rectificadores de seis pulsos, es la siguiente:

$$\begin{aligned} I_5 &= 20\% I_1 = 110 \text{ A} \\ I_7 &= 14\% I_1 = 77 \text{ A} \\ I_{11} &= 9\% I_1 = 50 \text{ A} \\ I_{13} &= 8\% I_1 = 44 \text{ A} \end{aligned}$$



Orden	$I_{har}$ (A)	$I_{har}$ (%)	$U_{busbar}$ (V)	$U_{busbar}$ (%)	$I_c$ (A)	$U_c$ (V)
1	550	100	400.0	100.0	360.7	<b>430.1</b>
5	110	20	7.4	1.9	41.3	<b>9.8</b>
7	77	14	8.5	2.1	20.6	<b>3.5</b>
11	50	9	9.1	2.3	11.2	<b>1.2</b>
13	44	8	9.6	2.4	9.7	<b>0.9</b>

$$\begin{aligned} THD (U_{PCC}) &= 5,3 \% \\ THD (U_{barras}) &= 26,6 \% \\ U_{barras} &= 415 \text{ V} \\ U_c \text{ max} &= 544 \text{ V} \\ I_c &= 783 \text{ A} \\ I_c / I_n &= 2,17 \end{aligned}$$

Figura 2

La tasa de distorsión armónica en tensión ( $THD_u$ ) en el Punto de Acoplamiento Común (PCC) es mayor del 5%. Este valor es normalmente el máximo aceptado por la mayoría de normas y compañías eléctricas.

La tasa de distorsión armónica en el embarrado es del 26,6%, lo que puede provocar importantes problemas en gran número de equipos eléctricos como sistemas electrónicos, PLC's, ordenadores, etc.

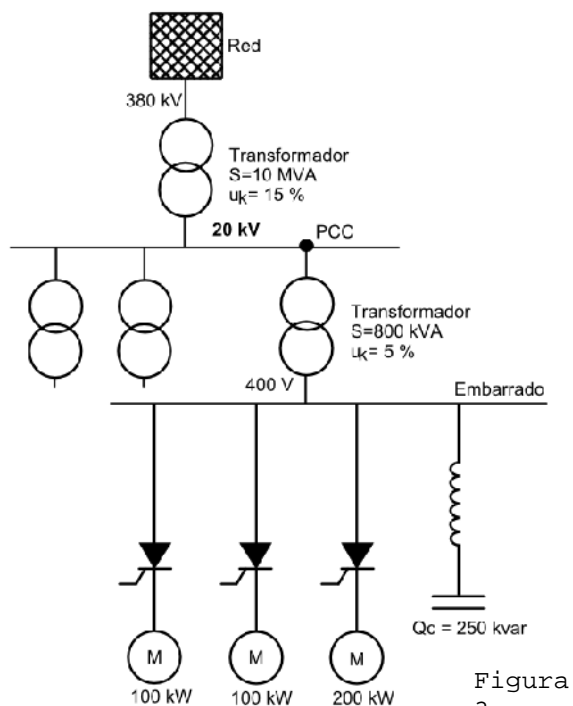
La tensión máxima en los condensadores, calculada de acuerdo con la norma CEI 831, es de 544 V. Esta tensión es mucho más elevada que la tensión nominal del condensador (400 V) y también es superior a la sobretensión máxima fijada por CEI (440 V), y producirá una degradación prematura del dieléctrico.

Podemos observar una gran cantidad de corriente del 7º armónico (679 A) que circula a través de la batería de condensadores debido a la resonancia a 350 Hz entre la batería y el transformador. La corriente total eficaz en el condensador es 2,17 veces la corriente nominal. Este nivel de sobrecorriente

destruirá el condensador.

Veamos que sucede si instalamos un filtro de protección del 7%.

Podemos formar un filtro de protección de 250 kvar 400 V mediante condensadores FMLF/POLB\_HD<sup>(\*)</sup> y las reactancias adecuadas (un filtro del 7% significa una frecuencia de sintonización de 189 Hz).



Orden	I <sub>har</sub> (A)	I <sub>har</sub> (%)	U <sub>busbar</sub> (V)	U <sub>busbar</sub> (%)	I <sub>c</sub> (A)	U <sub>c</sub> (V)
1	550	100	400.0	100.0	360.7	430.1
5	110	20	7.4	1.9	41.3	9.8
7	77	14	8.5	2.1	20.6	3.5
11	50	9	9.1	2.3	11.2	1.2
13	44	8	9.6	2.4	9.7	0.9

THD (U<sub>PCC</sub>) = 0.8 %  
 THD (U<sub>busbar</sub>) = 4.4 %  
 U<sub>busbar</sub> = 400 V  
 U<sub>c</sub> = 430 V  
 U<sub>c max</sub> = 445 V  
 I<sub>c</sub> = 364 A  
 I<sub>c</sub> / I<sub>n</sub> = 1.01  
 THD (U<sub>c</sub>) = 2.5 %

Figura 3

El THD en el punto de acoplamiento común está, en este caso, muy por debajo del 5%.

La tasa de distorsión armónica en el embarrado también está por debajo del 5%.

La gran sobrecorriente que circulaba a través del condensador ya no está presente. Ahora es sólo 1.01 veces la corriente nominal.

La amplificación de la corriente del 7º armónico ha desaparecido.

La tensión del condensador a 50 Hz es de 430 V. La tensión máxima, incluyendo los armónicos, es de 445 V. Estos valores dan un considerable margen de seguridad hasta los 460 V de tensión nominal del condensador FMLF o POLB\_HD.

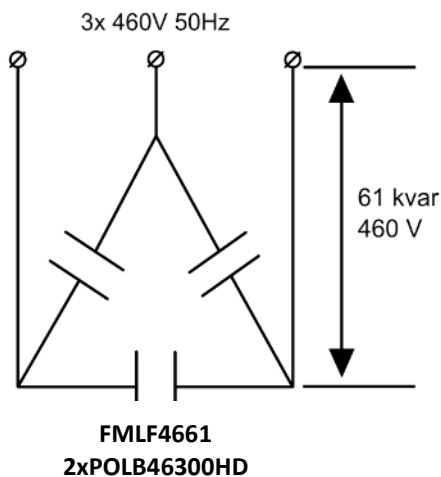
\* **Nota:** Los condensadores trabajan a una tensión mayor que la de la red, es por ello que no se pueden usar condensadores estándar para la construcción de filtros.

### 3. Condensadores FMLF: Tensión y potencia nominal

Los parámetros nominales de los condensadores FMLF o POLB\_HD como tensión, capacidad y potencia, así como sus tolerancias están calculados y diseñados considerando su principal función como condensadores de filtro en filtros de protección de armónicos.

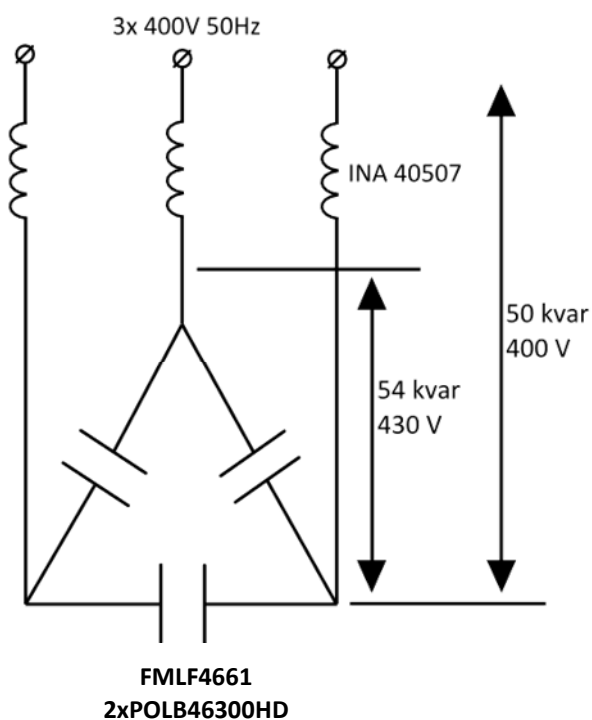
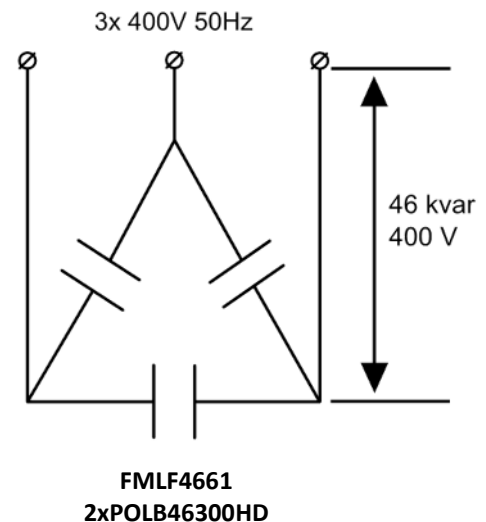
Por ejemplo, para construir un filtro de 50 kvar 400 V 50 Hz 7%, de acuerdo con nuestro catálogo, debemos usar una reactancia INA40507 y un condensador prismático FMLF4661, o bien, dos unidades del condensador cilíndrico POLB46300HD.

Este condensador FMLF tendrá diferentes potencias de salida dependiendo de su conexión tal y como se muestra en los siguientes ejemplos:



El condensador tiene una tensión nominal de 460 V, por lo que es posible conectarlo a una red de esta tensión. En este caso dará una potencia de 61 kvar.

Si un condensador **FMLF4661** es conectado a una red de 400 V 50 Hz, su potencia de salida será sólo de 46 kvar.



Cuando un condensador **FMLF4661** es conectado a una reactancia INA para formar un filtro de protección, la tensión de trabajo en el interior del filtro será de 430 V (50 Hz) y su potencia en el interior del filtro será 54 kvar.

La potencia reactiva total del filtro será de 50 kvar a la tensión nominal de la red, 400 V.