



# INFORMACIÓN TÉCNICA

## PUBLICACIÓN PERIÓDICA DE CYDESA

Número 1/04

Sant Vicenç dels Horts, 20 de octubre de 2004

### SISTEMAS DE ELIMINACIÓN DE ARMÓNICOS

#### 1. Introducción a los armónicos

Si la deformación de las ondas de tensión o corriente es de carácter periódico por el método de Fourier pueden descomponerse en una onda fundamental pulsando a la frecuencia de red, armónicos u ondas de frecuencia múltiple a la de la fundamental y en según que casos puede incluso aparecer una componente continua.

De entre los receptores generadores de armónicos los más usuales son:

**-Las fuentes de alimentación monofásicas.** Propias de los PC's entre otros y que generan armónicos de orden 3, 5 y 7 principalmente.

**-Los variadores de frecuencia** para la regulación de motores asíncronos, usualmente de 6 pulsos y que generan armónicos de orden 5, 7, 11 y 13 como más significativos y de éstos los más apreciables el 5º y 7º.

**-Los sistemas de alimentación ininterrumpida** o SAI's que en el caso de 6 pulsos generan los mismo armónicos antes mencionados.

En resumen los denominados armónicos característicos más significativos son los de orden 3, 5, 7, 11 y 13.

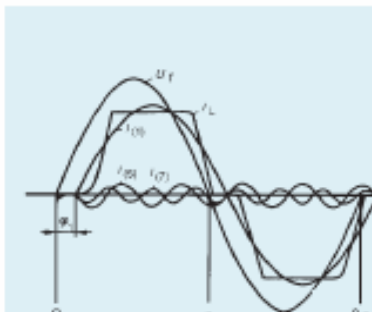


Fig 1-1. descomposición en armónicos de la corriente absorbida por un rectificador puente trifásico. Sólo aparecen los armónicos de orden 5 y 7 por simplicidad.  
 $U_f$ , tensión de fase  
 $i_L$ , corriente de línea  
 $i_{(1)}$ , componente fundamental de la corriente de línea  
 $i_{(5)}$ ,  $i_{(7)}$ , corrientes armónicas de orden 5 y 7

En la fig. 1-1 puede apreciarse como una onda de corriente prácticamente rectangular  $i_L$ , producida por un rectificador se descompone en su fundamental  $i_1$  y dos de los armónicos de mayor amplitud  $i_5$  e  $i_7$ .

#### 1.1 Medida de la distorsión de la onda.

En ondas como las analizadas que permiten su descomposición por Fourier se define:

$$SHD = \frac{X_h}{X_1} \cdot 100$$

- Distorsión total

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_2 X_h^2}}{X_1} \cdot 100$$

Ejemplo 1.1-1

Receptor con una corriente a 50 Hz,  $i_1=50A$  y corrientes armónicas más significativas,  $i_3=40A$  e  $i_5=25A$

$$SHD_3 = \frac{40}{50} \cdot 100 = 80\%$$

$$SHD_5 = \frac{25}{50} \cdot 100 = 50\%$$

$$THD = \frac{\sqrt{40^2 + 25^2}}{50} \cdot 100 = 94,3\%$$

#### 1.2 Distorsión en corriente y en tensión

El ejemplo anterior corresponde a la corriente medida en una línea que alimenta a varios equipos monofásicos, en concreto PCs.

Si en esta misma instalación se miden las tensiones armónicas, éstas presentarán una distorsión muy inferior, ya que la impedancia de la red a los diferentes armónicos es reducida y por tanto también los productos  $U_h = I_h \cdot Z_h$

En particular en el caso del ejemplo se midió en un edificio alimentado por un transformador de 630kVA:

SHD3= 0.85%

SHD5=0.71%

THD= 1.2%

Sin considerar las distorsiones importadas de la red.

Si la línea en cuestión hubiera estado alimentada por un transformador de 50kVA, probablemente mediríamos una distorsión total cercana al 5%.

#### 1.3 Resonancia paralelo y resonancia serie.

La resonancia constituye un fenómeno muy conocido tanto en electricidad como en mecánica y no es otra cosa que una amplificación importante de una determinada magnitud.

En una instalación eléctrica en donde existe un transformador y una batería de condensadores aparece una resonancia paralelo a una frecuencia dada por:

$$fr = 50 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot S_T}{u_K \cdot Q}}$$

En donde:

$S_T$ = potencia del trafo (kVA)

$u_K$ = tensión de cc. del trafo (%)

$Q$ = potencia de la batería (kvar)

$fr$ = frecuencia de resonancia (Hz)

Ejemplo 1.3-1

Transformador de 1000kVA con 6% de tensión de cc. alimentando una red con una batería de 500kvar:

$$fr = 50 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot 1000}{6 \cdot 500}} = 288Hz$$

Este tipo de resonancia se daría por ejemplo en la fig. 1.3-1 considerando los armónicos inyectados por el variador de frecuencia a la red, en donde existe una batería de condensadores.

La resonancia serie podría presentarse por los armónicos importados de la red pública, y estaría formada por el trafo y la batería en serie, la expresión para el cálculo sería idéntica a la resonancia paralelo y por tanto para el caso del ejemplo sería igualmente  $fr=288Hz$

La resonancia paralelo es la más frecuente y produce amplificación de las tensiones armónicas, mientras que la serie amplifica las corrientes.

Se han observado problemas debido a resonancias serie en horas nocturnas, en donde las elevadas tensiones de servicio en A.T. elevan los armónicos del trafo por saturación. En este caso una batería fija conectada a la salida del trafo puede verse fuertemente sobrecargada.

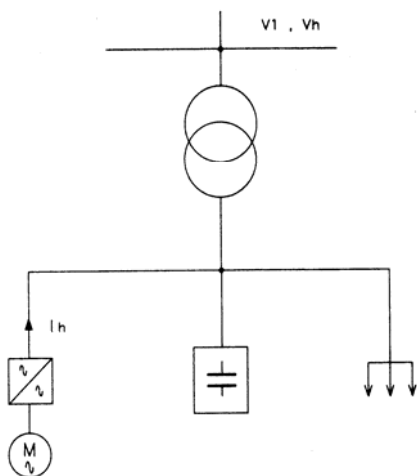


Fig. 1.3-1 Resonancias paralelo y serie

## 2. Problemas provocados por los armónicos

Son bastantes los problemas provocados por los armónicos en las redes eléctricas lo cual no priva para que en muchas ocasiones se atribuyan por desconocimiento otros problemas muy dispares. Por ejemplo es corriente atribuir a los armónicos el disparo de interruptores diferenciales para protección de fugas a tierra. Como siempre suele suceder en estos

casos el fenómeno es más simple y cabe analizar las corrientes de fuga de los equipos electrónicos con filtros en modo común (entre fase o neutro y masa), y por tanto, con corrientes de retorno por el conductor de protección.

De los problemas que si son causados por los armónicos son dignos de mención:

- **La sobrecarga en las baterías de condensadores**, ya que éstas presentan una baja impedancia para los armónicos.

- **Pérdidas adicionales** y por tanto sobrecalentamiento en transformadores, cables, motores y generadores.

- **El efecto pelicular** o efecto skin es conocido en corriente alterna por elevar la resistencia efectiva de los conductores eléctricos. Si este fenómeno se da a frecuencia de red con más motivo se dará en frecuencias elevadas como 250Hz o 350Hz de los armónicos de orden 5 y 7. Luego es normal observar un calentamiento mayor en cables que conduzcan corrientes con distorsiones apreciables, obligando a un dimensionado superior.

En transformadores, motores y generadores se suma el efecto de corrientes inducidas en el hierro por los flujos dispersos.

Particularmente en el caso de transformadores el declasamiento puede ser considerable en el caso de soportar cargas no lineales como motores con variadores de c.a.

- **Ruidos audibles y vibraciones** en tendidos de cables que alimentan receptores no lineales y en motores debido, en este último caso, a que determinados armónicos tienen secuencias negativas y por tanto generan pares antagonicos.

- **Disparo impropio** de Interruptores automáticos y relés de protección.

- **Sobretensiones** debido a la deformación de la onda de tensión que dan lugar a que el valor máximo de esta no sea  $\sqrt{2}$  su valor eficaz. De hecho como valor máximo deberá tomarse a efecto de sobretensiones la suma aritmética:

$$U_{max} = \sqrt{2}(U_1 + \sum_2 U_h)$$

- **Interferencias** con señales transmitidas por la propia red o líneas próximas por inducción.

- **Sobrecarga del conductor neutro** en caso de alimentar receptores no lineales monofásicos, como es el caso de las fuentes de alimentación de PCs y máquinas de oficinas. En la fig. 2-1 puede apreciarse la importancia del 3er armónico, cuyo efecto se multiplica por 3 al tratarse de un armónico homopolar que se suma en el neutro, superándose en éste en muchas ocasiones la corriente de las fases en líneas de edificios de oficinas, donde coinciden un gran número de receptores electrónicos monofásicos.

- **Empeoramiento del factor de potencia.**

El factor de potencia se define para redes con corrientes distorsionadas y tensiones senoidales o ligeramente deformadas, como es el caso más general, por:

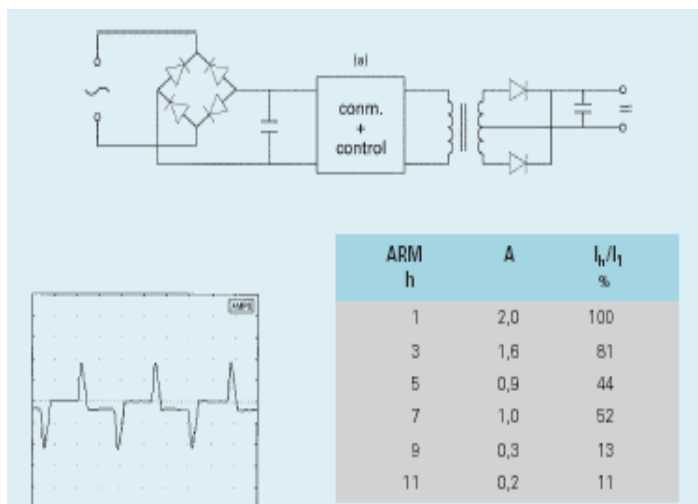


Fig. 2-1 Fuente de alimentación conmutada y forma de onda de la corriente absorbida.

$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{UI_1 \cos \varphi}{UI} = \frac{I_1}{I} \cos \varphi$$

siendo

$$\frac{I_1}{I} = \frac{I_1}{\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots}}$$

el denominado factor fundamental de la corriente.

Por tanto cabe distinguir entre  $\lambda$  y  $\cos \varphi$ . Para cargas no distorsionadas

$$\frac{I_1}{I_2} = 1 \quad \text{y} \quad \lambda = \cos \varphi.$$

Un ejemplo típico es el de los variadores de velocidad de c.a., en los que el  $\cos \varphi = 1$  y sin embargo  $\lambda = 0,9$  a  $0,98$  según potencias y fabricantes.

Un factor de potencia bajo supone una infrutilización de la capacidad eléctrica de la red o instalación.

### 3.- Normas

A lo largo de los últimos años se han ido publicando numerosas normas sobre limitación de armónicos. Las tablas 3-1 y 3-2 de las normas EN61000-2-2 y EN61000-2-4 orientan la primera sobre los valores máximos de los armónicos en las redes públicas de suministro eléctrico y la segunda sobre los niveles de armónicos tolerables en los entornos industriales.

En cuanto a normas para limitar la emisión de armónicos en equipos esta la EN 61000-3-2 que hace referencia a los equipos de corriente nominal  $I_N < 16A$ , cuyos porcentajes máximos se refleja en la tabla 3-3

Para equipos de potencia superior existe el informe técnico CEI 61000-3-4, en donde se plantean 3 etapas para permitir la conexión en la red pública de baja tensión de equipos emisores de armónicos. Para industrias con acometidas en alta tensión no existe ninguna recomendación.

Para corriente  $I_N > 75A$  o en caso de no cumplir las condiciones de la tabla 3-4 debe recurrirse a la etapa 3 lo que

implica solicitar información o autorización a la Empresa Eléctrica.

El análisis de la anterior normativa debe obligarnos a estudiar soluciones antes de que aparezcan los problemas tan frecuentes en la actualidad, como siempre prevenir es más sencillo y económico que curar.

Armónicos admisibles en la red					
Armónicos impares excepto múltiplos de 3		Armónicos múltiplos de 3		Armónicos pares	
Orden h	Tensión $U_h$ (%)	Orden h	Tensión $U_h$ (%)	Orden h	Tensión $U_h$ (%)
5	6	3	6	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,3	6	0,5
13	3	21	0,2	10	0,5
17	2	>21	0,2	12	0,5
19	1,5	-	-	>12	0,2
23	1,5	-	-	-	-
25	1,5	-	-	-	-
>25	0,2 + 12,5/h	-	-	-	-

Tabla 3-1. Niveles de armónicos admisibles en redes de suministro público de baja tensión (ENV 61000-2-2). Factor de distorsión THD=8%

Armónicos en la industria					
Armónicos impares excepto múltiplos de 3		Armónicos impares múltiplos de 3		Armónicos pares	
Orden	Clases 1/2/3	Orden	Clases 1/2/3	Orden	Clases 1/2/3
5	3/6/8	3	3/5/6	2	2/2/3
7	3/5/7	9	1,5/1,5/2,5	4	1/1/1,5
11	3/3,5/5	15	0,3/0,3/2	6	0,5/0,5/1
13	3/3/4,5	21	0,2/0,2/1,75	8	0,5/0,5/1
17	2/2/4	>21	0,2/0,2/1	10	0,5/0,5/1
19	1,5/1,5/4			>10	0,2/0,2/1
23	1,5/1,5/3,5				
25	1,5/1,5/3,5				
>25	(4)				

Distorsión para clase 1/clase 2/clase 3: 5%, 8% y 10% respectivamente

**Clase 1**, suministros protegidos con nivel CEM inferior a la red pública. Prevista para equipos muy sensibles.

**Clase 2**, aplicable a los puntos de conexión a la red pública (PCC) o puntos de conexión interna (PCI) asimilables.

**Clase 3**, aplicables a los PCI de entornos industriales con gran parte de la potencia instalada correspondiente a convertidores, máquinas de soldar, etc.

(4) Para clase 1 y 2 se calcula por  $0,2 + 12,5/h$  y para clase 3 por  $5 \sqrt{(1/h)}$

Tabla 3-2. Niveles de tensiones armónicas admisibles, en porcentaje de la tensión fundamental, según el entorno clasificado por clases (EN 61000-2-4).

Armónicos de pequeños equipos	
Orden del armónico de corriente h	Valor respecto a la fundamental %
3	30
5	10
7	7
9	6
11	3
13	3

Tabla 3-3. Corrientes armónicas admisibles para equipos  $I_N < 16A$  (EN 61000-3-2)

Límites de emisión de equipos de $I_N \leq 75 A$ en etapas 1 y 2					
Orden del armónico	R <sub>sce</sub> = S <sub>sc</sub> /S <sub>eq</sub> (valores mínimos)				
	Etap 1	Etap 2 (equipos trifásicos)			
	33	66	120	175	250
	Corriente armónica en $(I_h/I_1)\%$				
3	21,6	(equipos trifásicos)			
5	10,7	14	16	20	30
7	7,2	11	12	14	18
9	3,8	-	-	-	-
11	3,1	10	11	12	13
13	2,0	8	8	8	8

Tabla 3-4 límite de emisión  $(I_h/I_1)\%$  para diferentes valores del ratio R<sub>sce</sub>. (Resumen de la norma)

S<sub>sc</sub>=potencia de c.c. de la red en el punto de conexión del equipo (kVA)

S<sub>eq</sub>= potencia aparente del equipo (k VA)

I<sub>h</sub>= corriente del armónico de orden h (A)

I<sub>1</sub>= corriente nominal del equipo a la frecuencia de red (A)

#### 4. Filtros pasivos para reducción de armónicos

Existen varios métodos para la reducción de armónicos en equipos de electrónica de potencia, algunos de ellos son constructivos y corresponden al fabricante del equipo como son el número de pulsos del convertidor o la interfase entre rectificador e inversor si se trata de variadores de frecuencia o SAI's. Aquí solo se exponen los métodos que pueden conectarse externamente a los equipos o simplemente conectarse en paralelo con la red.

##### 4.1 Reactancia o filtro de línea

En la fig. 4.1-1 se indican esquemáticamente dos variadores de velocidad de c.a. con dos tipos de filtros en c.c.

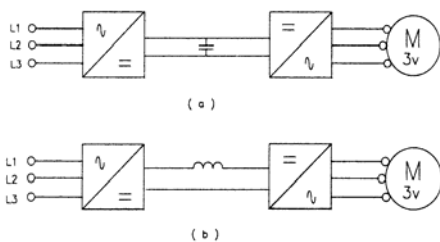


Fig. 4.1-1 variadores de velocidad:  
a) con condensador para filtro en c.c.  
b) con reactancias para filtro en c.c.

Para potencias reducidas es bastante común por su precio más bajo el filtro por condensador sin embargo su inconveniente es la elevada distorsión en corriente que provoca en la línea de alterna. Mientras que el filtro por

reactancia en c.c. reduce considerablemente la distorsión armónica.

El filtro de línea consistente en una reactancia a la entrada del equipo reduce considerablemente las corrientes armónicas inyectadas a la red y resulta prácticamente imprescindible en el caso de convertidores con filtro de c.c. por condensador. Además reduce los transitorios de conmutación, incluyendo los huecos de tensión (line notching), protege los semiconductores del equipo en caso de transitorios de red, por ejemplo maniobra de baterías de condensadores, etc.

Las reactancias que mejor cubren las necesidades de reducción de armónicos y protección tal como se ha descrito son las de  $u_z = 4\%$ , es decir que provocan el 4% de caída de tensión:

$$u_z (\%) = \frac{\sqrt{3} \cdot U_z}{U_s} \cdot 100$$

$U_z$ = caída de tensión en la reactancia(V)

$U_s$ = tensión de red (V)

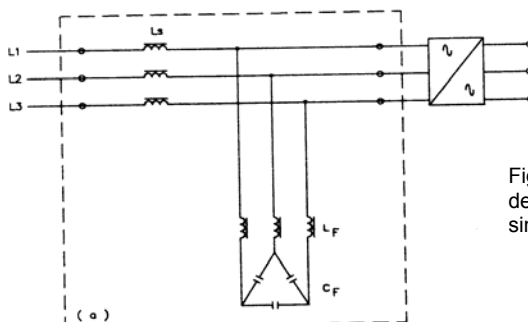


Fig.4.2-1 Filtro L-C para SAI's, L<sub>s</sub> filtro de línea o entrada, L<sub>f</sub>/C<sub>f</sub>, filtro sintonizado

Las reactancias serie R4V de **CYDESA** cubren la gama más común de 16A a 200A, bajo demanda es posible suministrar reactancias de valor superior y para otras aplicaciones.

##### 4.2 Filtros L-C

Dentro de esta denominación genérica existe una amplia gama de diseños según la aplicación y necesidades. Así en primer lugar cabe distinguir entre **filtros para equipos** de electrónica de potencia y **filtros de red**. En el primer caso entran los filtros L-C para variadores de velocidad y SAIs como el representado en la fig. 4.2-1

La reactancia de entrada L<sub>s</sub> cumple con las funciones propias de una reactancia de línea y evita que el filtro sintonizado absorba armónicos de la red.

El filtro L<sub>f</sub>/C<sub>f</sub>, se sintoniza al armónico 5 para SAIs de 6 pulsos y al 11 para las de 12 pulsos. Según las especificaciones se puede incorporar otro filtro para el 7 o 13 armónico respectivamente.

El filtro combinado  $L_s+L_F/C_F$  permite llegar a limitar la distorsión en corriente a valores cercanos al 5%.

La reactancia  $L_s$  suele diseñarse con el criterio indicado en 4.1 y el filtro para absorber la corriente armónica especificada. Para este tipo de filtros combinados no se dispone de una serie estándar y se realizan bajo especificaciones.

**Los filtros de red** se utilizan para compensar la energía reactiva y reducir los armónicos clasificándose en:

**Filtros de baja sintonización o de rechazo**, cuya finalidad primordial es la de corregir el factor de potencia y evitar resonancias o amplificación de armónicos.

**Filtros de media/alta sintonización** donde si bien también se compensa la energía reactiva, el propósito principal es la eliminación de armónicos. Según las necesidades pueden conectarse varios filtros, uno para cada uno de los armónicos a eliminar.



Filtro pasivo para SAI de 160kVA

## 5. Filtros activos para reducción de armónicos

Un filtro activo inyecta a la red una corriente  $I_f$  igual pero opuesta a la componente distorsionada de la corriente de la carga  $I_L$ .

En la fig. 5-1 se aprecia esquemáticamente el principio de funcionamiento. A través de un transformador de corriente se inyecta en el filtro la corriente  $I_L$  y éste entrega a la red los armónicos que la componen en oposición de fase.

Por tanto se produce la cancelación de los armónicos y la corriente de línea  $I_S$  aparece senoidal como muestran las formas de onda de la fig. 5.2

Lo expuesto anteriormente se cumple si la capacidad del filtro permite la cancelación de la totalidad de los armónicos de  $I_L$ . En caso contrario se produce una cancelación parcial pero sin que esto afecte al buen funcionamiento del filtro. Esta constituye una de las principales ventajas respecto a los filtros pasivos.

Gama de filtros de rechazo estándar de CYDESA a 400V		
Potencia útil kvar	Dimensiones mm	Tipo
100-150	730x370x1730	EMF 400/....
175-300	1460x1370x1730	
325-400	1200x800x2000	EGF 400/....
425-600	1200x800x2100	
650-800	1800x800x2100	

Los filtros sintonizados se fabrican bajo demanda con las especificaciones del cliente

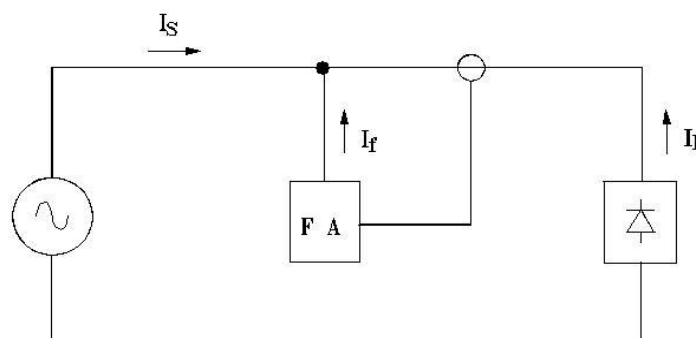


Fig. 5.1 Principio de funcionamiento de un filtro activo



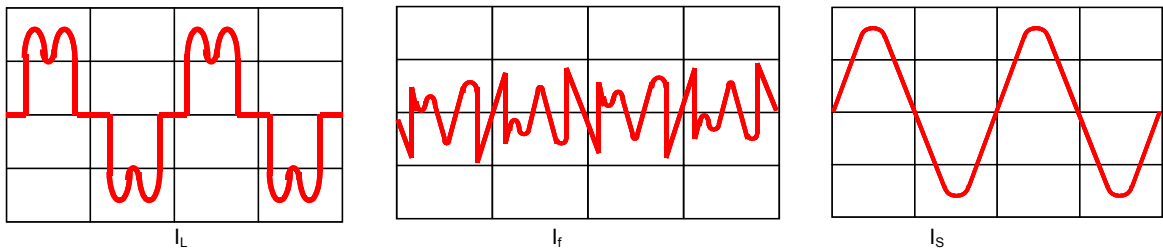


Fig. 5.2 Corrientes correspondientes a la fig. 5.1

### Comparación de características

Filtros Pasivos	Filtros activos
Debe conectarse un filtro para cada armónico a cancelar.	Capaz de cancelar el conjunto de armónicos de orden 2 al 51.
Cada filtro debe presentar una impedancia mínima al armónico sintonizado, muy por debajo de impedancia de la red, para absorberlo. Por tanto su efectividad depende de la impedancia o variaciones de la impedancia de red.	Su efectividad es totalmente independiente de la impedancia de red. Mide las corrientes armónicas de la carga e inyecta otras en oposición de fase para lograr su cancelación.
Puede sufrir sobrecargas y por tanto o dejan de operar o bien pueden sufrir una avería.	No sufre sobrecargas. En cada momento suministra la corriente necesaria o como límite su corriente nominal.
Al depender la efectividad o capacidad de cancelación de armónicos de la impedancia de la red no es posible asegurar en todos los casos una reducción a un determinado valor de la distorsión armónica, sobre todo para valores bajos de ésta.	El ratio de atenuación (1) típico es $F_A > 10$ con lo que es sencillo lograr una distorsión THD en corriente inferior al 5%
En general no se preve regulación o en el mejor de los casos es por escalones	Sin escalones, por control lineal.

(1) Se define por:  $F_A = \frac{I_L(thd)}{I_S(thd)}$

siendo:  
 $I_L(thd)$ = distorsión armónica total de la corriente inyectada por la(s) carga(s) de electrónica de potencia.  
 $I_S(thd)$ = distorsión armónica total de la corriente inyectada a la red

Tabla 5-1 comparación de características de los filtros pasivos y activos.

### 5.1 Arquitectura del filtro activo CYDESA

En la fig. 5.1-1 se muestra un diagrama de bloques que permite analizar brevemente el funcionamiento.

1. Interruptor general
2. Fusibles extrarápidos
3. Filtro de entrada para absorber las corrientes de alta frecuencia. Aporta una pequeña potencia reactiva mejorando el  $\cos\phi$  de la red.

4. Contactor con resistencias de preinserción para una conexión suave. Limita la punta de corriente de carga de los condensadores en c.c.
5. Intefase de transmisión entre la red y el convertidor que contribuye también a mejorar el  $\cos\phi$  de la red.
6. Convertidor de IGBTs cuya función es inyectar a la red los armónicos captados en sentido

opuesto, es decir en oposición de fase con la finalidad de cancelarlos. La corriente de compensación se genera por tecnología PWM (Pulse Width Modulation)

7. Condensadores de c.c. que almacenan la energía de la red antes que el convertidor de IGBTs la use para generar los armónicos en oposición de fase.

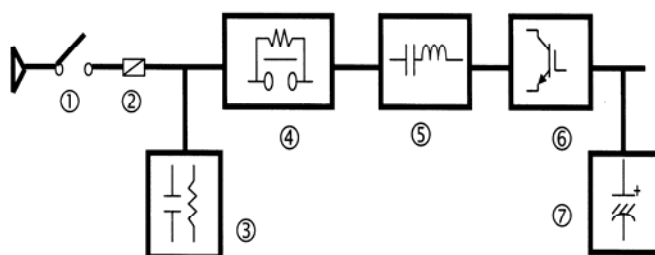


Fig.5.1-1. Diagrama de bloques de un filtro AS

En la fig. 5.1-2 se representa el esquema del modelo de 3 fases y 4 hilos.

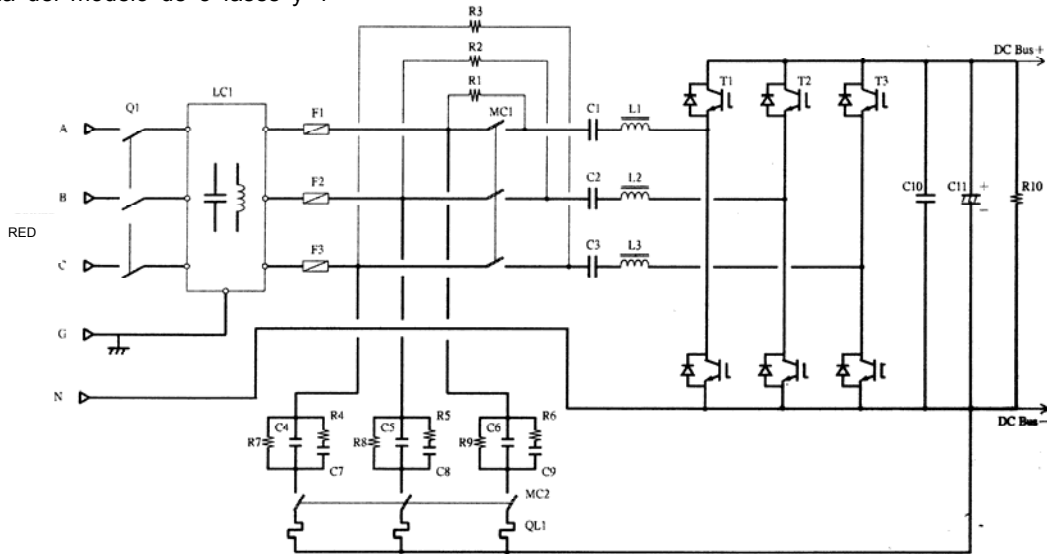


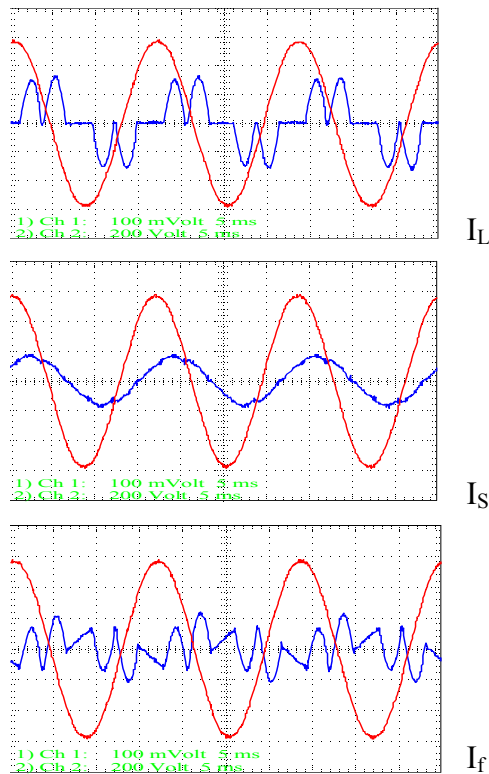
Fig. 5.1-2 esquema simplificado del filtro activo AS34, 3 fases y neutro.

## 5.2. Ejemplo de compensación de armónicos con un SAI como carga.

Se analizan 2 casos con distintas cargas del SAI para apreciar el comportamiento de filtro CYDESA AS34 de 50A, en el primer caso fig.5.2-1 el SAI está al 50% de su capacidad y las componentes armónicas no superan la corriente nominal del filtro, en el segundo caso fig 5.2-2 al aumentar la carga del SAI se supera la capacidad del filtro y este no puede suministrar más que los 50A de su capacidad límite. Como puede apreciarse este segundo supuesto que sobrecargaría un filtro pasivo no es ningún inconveniente para el filtro activo AS.

En el caso de la fig. 5.2-1 el filtro está suministrando aproximadamente 40A, por debajo de su capacidad de 50A. La distorsión armónica total THD en la corriente de red pasa del 59,7% al 3,4%, y el factor de atenuación es:

$$F_A = \frac{43,3}{2,2} = 19,6$$

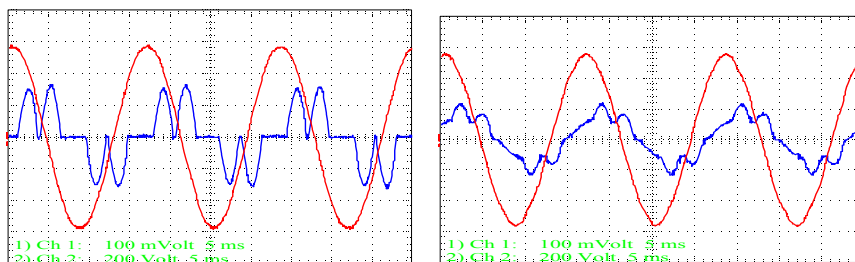


Corriente	SAI $I_L$	RED $I_S$
Total	84,6A	56,3A
Armónica	43,3A	2,2A
Distorsión (THD)	51,2%	3,4%

Fig.5.2-1 supuesto del SAI al 50% de su potencia nominal con un filtro activo conectado AS 34 de 50A.

Para el otro caso, fig. 5.2-1, al ser insuficiente la capacidad del filtro para compensar toda la corriente armónica, la distorsión en corriente THD no alcanza los valores tan bajos del caso anterior llegando a reducirse al 21,4% desde el 65,3%.

A pesar de ello la reducción es importante y probablemente suficiente pero en caso contrario siempre es posible añadir otro filtro en paralelo al existente.



Corriente	SAI	RED
	$I_L$	$I_S$
Total	98,6A	67,2A
Armónica	64,4A	14,4A
Distorsión (THD)	65,3%	21,4%

Fig. 5.2-1 supuesto del SAI al 60% de su potencia nominal con un filtro activo conectado AS34 de 50A.

### 5.3 Instalación de los filtros activos CYDESA

Como regla general es recomendable instalar los filtros lo más cerca posible de las cargas distorsionantes. En realidad el criterio es similar a la instalación de condensadores para compensación de energía reactiva.

En el ejemplo de la fig. 5.3-1 la solución más aconsejable es "compensar" los armónicos de las líneas afectadas: PCs y aire acondicionado con los filtros adecuados a las cargas con lo cual se descargan de armónicos las líneas en toda su longitud, evitando sobrecalentamientos, sobrecargas de neutros y pérdidas (filtros A y B). La solución C es válida si el principal objetivo es evitar la exportación de armónicos a la red pública. Este sería por ejemplo el caso en suministros en baja tensión

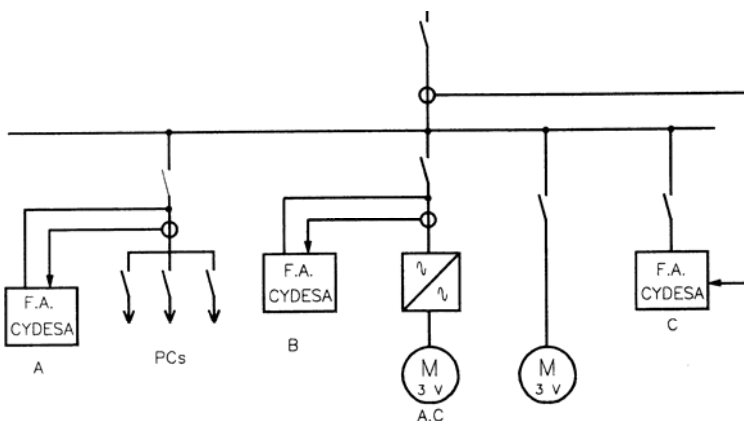


Fig. 5.3-1 Alternativas para la instalación de los filtros activos CYDESA



## 5.4 Dimensionado de los filtros AS

Si se trata de instalaciones en servicio con unas mediciones adecuadas en las líneas a compensar de la totalidad de las corrientes armónicas deberá cumplirse.

$$\frac{THD(I_L) \cdot I_L}{100} \leq I_{AS}$$

En estas condiciones se consigue un factor de atenuación  $F_A > 10$ .

### Ejemplo

Compensación de una línea trifásica alimentando a PCs con una corriente total simultánea de 75A con una distorsión total medida del 37,5%.

$$I_{AS} \geq \frac{37,5 \cdot 75}{100} = 28A$$

Correspondiente al modelo de 50A, sin embargo un filtro de 25A sería suficiente.

En el primer supuesto la corriente armónica aguas arriba del punto de conexión del filtro sería:

$$I_h \leq \frac{28}{10} = 2,8A$$

En caso de estar en fase de proyecto deberá estimarse la distorsión armónica  $THD(I_L)$ , para lo cual pueden considerarse los siguientes valores aproximados.

Tipo de equipos	THD %
Convertidores de frecuencia (1)	35
SAls	30
Alumbrado fluorescente (2)	25
PCs	35

(1) Con reactancia de línea del 4%  
(2) Con reactancias

Tabla 5.4-1. Valores de distorsión en corriente de líneas trifásicas alimentando a receptores del tipo indicado.

El procedimiento de cálculo es similar al caso anterior. Si se trata de compensar una línea con distintos tipos de equipos o varias líneas deberá utilizarse un procedimiento más preciso. (Consultar al departamento técnico de CYDESA)



Filtro activo AS34-400/50, 3 fases y 4 hilos, de 50A para red a 400V, 50Hz. Vista exterior e interior.

## 5.5 Características y especificaciones de los filtros activos AS

### Características generales

Temperatura de almacenamiento	-20°C a +70°C
Temperatura de servicio	+12°C a +25°C rango recomendado, 0°C a +40°C (rango tolerado)
Humedad relativa	< 95%
Altitud	< 1000 m
Normas de referencia sobre armónicos	EN 61000-3-4, IEEE 519-1992
Normas de diseño	EN 60146
Normas de seguridad	EN 50178
Compatibilidad electromagnética	EN 55011, EN 50081-2, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN 61000-4-6, EN 61000-6-2

### Características eléctricas

Capacidad	Unid.	25A	50A	100A	150A	200A
Tensión de línea	V	400 ± 15%				
Nº.fases/Nº hilos		Serie AS33 3 fases 3 hilos Serie AS34 3 fases 4 hilos				
Frecuencia	Hz	50/60 ± 3				
Corriente de compensación por fase	Arms	25	50	100	150	200
Corriente de compensación del neutro <sub>(1)</sub>	Arms	75	150	300	450	600
Tiempo de respuesta transitorio <sub>(2)</sub>	ms	< 1				
Corriente de conexión		Inferior a la corriente nominal				
Limitación de corriente		Sí a la compensación total				
Arranque suave	s	10				
Pérdidas	W	550	950	2000	3000	4100
Ruido audible a 1 m.	dBA	60	60	63	63	63

### Características mecánicas

Capacidad	Unid	25A	50A	100A	150A	200A	
Color		RAL9001					
Grado de protección		IP20					
Dimensiones	Serie AS33	mm	410x390x880		600x810x1930		1200x810x1930
A x B x H	Serie AS34		490x400x920		700x810x1930		1400x810x1930
Peso	Serie AS33	kg	55	70	230	260	430
	Serie AS34		60	75	270	300	540

(1) Solo para AS34

(2) Tiempo desde la detección hasta el estado estacionario al 100 de la carga < 40 ms.

## **CONCLUSIÓN**

Tanto en las industrias como en los edificios de oficinas cada vez es más frecuente encontrarse con receptores que deforman la onda de las corrientes con la consiguiente generación de armónicos, los cuales a su vez por simple caída de tensión llegan a deformar la tensión de red, afectando por tanto a todos los demás receptores de la instalación. Además esta perturbación llega a transmitirse a la red pública de forma mas o

menos atenuada en caso de suministros en alta tensión, dependiendo de la relación existente entre la potencia de los equipos perturbadores y la potencia de cortocircuito de la red en el punto de conexión común o en caso de suministros en baja tensión la transmiten de forma directa, afectando a los vecinos. Debido a los numerosos problemas provocados por este fenómeno, pérdidas en líneas y transformadores, reducción de la

capacidad de todo el sistema de transmisión, etc. Se han publicado normas y se han ido diseñando equipos cada vez más efectivos para la reducción o eliminación de armónicos.

Esta publicación pretende orientar tanto a afectados como a proyectistas sobre el origen del problema, sus efectos y sus soluciones.

**CYDESA**

**PARA CONSULTAS**  
JACINTO LOPEZ MELENDO  
E-MAIL: [j.lopez@cydesa.com](mailto:j.lopez@cydesa.com)