

Compensación de Energía Reactiva y Filtrado de Armónicos

Energy efficiency, immediate saving

Catálogo 2019



La web donde encontrarás
toda la información que necesitas
sobre Schneider Electric
(Tarifas, catálogos, formaciones, etc....)
en un solo click

Toda la información, novedades
y herramientas Schneider Electric
allí donde las necesites



Schneider Electric ha creado un nuevo Portal de Partners para profesionales como tú y en el que encontrarás no solo toda la información de nuestros productos y novedades, sino también todas las herramientas, programas y formaciones on-line que te ayudarán en tu día a día a dar una mejor respuesta a tu cliente.

Regístrate ahora en:

partners.schneider-electric.es

Life Is On

Schneider
Electric

Compensación de Energía Reactiva y Filtrado de Armónicos

01. Generalidades	05
02. Armónicos	33
03. Fichas de aplicación/ejemplos	69
04. Condensadores y componentes BT	77
05. Baterías de condensadores VarSet	95
06. Filtros activos	115
07. Calidad de energía	133





01. Generalidades

Naturaleza de la energía reactiva	06
Factor de potencia de los receptores más usuales	07
Ventajas de la compensación de la energía reactiva	08
Comparación instalación compensada/sin compensar	10
Cálculo de la potencia a compensar en una instalación en proyecto	12
Tabla de elección	13
Recibo tipo	14
Dónde compensar	16
Cuándo realizar una compensación fija	18
Compensación fija de transformadores	19
Compensación fija de motores asíncronos	21
Cuándo realizar una compensación automática	24
El concepto de la regulación	25
Compensación automática: consejos de instalación	28
Aparata de protección y maniobra BT	30

Naturaleza de la energía reactiva

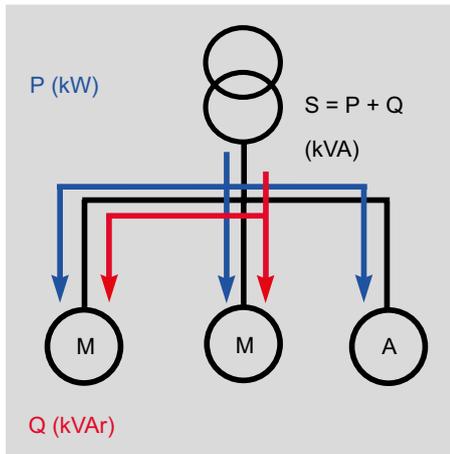


Fig. 1: El consumo de energía reactiva se establece entre los receptores inductivos y la fuente.

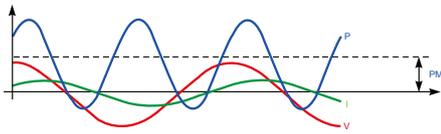


Fig. 2a: Flujo de potencias en una instalación con $\cos \varphi = 0,78$.

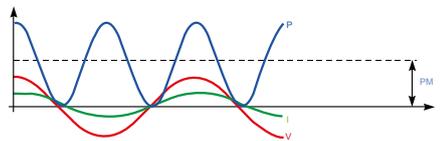


Fig. 2b: Flujo de potencias en una instalación con $\cos \varphi = 0,98$.

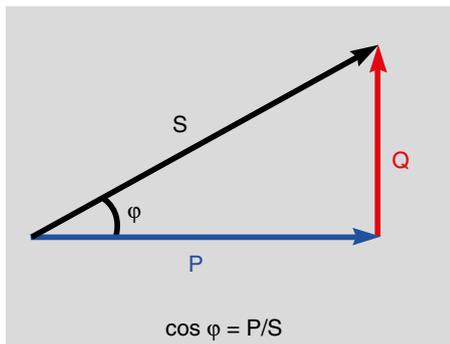


Fig. 3: El $\cos \varphi$ como representación del rendimiento eléctrico de una instalación.

Naturaleza de la energía reactiva

Energía activa

Todas las máquinas eléctricas alimentadas en corriente alterna convierten la energía eléctrica suministrada en trabajo mecánico y calor. Esta energía se mide en kWh y se denomina energía activa. Los receptores que absorben únicamente este tipo de energía se denominan resistivos.

Energía reactiva

Ciertos receptores necesitan campos magnéticos para su funcionamiento (motores, transformadores, etc.) y consumen otro tipo de energía denominada energía reactiva.

El motivo es que este tipo de cargas (denominadas inductivas) absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos que necesitan para su funcionamiento y la entregan durante la destrucción de los mismos.

Este trasiego de energía entre los receptores y la fuente (Fig.1) provoca pérdidas en los conductores, caídas de tensión en los mismos, y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores.

Flujo de potencias en una instalación

Indirectamente la potencia útil que se puede disponer en una instalación aumenta conforme se mejora el $\cos \varphi$ de la instalación.

La potencia instantánea de una instalación se compone de dos sumandos: la potencia oscilante a una frecuencia doble de la fundamental, y la potencia media ($P_m = VI \cos \varphi$) que realmente nos determina la potencia útil o activa de la instalación y que es un valor constante.

En la fig. 2 se puede observar como cuanto mejor es el $\cos \varphi$ de una instalación (más próximo a 1) la potencia media de la instalación en kW es mayor.

El $\cos \varphi$

La conexión de cargas inductivas en una instalación provoca el desfase entre la onda de intensidad y la tensión.

El ángulo φ mide este desfase e indica la relación entre la intensidad reactiva (inductiva) de una instalación y la intensidad activa de la misma. Esta misma relación se establece entre las potencias o energías activa y reactiva. El $\cos \varphi$ indicará por tanto la relación entre la potencia activa y la potencia aparente de la instalación (los kVA que se pueden consumir como máximo en la misma). Por esta razón el $\cos \varphi$ indicará el "rendimiento eléctrico" de una instalación (Fig. 3).

Factor de potencia de los receptores más usuales



Cálculo práctico de potencias reactivas

Tipo de circuito	Potencia aparente S (kVA)	Potencia activa P (kW)	Potencia reactiva Q (kVAr)
Monofásico (F + N)	$S = V \times I$	$P = V \times I \times \cos \varphi$	$Q = V \times I \times \sin \varphi$
Monofásico (F + F)	$S = U \times I$	$P = U \times I \times \cos \varphi$	$Q = U \times I \times \sin \varphi$
Ejemplo: carga de 5 kW $\cos \varphi = 0,5$	10 kVA	5 kW	8,7 kVAr
Trifásico (3 F o 3 F + N)	$S = \sqrt{3} \times U \times I$	$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi$	$Q = \sqrt{3} \times U \times I \times \sin \varphi$
Ejemplo: motor de $P_n = 51$ kW $\cos \varphi = 0,86$ rendimiento = 0,91	65 kVA	56 kW	33 kVAr

Los cálculos del ejemplo trifásico se han efectuado de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 P_n &= \text{potencia suministrada en el eje} && = 51 \text{ kW} \\
 P &= \text{potencia activa consumida} && = P_n / \rho && = 56 \text{ kW} \\
 S &= \text{potencia aparente} && = P / \cos \varphi && = 65 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

De donde:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{65^2 - 56^2} = 33 \text{ kVAr}$$

Se indican a continuación valores medios de factor de potencia de distintos receptores.

Factor de potencia de los receptores más usuales

Aparato	Carga	$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$
Motor asíncrono ordinario	0%	0,17	5,8
	25%	0,55	1,52
	50%	0,73	0,94
	75%	0,8	0,75
	100%	0,85	0,62
Lámparas de incandescencia		1	0
Lámparas de fluorescencia		0,5	1,73
Lámparas de descarga		0,4 a 0,6	2,29 a 1,33
Hornos de resistencia		1	0
Hornos de inducción		0,85	0,62
Hornos de calefacción dieléctrica		0,85	0,62
Máquinas de soldar por resistencia		0,8 a 0,9	0,75 a 0,48
Centros estáticos monofásicos de soldadura al arco		0,5	1,73
Grupos rotativos de soldadura al arco		0,7 a 0,9	1,02
Transformadores-rectificadores de soldadura al arco		0,7 a 0,9	1,02 a 0,75
Hornos de arco		0,8	0,75

Fig. 4: $\cos \varphi$ de los aparatos más usuales.

Ventajas de la compensación de la energía reactiva

Reducción en el recibo de electricidad

El recargo de reactiva

Las compañías eléctricas penalizan el consumo de energía reactiva con el objeto de incentivar su corrección.

- En el mercado se establecen unas tarifas de acceso que son el precio por el uso de las redes eléctricas

Un usuario cualificado es aquel que tiene un consumo mínimo de 1 GWh al año o aquel que tiene contratado un suministro en MT.

La última modificación referente a las tarifas de acceso es el Real Decreto 1164/2001, con fecha 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

En el artículo 9.3 se hace referencia al término de facturación de energía reactiva, y dice:

“El término de facturación por energía reactiva será de aplicación a cualquier tarifa, etc. En los contratos con una potencia contratada ≤ 15 kW (Tarifas 2.0 A y 2.1 A) solo se aplica el concepto de facturación de energía reactiva en el caso de que se midiese un consumo de reactiva durante un periodo de facturación superior al 50% de la energía activa; según lo regulado en art. 7 del RD 1164/2001, de 26-oct, corregido por el art. 3.3 del RD 1454/2005, de 2-dic...

Este término se aplicará sobre todos los periodos tarifarios, excepto en los periodos valle, siempre que el consumo de energía reactiva exceda del 33 por 100 del consumo de activa durante el periodo de facturación considerado ($\cos \varphi < 0,95$) y únicamente afectará a dichos excesos.

El precio de kVArh de exceso se establecerá en céntimos de euro/kVArh... ”.

Aumento de la potencia disponible

Reducción de la intensidad eficaz

Un factor de potencia elevado optimiza los componentes de una instalación eléctrica mejorando su rendimiento eléctrico.

La instalación de condensadores reduce el consumo de energía reactiva entre la fuente y los receptores.

Los condensadores proporcionan la energía reactiva descargando a la instalación desde el punto de conexión de los condensadores aguas arriba.

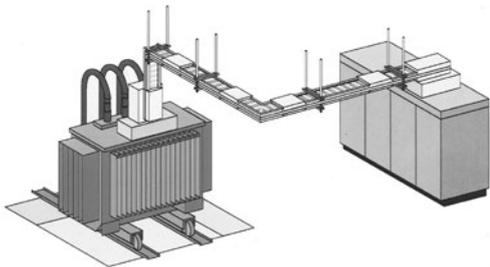
Como consecuencia es posible aumentar la potencia disponible en el secundario de un transformador MT/BT, instalando en la parte de baja un equipo de corrección del factor de potencia.

La tabla de la Fig. 6, muestra el aumento de la potencia activa (kW) que puede suministrar un transformador corrigiendo hasta $\cos \varphi = 1$.

cos φ inicial	Aumento de potencia disponible
1	0,0%
0,98	+ 2,0%
0,95	+ 5,2%
0,90	+ 11,1%
0,85	+ 17,6%
0,80	+ 25,0%
0,70	+ 42,8%
0,65	+ 53,8%
0,50	+ 100,0%

Fig. 6: Aumento de la potencia disponible en el secundario de un transformador en función del $\cos \varphi$ de la carga.

Ventajas de la compensación de la energía reactiva



Reducción de la sección de los conductores

La instalación de un equipo de corrección del factor de potencia en una instalación permite reducir la sección de los conductores a nivel de proyecto, ya que para una misma potencia activa la intensidad resultante de la instalación compensada es menor.

La tabla de la Fig. 7 muestra el coeficiente multiplicador de la sección del conductor en función del $\cos \varphi$ de la instalación.

Disminución de las pérdidas

Reducción de pérdidas por efecto Joule

La instalación de condensadores permite la reducción de pérdidas por efecto Joule (calentamiento) en los conductores y transformadores.

Estas pérdidas son contabilizadas como energía consumida (kWh) en el contador.

Dichas pérdidas son proporcionales a la intensidad elevada al cuadrado.

Se puede determinar según la siguiente fórmula la disminución de pérdidas en función del $\cos \varphi$ de la instalación:

$$\frac{\text{Pérdidas finales}}{\text{Pérdidas iniciales}} = \left(\frac{\cos \varphi \text{ inicial}}{\cos \varphi \text{ final}} \right)^2$$

Ejemplo:

La reducción de pérdidas en un transformador de 630 kVA, $P_{cu} = 6.500$ W con un $\cos \varphi$ inicial de 0,7.

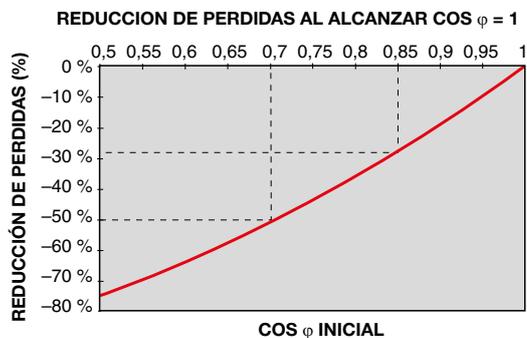
Si se compensa hasta $\cos \varphi$ final = 0,98, las nuevas pérdidas pasan a ser de: 3.316 W.

Reducción de las caídas de tensión

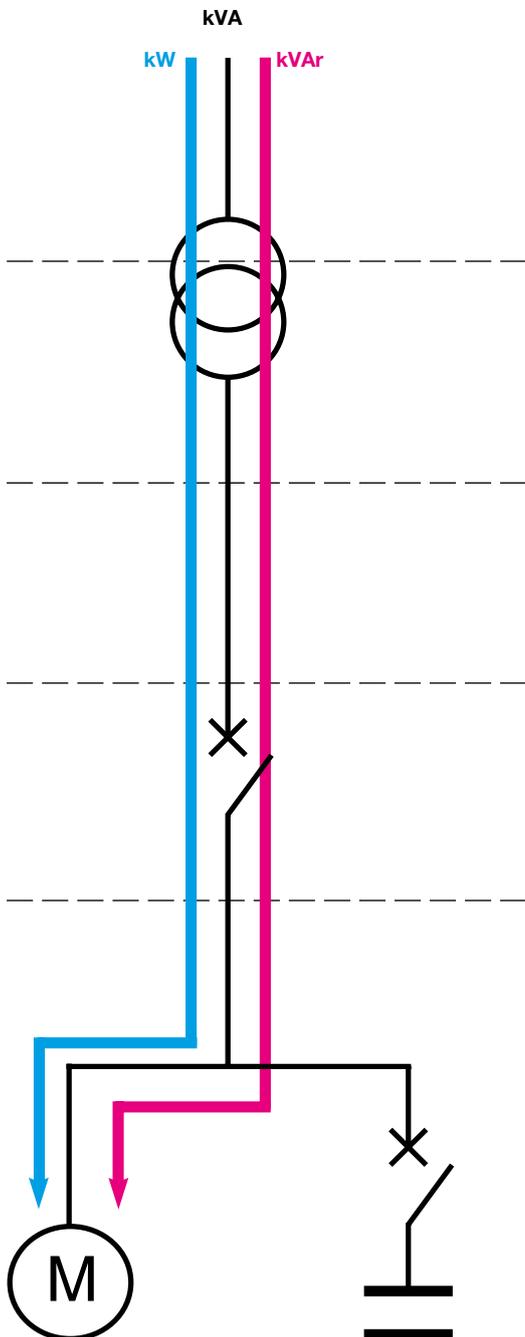
La instalación de condensadores permite la reducción de las caídas de tensión aguas arriba del punto de conexión del equipo de compensación.

$\cos \varphi$ inicial	Factor multiplicador de la sección del cable
1	1
0,80	1,25
0,60	1,65
0,40	2,50

Fig. 7: Coeficiente multiplicador de la sección del conductor en función del $\cos \varphi$ de la instalación.



Comparación instalación sin compensar/compensada



Instalación sin compensar

Datos

Red:

$P_{cc} = 500 \text{ MVA}$

Transformador:

$S_n = 630 \text{ kVA}$

$U_{cc} = 4\%$

Sobrecarga = 5,7%

Enlace trafo-cuadro:

$L = 30 \text{ M}$

2 x 300 mm por fase

$\Delta U = 0,77\%$

Pérdidas = 2,96 kW

Interruptor general:

$I_{th} = 962 \text{ A}$

$I_n = 1.000 \text{ A}$

Carga:

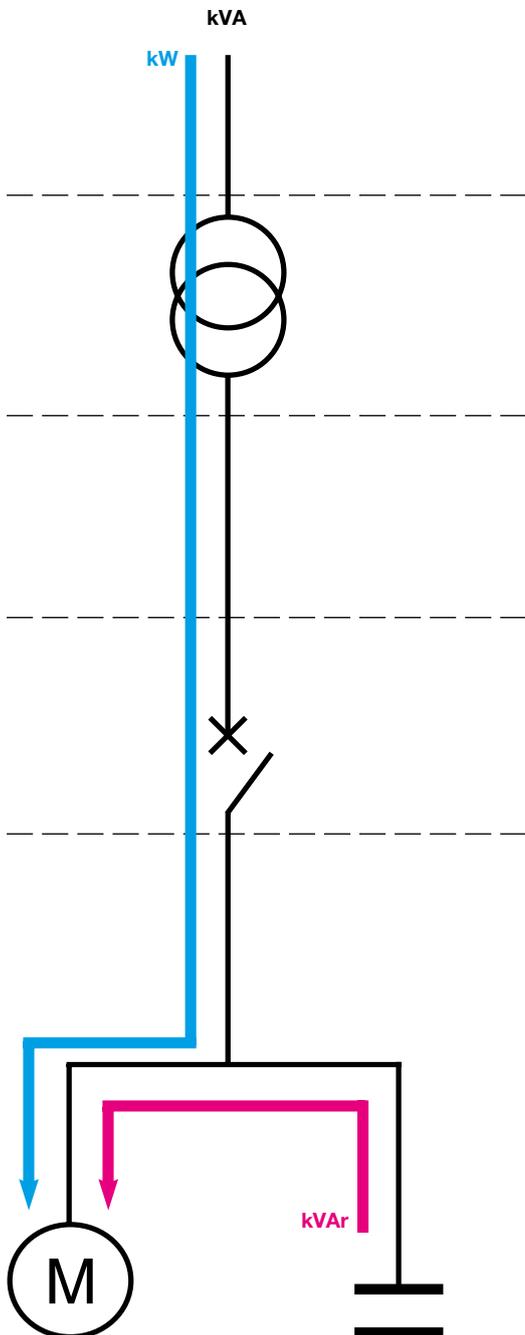
$P = 500 \text{ kW}$

$\cos \varphi = 0,75$

Comentarios

- Existe un consumo de kVAr
- La potencia en kVA es superior a las necesidades de kW:
 $kVA^2 = kVAr^2 + kW^2$
- El consumo en kWh es mayor por las pérdidas
- Para poder suministrar los 500 kW con $\cos \varphi = 0,75$, el transformador deberá suministrar una potencia (S) de: $S = P/\cos \varphi = 500/0,75 = 666 \text{ kVA}$
- Por lo que trabajará con una sobrecarga = 5,7%
- Las pérdidas en los conductores son proporcionales al cuadrado de la intensidad: $P = I^2 \times R = 962^2 \times R = 2,9 \text{ kW}$
- Habrá un consumo en kWh por pérdidas mayores que en la instalación compensada
- El interruptor general de protección y los conductores deberán estar dimensionados para poder soportar el total de la intensidad para los valores definidos de P y $\cos \varphi$:
 $I = P/\sqrt{3} \times U_2 \times \cos \varphi =$
 $I = 500/(1,73 \times 400 \times 0,75) = 962 \text{ A}$
- La energía reactiva atraviesa la totalidad de la instalación desde la fuente hasta el receptor
- Existe un recargo por reactiva en el recibo de la electricidad de:
 $K_r (\%) = 9,3\%$

Comparación instalación sin compensar/compensada



Instalación compensada

Datos

Red:

$P_{cc} = 500 \text{ MVA}$

Transformador:

$S_n = 630 \text{ kVA}$

$U_{cc} = 4\%$

Reserva de potencia = 20%

Enlace trafo-cuadro:

$L = 30 \text{ M}$

2 x 150 mm por fase

$\Delta U = 0,70\%$

Pérdidas = 2,02 kW (-30%)

Interruptor general:

$I_{th} = 721 \text{ A}$

$I_n = 800 \text{ A}$

Carga:

$P = 500 \text{ kW}$

$\cos \varphi = 1$

Comentarios

- El consumo de kVAr se hace cero
 - La potencia en kVA se ajusta a la demanda de kW
 - La potencia de trabajo del transformador con $\cos \varphi = 1$ pasa a ser de:
 $S = P / \cos \varphi = 500 / 1 = 500 \text{ kVA}$
 - Por lo que habrá una reserva de potencia de 130 kVA = 20%
 - Las pérdidas en los conductores son proporcionales al cuadrado de la intensidad: $P = I^2 \times R = 721^2 \times R = 2,02$
 - Habrá una reducción en el consumo de kWh por pérdidas de: - 30%
 - Podrá haber una reducción en la sección de los cables de la mitad
 - El interruptor general de protección podrá tener un calibre inferior que en la instalación sin compensar:
- $$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi}$$
- $$I = \frac{500}{(1,73 \times 400 \times 1)} = 721 \text{ A}$$
- La energía reactiva fluye entre el condensador y la carga, descargando al resto de instalación aguas arriba del punto de conexión de la batería
 - Existe una bonificación del 4% sobre el recibo de electricidad

Cálculo de la potencia a compensar en una instalación en proyecto



Cálculo de una instalación en proyecto

Método general

A partir de los datos suministrados por los fabricantes de los diferentes receptores, tales como la potencia activa, el índice de carga, el $\cos \varphi$, etc. y conociendo el factor de simultaneidad de cada uno en la instalación, se pueden determinar los niveles de potencia activa y reactiva consumida por el total de la instalación.

Método simplificado

Conociendo los siguientes datos se pueden calcular de una manera simplificada las necesidades de compensación de una instalación:

- $\cos \varphi$ medio inicial
- $\cos \varphi$ objetivo
- Potencia activa media de la instalación

Estos datos se pueden obtener:

- Por cálculo: como se ha citado en el método general
- A través de una estimación según las potencias instaladas

Con estos datos se puede proceder al cálculo por tabla.

	cos φ		cos φ a obtener				
	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	1	
0,4	1,805	1,861	1,924	1,998	2,085	2,288	
0,45	1,681				1,784	1,988	
0,5	1,248				1,529	1,732	
0,55	1,035				1,316	1,519	
0,6	0,849	Q = P x factor Q = P x 0,679			1,131	1,334	
0,65	0,685				0,966	1,169	
0,7	0,536				0,811	1,020	
0,75	0,398	0,453	0,519	0,591	0,679	0,882	
0,8	0,266	0,321	0,387	0,459	0,541	0,750	
0,85	0,02	0,191	0,257	0,329	0,417	0,620	
0,9		0,058	0,121	0,192	0,281	0,484	

Fig. 10: Representación gráfica de la tabla de la pág. 13.

Cálculo por tabla

Ejemplo

Cálculo de la potencia reactiva necesaria para compensar la instalación siguiente:

P = 500 kW

$\cos \varphi$ inicial = 0,75

$\cos \varphi$ deseado 0,98

Consultando la tabla de la pág. 13 se obtiene un factor = 0,679.

Multiplicando este factor por la potencia activa de la instalación (500 kW) se obtiene la potencia reactiva a instalar: $Q = 500 \times 0,679 = 340$ kVAr

A partir de mediciones

Efectuar distintas mediciones aguas abajo del disyuntor general de protección con la instalación en las condiciones de carga habituales.

Los datos a medir deben ser los siguientes:

- Potencia activa (kW)
- Potencia inductiva (kVAr)
- $\cos \varphi$

A partir de estos datos elegir el $\cos \varphi$ medio de la instalación y verificar dicho valor con el caso más desfavorable.

Tabla de elección

A partir de la potencia en kW y del $\cos \varphi$ de la instalación

La tabla nos da en función del $\cos \varphi$ de la instalación, antes y después de la compensación, un coeficiente a multiplicar por la potencia activa para encontrar la potencia de la batería de condensadores a instalar.

Antes de la compensación		Potencia del condensador en kVAr a instalar por kW de carga para elevar el factor de potencia ($\cos \varphi$ o $\text{tg } \varphi$ a obtener)													
$\text{tg } \varphi$	$\cos \varphi$	$\frac{\text{tg } \varphi}{\cos \varphi}$	0,75	0,59	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,32	0,29	0,25	0,20	0,14	0,00
			0,8	0,86	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
2,29	0,40		1,541	1,698	1,807	1,836	1,865	1,896	1,928	1,963	2,000	2,041	2,088	2,149	2,291
2,22	0,40		1,475	1,631	1,740	1,769	1,799	1,829	1,862	1,896	1,933	1,974	2,022	2,082	2,225
2,16	0,42		1,411	1,567	1,676	1,705	1,735	1,766	1,798	1,832	1,869	1,910	1,958	2,018	2,161
2,10	0,43		1,350	1,506	1,615	1,644	1,674	1,704	1,737	1,771	1,808	1,849	1,897	1,957	2,100
2,04	0,44		1,291	1,448	1,557	1,585	1,615	1,646	1,678	1,712	1,749	1,790	1,838	1,898	2,041
1,98	0,45		1,235	1,391	1,500	1,529	1,559	1,589	1,622	1,656	1,693	1,734	1,781	1,842	1,985
1,93	0,46		1,180	1,337	1,446	1,475	1,504	1,535	1,567	1,602	1,639	1,680	1,727	1,788	1,930
1,88	0,47		1,128	1,285	1,394	1,422	1,452	1,483	1,515	1,549	1,586	1,627	1,675	1,736	1,878
1,83	0,48		1,078	1,234	1,343	1,372	1,402	1,432	1,465	1,499	1,536	1,577	1,625	1,685	1,828
1,78	0,49		1,029	1,186	1,295	1,323	1,353	1,384	1,416	1,450	1,487	1,528	1,576	1,637	1,779
1,73	0,5		0,982	1,139	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,590	1,732
1,69	0,51		0,937	1,093	1,202	1,231	1,261	1,291	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,544	1,687
1,64	0,52		0,893	1,049	1,158	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643
1,60	0,53		0,850	1,007	1,116	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,458	1,600
1,56	0,54		0,809	0,965	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559
1,52	0,55		0,768	0,925	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376	1,518
1,48	0,56		0,729	0,886	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	1,276	1,337	1,479
1,44	0,57		0,691	0,848	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	1,238	1,299	1,441
1,40	0,58		0,655	0,811	0,920	0,949	0,969	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154	1,201	1,262	1,405
1,37	0,59		0,618	0,775	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118	1,165	1,226	1,368
1,33	0,6		0,583	0,740	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191	1,333
1,30	0,61		0,549	0,706	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048	1,096	1,157	1,299
1,27	0,62		0,515	0,672	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63		0,483	0,639	0,748	0,777	0,807	0,837	0,873	0,904	0,941	0,982	1,030	1,090	1,233
1,20	0,64		0,451	0,607	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,058	1,201
1,17	0,65		0,419	0,672	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919	0,966	1,027	1,169
1,14	0,66		0,388	0,639	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67		0,358	0,607	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68		0,328	0,576	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828	0,875	0,936	1,078
1,05	0,69		0,299	0,545	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798	0,846	0,907	1,049
1,02	0,7		0,270	0,515	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878	1,020
0,99	0,71		0,242	0,485	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741	0,789	0,849	0,992
0,96	0,72		0,214	0,456	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821	0,964
0,94	0,73		0,186	0,427	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686	0,733	0,794	0,936
0,91	0,74		0,159	0,398	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	0,766	0,909
0,88	0,75		0,132	0,370	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,739	0,882
0,86	0,76		0,105	0,343	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652	0,713	0,855
0,83	0,77		0,079	0,316	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578	0,626	0,686	0,829
0,80	0,78		0,052	0,289	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552	0,599	0,660	0,802
0,78	0,79		0,026	0,262	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525	0,573	0,634	0,776
0,75	0,8			0,235	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,608	0,750
0,72	0,81			0,209	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581	0,724
0,70	0,82			0,183	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,556	0,698
0,67	0,83			0,157	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421	0,469	0,530	0,672
0,65	0,84			0,131	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503	0,646
0,62	0,85			0,105	0,135	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620
0,59	0,86			0,079	0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343	0,390	0,451	0,593
0,56	0,87			0,053	0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316	0,364	0,424	0,567
0,53	0,88			0,029	0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397	0,540
0,51	0,89				0,028	0,057	0,086	0,117	0,149	0,184	0,221	0,262	0,309	0,370	0,512
0,342	0,90					0,029	0,058	0,089	0,121	0,156	0,193	0,234	0,281	0,48	0,484

Recibo tipo

Para determinar las necesidades de energía reactiva de nuestra instalación, a través de un recibo de la factura eléctrica en el mercado liberalizado, procederemos según lo siguiente:

1. Determinaremos el $\cos \varphi$ de la instalación:

- Sumaremos todos los consumos de potencia activa (213.388 kWh)
- Sumaremos todos los consumos de potencia reactiva (149.242 kVArh)

$$\cos \varphi = \frac{\text{kWh}}{\sqrt{\text{kWh}^2 + \text{kVArh}^2}}$$

$$\cos \varphi = \frac{213.388}{\sqrt{213.388^2 + 149.242^2}} = 0,82$$

Y si sólo tenemos en cuenta los periodos en los que hay penalización por el consumo de reactiva, quitamos el consumo de los periodos valle (P3 y P6).

$$\cos \varphi = \frac{93.458}{\sqrt{93.458^2 + 65.222^2}} = 0,82$$

2. Determinar cuál es la potencia activa media de la instalación, se puede hallar:

- Con la media de la lectura del máxímetro
- Con los consumos de activa y las horas de funcionamiento

(Ver hoja anterior)

Para el ejemplo utilizaremos la lectura del máxímetro: 570 kW

FACTURA DE ELECTRICIDAD

Referencia contrato: 28XX20XX00
 Fecha Factura: 3 de Diciembre de 2012
 N° de Factura: 200233456700034

IMPORTE FACTURA 8.005,19 €

Consumo

Nº contador	Función	Periodo	Lec ant.	Lec act.	Consumo/demanda
xxxxxxxxxx	CAP1	1-11-2012 a 30-11-2012	487,500	487,500	0 kWh
xxxxxxxxxx	CAP2	1-11-2012 a 30-11-2012	547,000	547,000	0 kWh
xxxxxxxxxx	CAP3	1-11-2012 a 30-11-2012	288,339	288,339	57450 kWh
xxxxxxxxxx	CAP4	1-11-2012 a 30-11-2012	495,773	495,773	93458 kWh
xxxxxxxxxx	CAP5	1-11-2012 a 30-11-2012	512,470	512,470	0 kWh
xxxxxxxxxx	CAP6	1-11-2012 a 30-11-2012	481,080	481,080	62480 kWh
xxxxxxxxxx	CRP1	1-11-2012 a 30-11-2012	321,111	321,111	0 kVArh
xxxxxxxxxx	CRP2	1-11-2012 a 30-11-2012	351,780	351,780	0 kVArh
xxxxxxxxxx	CRP3	1-11-2012 a 30-11-2012	211,720	211,720	34150 kVArh
xxxxxxxxxx	CRP4	1-11-2012 a 30-11-2012	345,899	345,899	65222 kVArh
xxxxxxxxxx	CRP5	1-11-2012 a 30-11-2012	315,777	315,777	0 kVArh
xxxxxxxxxx	CRP6	1-11-2012 a 30-11-2012	316,004	316,004	49870 kVArh
xxxxxxxxxx	MAP1	1-11-2012 a 30-11-2012	0	0	0 kW
xxxxxxxxxx	MAP2	1-11-2012 a 30-11-2012	0	0	0 kW
xxxxxxxxxx	MAP3	1-11-2012 a 30-11-2012	0	0	550 kW
xxxxxxxxxx	MAP4	1-11-2012 a 30-11-2012	0	0	575 kW
xxxxxxxxxx	MAP5	1-11-2012 a 30-11-2012	0	0	0 kW
xxxxxxxxxx	MAP6	1-11-2012 a 30-11-2012	0	0	570 kW

Recibo tipo

3. Aplicar la fórmula general

$$Q = P \times (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)$$

Donde nos faltaría determinar qué $\cos \varphi$ final queremos. Como no hay bonificación por un $\cos \varphi$ superior a 0,95, podemos optar por un $\cos \varphi$ final en torno a 0,97-0,98. De esta forma nos aseguraremos siempre un $\cos \varphi$ por encima de 0,95 ante posibles variaciones puntuales de la carga y no aumentaremos en exceso la potencia de la batería. Lógicamente si se desea sacar el máximo rendimiento a la instalación será aconsejable compensar a 1.

Sustituimos los valores en la fórmula:

$$Q = 570 \times (0,69 - 0,20) = 279,3 \text{ kVAr}$$

Quedaría por ver el período de amortización del equipo

Supongamos que escogemos una batería de 275 kVAr con una regulación de 25 + 2 x 50 y un PVR de 6.460,00 €.

¿Cuánto pagaríamos, en un año, de reactiva si mantuviésemos el consumo actual?

Cogemos los 731,07 € por el exceso de reactiva (ver página 8, recargo por reactiva, mercado liberalizado) y los multiplicamos por 11 meses; obtenemos un recargo de 8.041,77 €.

Vemos que el equipo estaría amortizado en menos de 9 meses.

FACTURA DE ELECTRICIDAD

Referencia contrato: 28XX20XX00
Fecha Factura: 3 de Diciembre de 2012
Nº de Factura: 200233456700034

IMPORTE FACTURA 8.005,19 €

Facturación		Euros		
Término de energía	P3	57450 kWh X	0,028834 €/kWh	1.656,51
	P4	93458 kWh X	0,014350 €/kWh	1.341,12
	P5	62480 kWh X	0,005803 €/kWh	362,57
Término de energía	P1	640 kW X	0,046370 €/kW día X 30	890,30
	P2	640 kW X	0,023200 €/kW día X 30	445,44
	P3	640 kW X	0,016930 €/kW día X 30	325,06
	P4	640 kW X	0,016930 €/kW día X 30	325,06
	P5	640 kW X	0,016930 €/kW día X 30	325,06
	P6	640 kW X	0,007780 €/kW día X 30	149,38
Complemento por reactiva		15191,5 kVArh X	0,041554 €/kVArh	631,27
		2401,7 kVArh X	0,041554 €/kVArh	99,80
Total recargo reactiva				731,07
Varios, Impuestos electricidad, alquiler equipo, etc.				64,30
IVA		16% sobre	6.615,86	1.389,33
				8.005,19

Dónde compensar

¿Dónde instalar los condensadores?

La localización de los condensadores en una red eléctrica se determina según:

- El objetivo buscado, supresión de las penalidades, descarga de las líneas y transformadores, aumento de la tensión en el final de la línea
- El modo de distribución de la energía eléctrica
- El régimen de carga
- La influencia previsible de los condensadores en la red
- El coste de la instalación

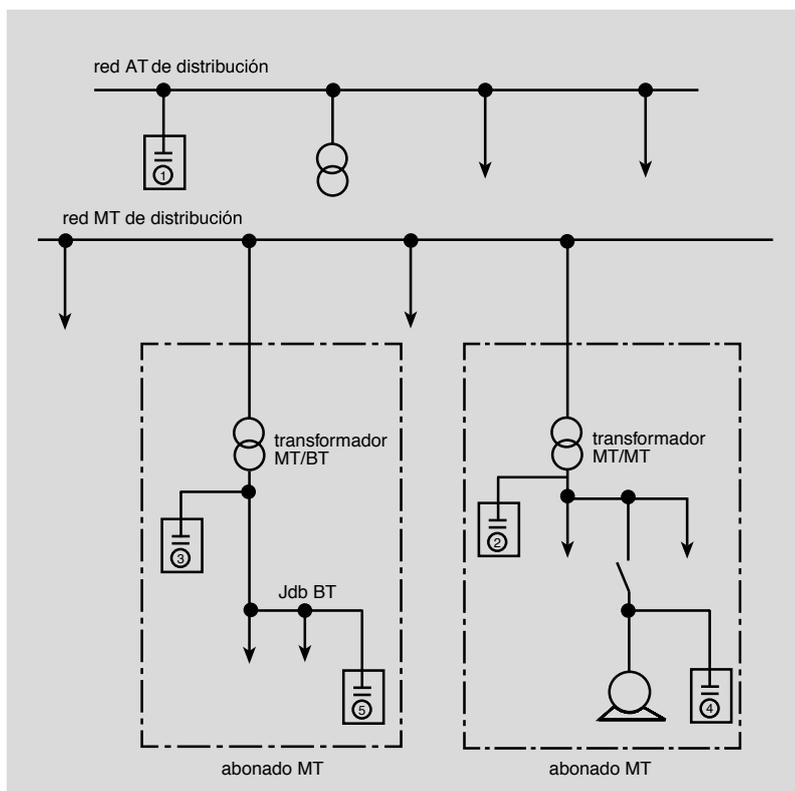
La compensación de la energía reactiva puede ser:

- Batería AT en red de distribución AT
- Batería MT regulada o fija, para abonado MT
- Baterías BT, regulada o fija, para abonado BT
- Compensación fija para motor MT
- Compensación fija para motor BT

Ejemplo

La elección del lugar de ubicación de los equipos de compensación queda a elección del cliente, en función de las características de su instalación y de los objetivos a alcanzar con la misma.

- Un ejemplo de aplicación de equipo 2 sería el de la compensación en la estación elevadora del consumo de un parque eólico, otro la compensación de un centro de control de motores, caso para el que se aconseja un equipo automático.
- El tipo de aplicación para el equipo 1 corresponde a la compensación realizada en la línea de transporte de energía de una Cía. Eléctrica, subestación de Cía.



Dónde compensar

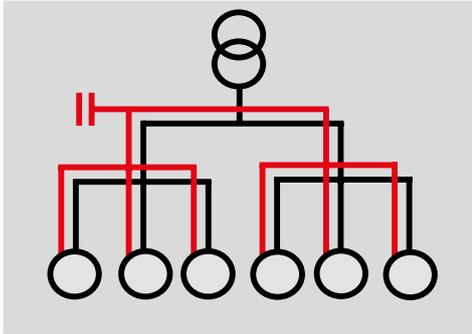


Fig. 12: Compensación global.

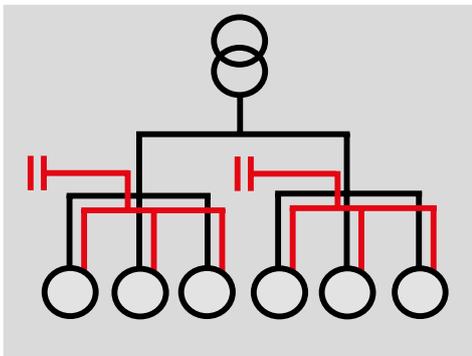


Fig. 13: Compensación parcial.

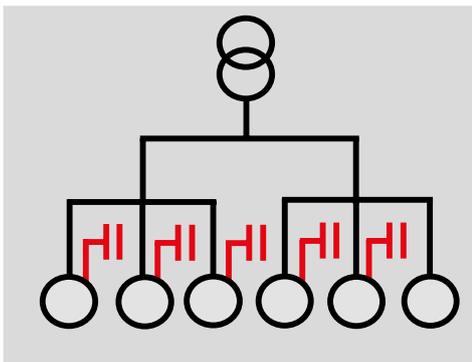


Fig. 14: Compensación individual.

En las salidas BT (CGBT)

Los condensadores pueden ser instalados en 3 niveles diferentes:

Posición n.º 1

Compensación global

Ventajas:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva
- Ajusta la potencia aparente (S en kVA) a la necesidad real de la instalación
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW)

Observaciones:

- La corriente reactiva (I_r) está presente en la instalación desde el nivel 1 hasta los receptores
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables no quedan disminuidas

A la entrada de cada taller

Posición n.º 2

Compensación parcial

Ventajas:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva
- Optimiza una parte de la instalación, la corriente reactiva no se transporta entre los niveles 1 y 2
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW)

Observaciones:

- La corriente reactiva (I_r) está presente en la instalación desde el nivel 2 hasta los receptores
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables se disminuyen

En los bornes de cada receptor de tipo inductivo

Posición n.º 3

Compensación individual

Ventajas:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva
- Optimiza toda la instalación eléctrica. La corriente reactiva I_r se abastece en el mismo lugar de su consumo
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW)

Observaciones:

- La corriente reactiva no está presente en los cables de la instalación
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables se suprimen totalmente

Cuándo realizar una compensación fija



Reglas generales

Qué dice el Reglamento de BT

De lo establecido en el nuevo REBT en la ITC-BT 43 - Apartado 2.7 Compensación del factor de potencia, se deduce que:

- Se podrá realizar la compensación de la energía reactiva pero en ningún momento la energía absorbida por la red podrá ser capacitiva
- Se podrá realizar la compensación fija para uno o varios receptores siempre que funcionen por medio de un único interruptor, es decir, simultáneamente
- Para compensar la totalidad de la instalación se deberá instalar un equipo automático

En la práctica se realiza la compensación fija de algunos motores y de transformadores; y una compensación automática para la compensación global en cabecera de la instalación.

Compensación fija de transformadores

Por qué realizar la compensación fija de un transformador

Como se ha visto anteriormente, la compensación de una instalación puede permitir el disponer de una potencia suplementaria en bornes del transformador.

Los cálculos de necesidades de reactiva han sido realizados hasta ahora teniendo en cuenta únicamente el consumo total de los receptores de una instalación.

Pero en el caso de que se deseen compensar también las pérdidas inductivas del transformador en BT, por ejemplo si se tiene una contratación de potencia en MT, la manera de realizarlo es incorporando un equipo de compensación fija en los bornes de baja del transformador, de tal manera que la instalación quede "sobrecompensada" en la parte de BT y dicha sobrecompensación sirva para compensar el trafo.

Obsérvese que en la Fig.15 existe un consumo de potencia reactiva por parte del transformador que no está suministrado por la batería.

La batería de condensadores no "ve" dicho consumo, ya que el TI que informa al regulador sobre el $\cos \varphi$ de la instalación está conectado en la parte de BT. Por lo tanto es necesario incorporar un condensador aguas arriba del punto de conexión del TI que incorpore los kVAr suplementarios (Fig. 16).

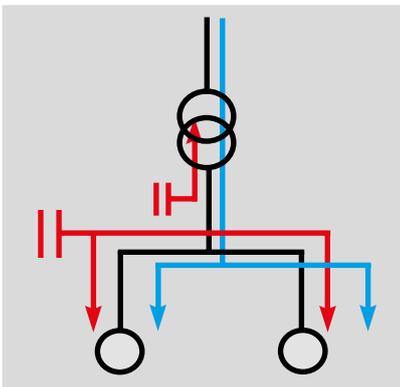


Fig. 15: Flujo de potencias en una instalación cuyo transformador está sin compensar.

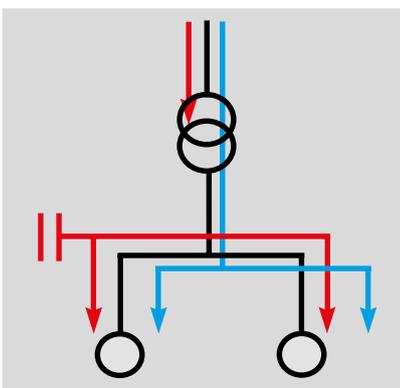


Fig. 16: Flujo de potencias en una instalación cuyo transformador está compensado con un equipo de compensación fijo.

Compensación fija de transformadores

Naturaleza de las reactancias inductivas de un transformador

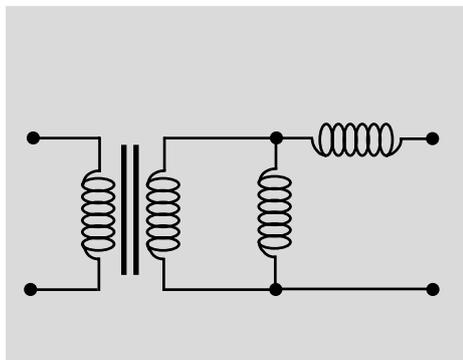


Fig. 17: Esquema equivalente de un transformador.

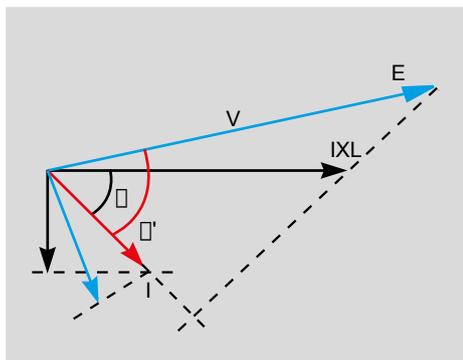


Fig. 18: Absorción de potencia inductiva por la reactancia serie, según el esquema equivalente de la Fig. 17.

Reactancia paralelo: reactancia de magnetización

Hasta ahora sólo se había tenido en cuenta la reactancia inductiva de las cargas en paralelo; sin embargo las reactancias conectadas en serie, como las de las líneas de potencia y los arrollamientos del primario de los transformadores, también absorben energía reactiva.

Para determinar dichas pérdidas de energía reactiva se puede representar el esquema equivalente de un transformador ideal como el de la Fig. 17, la corriente magnetizante tiene un valor prácticamente constante (en torno al 1,8% de la intensidad a plena carga) desde que el transformador trabaja en vacío hasta que está a plena carga.

Por esta razón, y ya que va a existir un consumo prácticamente constante de kVAr independientemente de las condiciones de carga, se suele realizar la compensación en vacío de los transformadores.

Sin embargo también hay un consumo de reactiva variable con las condiciones de carga del transformador: por lo que está representada en la Fig. 17 una reactancia en serie que daría las pérdidas por el flujo de fuga.

Reactancia serie: flujo de fuga

Hasta ahora sólo se había tenido en cuenta la reactancia paralelo del transformador (magnetizante). Sin embargo la potencia reactiva absorbida por el transformador en funcionamiento no puede despreciarse. Este fenómeno se ilustra en el diagrama vectorial de la Fig. 18.

La diferencia entre $E \cdot I \cdot \sin \phi'$ y $V \cdot I \cdot \sin \phi$, daría los kVAr absorbidos por la inductancia serie X_L . Se puede demostrar que este valor es igual a $I^2 \cdot X_L$. A partir de esta fórmula se pueden deducir los kVAr absorbidos en función del índice de carga.

Ejemplo

Transformador de $S_n = 630$ kVA

$U_{cc} = 4\%$

- Pérdidas trifásicas a plena carga:
 $kVAr = I^2 \cdot X_L = 630 \cdot 0,04 = 25,2$ kVAr
- Pérdidas al 50% de carga:
 $kVAr = I^2 \cdot X_L = 0,5^2 \cdot 630 \cdot 0,04 = 6,3$ kVAr

Para calcular las pérdidas totales del transformador se deberán adicionar las pérdidas en vacío (aproximadamente el 1,8% de la potencia del transformador).

- Pérdidas en vacío:
 $kVAr = 1,8 \cdot 630/100 = 11,34$ kVAr
- Por lo que las pérdidas totales a plena carga serán:
 $kVAr_{total} = kVAr_{vacío} + kVAr_{plena\ carga} = 11,34 + 25,2 = 36,64$ kVAr

Compensación fija de transformadores



Tabla compensación transformadores MT

Potencia aparente MVA	Tensión primario	Tensión secundario	Tensión de cortocircuito Ucc%	Potencia reactiva a compensar sin carga
2,5	20	3 a 16	6,5	40
	30	3 a 16	6,5	50
3,15	20	3 a 16	7	50
	30	3 a 16	7	60
4	20	3 a 16	7	60
	30	3 a 16	7	70
5	20	3 a 16	7,5	70
	30	3 a 16	7,5	80
6,3	10 a 36	3 a 20	8,1	70
8	10 a 36	3 a 20	8,4	80
10	10 a 36	3 a 20	8,9	90
12,5	10 a 36	3 a 20	9	120
16	45 a 66	3 a 20	9,3	130
20	45 a 66	3 a 20	9,4	140
25	45 a 66	3 a 20	9,7	175
31,5	45 a 66	3 a 20	11	190
40	45 a 66	3 a 20	12	240

Estos valores son indicativos.

Tabla compensación transformadores BT

Transformador		En aceite		Secos	
S (kVA)	Ucc (%)	Vacío	Carga	Vacío	Carga
100	4	2,5	5,9	2,5	8,2
160	4	3,7	9,6	3,7	12,9
250	4	5,3	14,7	5,0	19,5
315	4	6,3	18,3	5,7	24
400	4	7,6	22,9	6,0	29,4
500	4	9,5	28,7	7,5	36,8
630	4	11,3	35,7	8,2	45,2
800	4	20,0	66,8	10,4	57,5
1.000	6	24,0	82,6	12	71
1.250	5,5	27,5	100,8	15	88,8
1.600	6	32	126	19,2	113,9
2.000	7	38	155,3	22	140,6
2.500	7	45	191,5	30	178,2

Fig. 19: Consumo de potencia reactiva para transformadores de distribución de V1 = 20 kV.

Resumen

Un transformador consume una potencia reactiva compuesta por:

Una parte fija que depende de la corriente magnetizante, $Q_0 = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_0$ (esta parte representa del 0,5 al 2,5% de la potencia del transformador)

Una parte aprox. proporcional al cuadro de la potencia aparente

$$Q = U_{cc} \cdot S \cdot (s/s_n)$$

La potencia reactiva total consumida por un transformador de distribución está en torno al 10% a plena carga.

Compensación fija de motores asíncronos

La compensación fija de motores asíncronos

Precauciones generales

La intensidad reactiva que absorbe un motor asíncrono es prácticamente constante y tiene un valor aproximado del 90% de la intensidad en vacío. Por esta razón, cuando un motor trabaja en bajos regímenes de carga el $\cos \varphi$ es muy bajo debido a que el consumo de kW es pequeño. Asimismo, las características constructivas del mismo, tales como potencia, número de polos, velocidad, frecuencia y tensión, influyen en el consumo de kVAR.

Se puede realizar la compensación fija en bornes de un motor siempre que se tomen las precauciones siguientes:

- Nueva regulación de las protecciones
- Evitar la autoexcitación
- No compensar motores especiales
- No compensar motores con arrancador

Estas precauciones en la conexión se definirán a continuación.

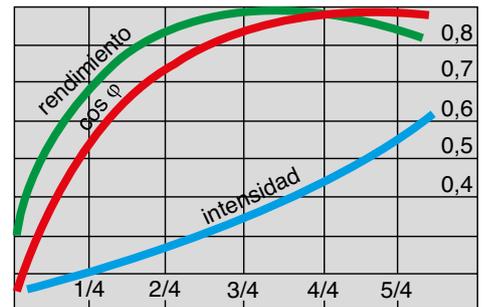


Fig. 20: Variación del $\cos \varphi$ en función del régimen de carga.

Regulación de las protecciones

Después de realizar la compensación fija de un motor, la intensidad eficaz consumida por el conjunto motor-condensador es más baja que antes. En consecuencia se deberán reajustar las protecciones del motor según la siguiente relación:

$$\text{Factor de reducción} = \frac{\cos \varphi \text{ inicial}}{\cos \varphi \text{ final}}$$

Compensación de motores con arrancador

Si el motor arranca con ayuda de algún dispositivo especial, tal como resistencias, inductancias, estrella triángulo o autotransformadores, es recomendable que los condensadores sean conectados después del arranque del motor.

Por esta razón no se deberá realizar una compensación fija y se utilizarán condensadores accionados por contactores. (Ver el apartado de compensación fija accionada por contactor, Fig. 22).

Compensación de motores especiales

No se recomienda la compensación individual de motores especiales del tipo: paso a paso, dos sentidos de marcha o similares.

Compensación de motores especiales

El fenómeno de la autoexcitación

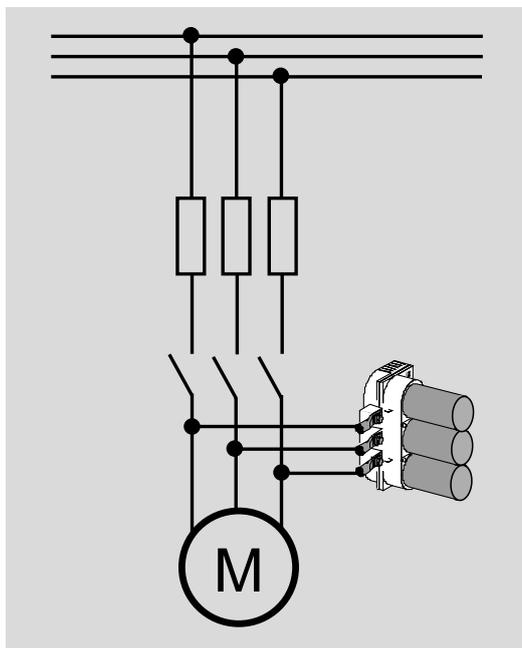
Cuando un motor acciona una carga de gran inercia el motor sigue girando después de cortarle la alimentación (a no ser que se le frene deliberadamente) debido a la inercia de la carga.

Cuando se realiza la compensación directa en bornes del motor, se genera un flujo de corrientes capacitivas a través del estator que producen un campo magnético rotatorio en el rotor que actúa a lo largo del mismo eje y en la misma dirección que el campo magnético decreciente.

En consecuencia el flujo del rotor aumenta, las corrientes del estator aumentan y la tensión en los terminales del motor aumenta, pasando por lo tanto a funcionar como generador asíncrono.

Este fenómeno se conoce como la autoexcitación.

Compensación fija de motores asíncronos



Cómo evitar la autoexcitación

- Limitación de la potencia de compensación

El fenómeno de la autoexcitación puede evitarse limitando la potencia de los condensadores fijos instalados en bornes del motor, de tal manera que la intensidad reactiva suministrada sea inferior a la necesaria para provocarla, haciendo que el valor de la intensidad de los condensadores sea inferior al valor de la intensidad en vacío del motor. El valor máximo de potencia reactiva a instalar se calculará de la siguiente forma:

$$Q_M \leq 0,9 \times I_0 \times U_n \times \sqrt{3} / Q_M \leq 2 P_0 (1 - \cos \varphi i)$$

Donde:

Q_M = potencia fija máxima a instalar (VAr)

I_0 = intensidad en vacío del motor

U_n = tensión nominal (V)

P = potencia nominal motor (kW)

$\cos \varphi i$ = coseno φ inicial

Estos valores se dan en la tabla de la Fig. 21.

- Otra manera para evitar la autoexcitación es la compensación fija accionada por contactor

Tabla compensación de motores asíncronos BT

Potencia nominal		Núm. de revoluciones por min Potencia reactiva en kVAr			
kW	CV	3.000	1.500	1.000	750
11	15	2,5	2,5	2,5	5
18	25	5	5	7,5	7,5
30	40	7,5	10	11	12,5
45	60	11	13	14	17
55	75	13	17	18	21
75	100	17	22	25	28
90	125	20	25	27	30
110	150	24	29	33	37
132	180	31	36	38	43
160	218	35	41	44	52
200	274	43	47	53	61
250	340	52	57	63	71
280	380	57	63	70	79
355	485	67	76	86	98
400	544	78	82	97	106
450	610	87	93	107	117

Fig. 21: Máxima potencia reactiva a instalar en bornes de un motor trifásico 230/400 V, sin riesgo de autoexcitación.

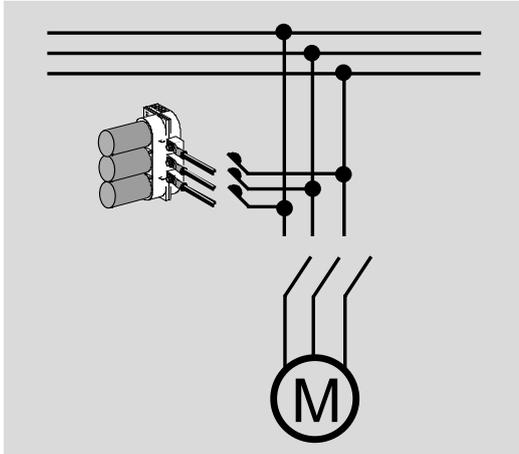
Tabla compensación de motores asíncronos MT

Potencia nominal		Núm. de revoluciones por min Potencia reactiva en kVAr			
kW	CV	3.000	1.500	1.000	750
140	190	30	35	40	50
160	218	30	40	50	60
180	244	40	45	55	65
280	380	60	70	90	100
355	482	70	90	100	125
400	543	80	100	120	140
500	679	100	125	150	175
1.000	1.359	200	250	300	350
1.400	1.902	280	350	420	490
1.600	2.174	320	400	480	560
2.000	2.717	400	500	600	700
2.240	3.043	450	560	680	780
3.150	4.280	630	800	950	1.100
4.000	5.435	800	1.000	1.200	1.400
5.000	6.793	1.000	1.250	1.500	1.750

Estos valores son indicativos.

Nota: Ver la solución propuesta por Schneider Electric, batería compensación motor MT.

Compensación fija de motores asíncronos



Compensación fija accionada por contactor

Instalación

Este sistema permite evitar el riesgo de sobreexcitación de los motores, compensando por lo tanto la totalidad de la potencia reactiva necesaria. La instalación se debe realizar siempre aguas arriba del dispositivo de mando y protección del motor.

El contactor del condensador deberá ir enclavado con el dispositivo de protección del motor de manera que cuando el motor sea o bien desconectado, o bien provocada la apertura de su dispositivo de protección, el condensador debe quedar fuera de servicio.

Cálculo de la potencia a instalar

En este caso y habiendo evitado el riesgo de autoexcitación, el cálculo se realiza de la misma manera que para cualquier carga:

$$Q = P \times (\operatorname{tg} \varphi_{\text{inicial}} - \operatorname{tg} \varphi_{\text{objetivo}})$$

Siendo:

P = potencia activa del motor (kW)

Elección del contactor adecuado

El proceso de la conexión de un condensador

Los condensadores forman, con los circuitos a cuyas bornas están conectados, circuitos oscilantes que pueden producir en el momento de la conexión corrientes transitorias de elevada intensidad ($> 180 I_n$) y de frecuencias elevadas (de 1 a 15 kHz).

Para solucionar este problema sin tener que acudir a contactores extraordinariamente sobredimensionados se aumentaba la inductancia de la línea con el acoplamiento en serie de inductancias de choque.

Un contactor específicamente diseñado para el mando de condensadores

Los contactores Telemecanique modelo LC1-D●K● están equipados con un bloque de contactos adelantados y con resistencias de preinserción que limitan el valor de la corriente en la conexión a $60 I_n$.

El diseño patentado del aditivo garantiza la limitación de la corriente de conexión con lo que aumenta la durabilidad de los componentes de la instalación y en particular la de los fusibles y condensadores.

Los contactores LC1-D●K● se incorporan en todas las baterías automáticas Schneider Electric.

Tabla de elección de contactores

220 V 240 V kVAr	400 V 440 V kVAr	660 V 690 V kVAr	Contactos auxiliares		Par de apriete Nm	Referencia básica
			"NA"	"NC"		
6,7	12,5	18	1	1	1,2	LC1-DFK....
10	20	30	1	1	1,9	LC1-DLK....
15	25	36	1	1	2,5	LC1-DMK....
20	33,3	48	1	2	5	LC1-DPK12..
25	40	58	1	2	5	LC1-DTK12..
40	60	92	1	2	11	LC1-DWK12..

Cuándo realizar una compensación automática

Reglas generales

Qué dice el Reglamento de BT

Se realiza a continuación una interpretación a título orientativo de las indicaciones que aparecen en el nuevo REBT en la ITC-BT 43 - Apartado 2.7 Compensación del factor de potencia:

- Se podrá realizar la compensación de la energía reactiva pero en ningún momento la energía absorbida por la red podrá ser capacitiva.
- Para compensar la totalidad de una instalación, o partes de la misma que no funcionen simultáneamente, se deberá realizar una compensación automática.
- La instalación del equipo de compensación automática deberá asegurar que la variación del factor de potencia en la instalación no sea mayor de un $\pm 10\%$ del valor medio obtenido en un prolongado período de funcionamiento.

Ejemplo

Si el $\cos \varphi$ medio de una instalación compensada es de 0,96 inductivo, el $\cos \varphi$ de la misma en ningún momento deberá ser ni inferior a 0,86 inductivo, ni superior a 0,94 capacitivo.

Esquema de principio de una batería automática

Los elementos internos

Un equipo de compensación automático debe ser capaz de adecuarse a las variaciones de potencia de reactiva de la instalación para conseguir mantener el $\cos \varphi$ objetivo de la instalación. Un equipo de compensación automático está constituido por 3 elementos principales:

- El regulador: Cuya función es medir el $\cos \varphi$ de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al $\cos \varphi$ objetivo, conectando los distintos es-calones de potencia reactiva. Además de esta función, los actuales reguladores Varlo-gic de Schneider Electric incorporan funciones complementarias de ayuda al mantenimiento y la instalación.
- Los contactores: Son los elementos encargados de conectar los distintos condensadores que configuran la batería. El número de escalones que es posible disponer en un equipo de compensación automático depende de las salidas que tenga el regulador. Existen dos modelos de reguladores VarLogic atendiendo al número de salidas:
 - De 1 hasta 6 escalones
 - De 1 hasta 12 escalones
- Los condensadores: Son los elementos que aportan la energía reactiva a la instalación. Normalmente la conexión interna de los mismos está hecha en triángulo.



=

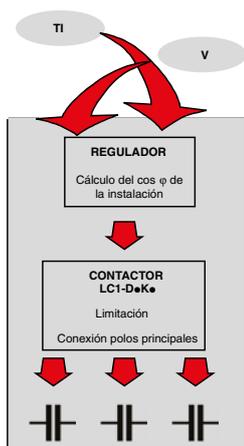


Fig 23: Esquema de principio de un equipo de compensación automático.

Los elementos externos

Para el funcionamiento de un equipo de compensación automático es necesaria la toma de datos de la instalación; son los elementos externos que le permiten actuar correctamente al equipo:

- La lectura de intensidad: Se debe conectar un transformador de intensidad que lea el consumo de la totalidad de la instalación.
- La lectura de tensión: Normalmente se incorpora en la propia batería de manera que al efectuar la conexión de potencia de la misma ya se obtiene este valor. Esta información de la instalación (tensión e intensidad) le permite al regulador efectuar el cálculo del $\cos \varphi$ existente en la instalación en todo momento y le capacita para tomar la decisión de introducir o sacar escalones de potencia reactiva.
- También es necesaria la alimentación a 230 V para el circuito de mando de la batería

Las baterías incorporan unas bornas denominadas (a, b) para este efecto.

Nota: Excepto para las VarSet que incluyen transformador.

El concepto de la regulación

Regulación física y eléctrica

Definición de una batería automática

Los 3 datos que definen una batería automática de condensadores son los siguientes:

- La potencia en kVAr, que vendrá dada por los cálculos efectuados y dependerá del $\cos \varphi$ objetivo que se desea tener en la instalación
- La tensión nominal, que siempre deberá ser mayor o igual a la tensión de red
- La regulación de la batería, que indicará el escalonamiento físico de la misma

Regulación física

El escalonamiento o regulación física de una batería automática indica la composición y el número de los conjuntos condensador-contactador que la forman.

Normalmente se suele expresar como relación de la potencia del primer escalón con el resto de escalones.

Ejemplo

Batería de 70 kVAr, formada por los siguientes escalones de potencias: 10 + 20 + 20 + 20, tiene una regulación 1.2.2, ya que el primer escalón tiene la mitad de potencia que el resto de escalones.

Otra batería de 70 kVAr formada por los siguientes escalones de potencias:
7 escalones de 10 kVAr, tendría una regulación 1.1.1.

Obsérvese en la Fig. 24, la actuación de dos baterías de regulación 1.1.1 y 1.2.2. como las del ejemplo.

La adaptación a la demanda de reactiva de las dos baterías va a ser exactamente la misma a pesar de tener dos regulaciones físicas distintas.

Regulación eléctrica

Realmente, el dato que marca la diferencia de actuación de una batería es la regulación eléctrica. En el ejemplo anterior la regulación eléctrica de ambas baterías es la misma (7 3 10), indica que ambas baterías van a actuar con una regulación mínima de 10 kVAr.

Una batería bien elegida

Desde el punto de vista del precio del equipo, cuantos más escalones físicos tiene la batería, más cara resulta ya que aumentan el número de conjuntos contactador-condensador y el tamaño de la envolvente del equipo.

Desde el punto de vista de la adaptación al $\cos \varphi$ objetivo, cuanto menor sea la regulación eléctrica mejor se podrá adaptar a las variaciones de la demanda de reactiva de la instalación.

Por lo tanto, en una batería bien elegida debe existir un equilibrio entre la regulación eléctrica y física. Los reguladores VarLogic permiten hasta 7 regulaciones distintas con lo que optimizan el coste del equipo proporcionando un máximo de "finura" en la regulación.

Ejemplo

Una batería de 70 kVAr formada por 3 escalones de potencias: 10 + 20 + 40, regulación 1.2.4, proporciona una regulación eléctrica igual a la del ejemplo anterior con un menor precio que la de 7 3 10 ya que son sólo 3 conjuntos contactador-condensador.

El concepto de la regulación

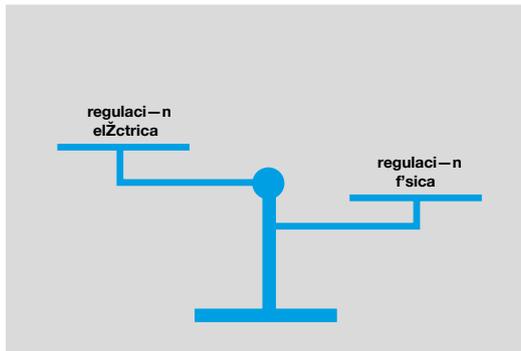


Fig 25: En una batería bien elegida debe existir un equilibrio entre la regulación eléctrica y física.

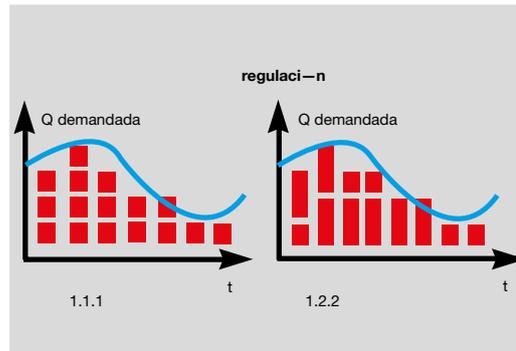


Fig 24: Escalonamiento 1.1.1 y 1.2.2.

El regulador

La programación de un regulador

Los datos que se deben programar en un regulador al realizar la puesta en marcha son los siguientes:

- El $\cos \varphi$ deseado en la instalación
- La relación C/K

Estos datos son únicos para cada instalación y no se pueden programar de fábrica.

Qué es el C/K

El regulador es el componente que decide la entrada o salida de los distintos escalones de potencia en función de 3 parámetros:

- El $\cos \varphi$ que se desea en la instalación
- El $\cos \varphi$ que existe en cada momento en la instalación
- La intensidad del primer escalón (que es el que marca la regulación mínima de la batería)

La entrada de intensidad al regulador se efectúa siempre a través de un TI de relación X/5.

Para que el regulador pueda tomar la decisión de conectar o desconectar escalón debe saber cuál va a ser la intensidad reactiva que va a introducir en la instalación, y esta intensidad debe estar referida al secundario del TI ya que es el valor que el regulador "lee".

La forma de programar este valor es lo que se conoce como C/K y su fórmula es la siguiente:

$$C/K = \frac{Q_1/\sqrt{3} \times U}{R_{TI}}$$

Donde:

Q_1 = potencia reactiva del primer escalón (VAR)

U = tensión FF

R_{TI} = relación TI (X/5)

Ejemplo

Batería de 70 kVA, formada por los siguientes escalones de potencias: 10 + 20 + 40.

Se conecta en una instalación donde el disyuntor general de protección es de 630 A.

El TI que se deberá instalar será 700/5 y el cálculo del C/K será:

$$C/K = 10 \times 1000 / (\sqrt{3} \times 400) / 700/5 = 0,10$$

El concepto de la regulación

La importancia del ajuste del C/K

Para comprender la importancia del ajuste C/K hay que pensar que cada batería tiene un escalonamiento mínimo definido (determinado por la potencia del primer escalón).

Por este motivo la batería no se podrá ajustar al $\cos \varphi$ deseado a no ser que la demanda de la instalación coincida exactamente con dicho valor o un múltiplo del mismo.

Ejemplo:

Batería de 70 kVAr formada por los siguientes escalones: 10 + 20 + 40.

El $\cos \varphi$ objetivo programado en el regulador es = 1.

Los datos de la instalación en un determinado momento son:

$P = 154 \text{ kW}$

$\cos \varphi = 0,97$

Con lo que la Q reactiva necesaria para alcanzar el $\cos \varphi$ deseado sería:

$$Q = P \times (\operatorname{tg} \varphi_{\text{inicial}} - \operatorname{tg} \varphi_{\text{deseado}}) = 1542(0,25 - 0) = 38,5 \text{ kVAr}$$

Como el escalonamiento eléctrico de esta batería es de 7 x 10 kVAr, la batería estaría constantemente fluctuando entre 30 y 40 kVAr.

Para evitar esta actuación inestable existe el ajuste C/K.

Interpretación del ajuste C/K

En la Fig. 26 está representado el significado del ajuste C/K:

- El eje X representa la intensidad activa de la instalación; el eje Y, la intensidad reactiva (inductiva en el semiplano positivo y capacitiva en el negativo)
- Se puede representar en este gráfico cualquier situación del $\cos \varphi$ de la instalación como las coordenadas de un punto (X,Y) atendiendo a las componentes de intensidad activa y reactiva
- Se ha representado la línea cuya pendiente es la $\operatorname{tg} \varphi$, siendo φ el ángulo para el $\cos \varphi$ deseado
- Como se ha visto anteriormente la batería no se puede ajustar exactamente a la demanda de reactiva que existe en cada momento en la instalación, por eso se crea una banda de funcionamiento estable del regulador en la cual a pesar de que el $\cos \varphi$ no sea exactamente el deseado no va a conectar ni desconectar más escalones
- Esa banda es el C/K; por encima de la banda C/K el regulador va a conectar escalones y por debajo los desconecta

Un ajuste demasiado bajo del C/K implicaría un sobretrabajo inútil de los contactores; un C/K demasiado alto supondría una banda estable excesivamente ancha, y por lo tanto no se alcanzaría el $\cos \varphi$ deseado.

- Los reguladores proporcionan la posibilidad de ajuste automático del C/K bajo cualquier condición de carga de la instalación

El ajuste manual permite introducir valores de C/K desde 0,01 hasta 1,99 pudiendo visualizar en pantalla el valor ajustado.

Compensación automática: consejos de instalación

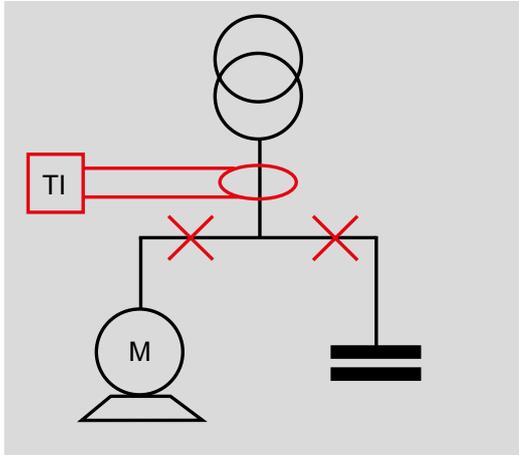


Fig 27: Esquema de conexión a un único embarrado de BT, y ubicación del TI.

La compensación en un solo embarrado

Generalidades

Una instalación en la que haya un único embarrado de BT es de lo más usual. En este tipo de instalaciones la necesidad de potencia reactiva se debe evaluar con los métodos anteriormente definidos.

La compensación se realizará para la totalidad de los receptores de la instalación y el amperaje del transformador de intensidad se determinará en función del total de la intensidad que atraviesa el disyuntor general de protección.

Precauciones en la instalación

Como se ha dicho anteriormente es necesario realizar la instalación complementaria de un transformador de intensidad que "lea" el consumo total de la instalación.

Es indispensable la correcta ubicación del TI, según la Fig. 27, ya que en el caso de efectuar la instalación en los sitios indicados con una cruz el funcionamiento del equipo sería incorrecto.

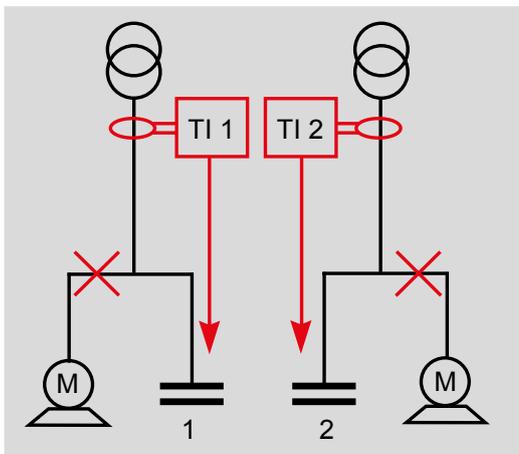


Fig 28: Esquema de conexión a varios embarrados de BT independientes y ubicación del TI.

La compensación en varios embarrados

Embarrados independientes en BT

Otra posible instalación es la que dispone de varios embarrados independientes que no tienen por qué estar conectados a dos transformadores idénticos. Por este motivo la necesidad de potencia reactiva será distinta para cada embarrado y se deberá evaluar separadamente con los métodos anteriormente definidos.

La compensación se realizará para la totalidad de los receptores de la instalación, y el amperaje de los transformadores de intensidad para cada embarrado se determinará independientemente en función del total de la intensidad que atraviesa cada disyuntor general de protección.

Precauciones de instalación

Análogamente al caso anterior, la ubicación de cada TI se deberá realizar de la misma forma, para que lean ambos transformadores el consumo de cada parte de la instalación separadamente.

Compensación automática: consejos de instalación

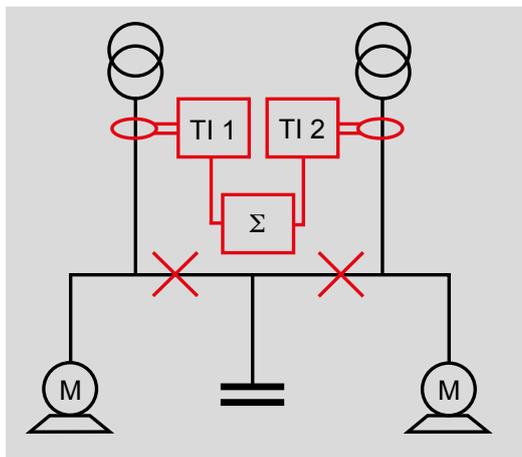


Fig 29: Esquema de conexión en el caso de varios trafos en paralelo y ubicación del TI.

La compensación en un embarrado alimentado por varios trafos

Una instalación diferente a las anteriores es la que dispone de varios trafos conectados en paralelo en el lado de BT.

Transformadores de distribución distintos

La compensación de esta instalación se puede realizar con la colocación de dos baterías automáticas y sus respectivos TI.

Transformadores de distribución iguales

En este caso se puede compensar con una única batería cuyo regulador está alimentado por un transformador sumador, el cual está alimentado a su vez por los TI de cada trafo.

El número máximo de entradas de los sumadores es de 5 (Fig. 29).

Precauciones de instalación

- Transformadores de distribución distintos: Cada batería es alimentada por un TI distinto conectado a la salida de cada trafo. Tanto los ajustes como la instalación se deben considerar como si fueran dos embarrados independientes.
- Transformadores de distribución iguales:
Si se realiza la compensación con una única batería, la única precaución es en el momento de realizar la puesta en marcha: la relación C/K que se debe programar en el regulador debe considerar la suma de todos los TI que alimentan al sumador.

Aparata de protección y maniobra BT



Los elementos que se encuentran aguas arriba de los equipos de compensación están dimensionados según las normas de instalación y por las corrientes absorbidas por el aparellaje.

Cuando los condensadores están funcionando, la corriente que está circulando por ellos depende de la tensión aplicada, de la capacidad y de las componentes armónicas de la tensión.

Las variaciones armónicas pueden llevar a una amplificación de corriente. La norma admite un 30% como valor y hay que añadir las posibles variaciones debidas a la tolerancia de los condensadores.



Disyuntores

Su calibre debe ser elegido en función que permita un reglaje de la protección térmica a:

- $1,36 \times I_n$ ⁽¹⁾ para los equipos estándar
- $1,36 \times I_n$ para los equipos clase SAH (sintonizados a 190 Hz)

El reglaje de las protecciones de cortocircuito (magnéticas) deberá permitir el paso de los transitorios de conexión: $19 \times I_n$



$$(1) I_n = \frac{Q_c}{U_n \sqrt{3}} \text{ corriente nominal sobre } U_n$$

Los fusibles

Hay que utilizar fusibles de tipo Gg y la elección de calibres en función de:

- $1,6 \times I_n$ para los equipos estándar
- $1,5 \times I_n$ para los equipos clase SAH (sintonizados)

Los cables de potencia

Se deberán sobredimensionar para una corriente de $1,5 I_n$ mínimo.

Sección

De cualquier forma la sección de los cables de potencia debe ser compatible con: La temperatura ambiente, alrededor de los conductores. Su situación (en bandeja, subterráneo, trenzados, etc.).

¿Qué dice el Reglamento BT?

ITC-BT 48

Los aparatos de corte y protección de los condensadores deberán soportar en régimen permanente de 1,5 a 1,8 veces la I_n asignada a cada condensador.

Aparamenta de protección y maniobra BT

Q (kVAr) 400 V	Interruptor automático	Interruptor seccionador
25	NSX 63	INS 63
50	NSX 125	INS 125
75	NSX 250	INS 250
100	NSX 250	INS 250
125	NSX 250	INS 250
150	NSX 400	INS 400
200	NSX 630	INS 630
250	NSX 630	INS 630
300	NS 800	INS 800
400	NS 1000	INS 1000
500	NS 1250	INS 1250
600	NS 1600	INS 1600
700	NS 1600	INS 1600
800	NS 2000	INS 2000
900	NS 2000	INS 2000
1000	NS 2500	INS 2500
1100	NS 2500	INS 2500
1200	NS 3000	INS 3000

Q (kVAr) 230 V	Interruptor automático	Interruptor Seccionador
12,5	NSX 63	INS 63
25	NSX 125	INS 125
37,5	NSX 160	INS 1600
50	NSX 250	INS 250
62,5	NSX 250	INS 250
75	NSX 400	INS 400
100	NSX 400	INS 400
125	NSX 630	INS 630
200	NS 800	INS 800
250	NS 1000	INS 1000
300	NS 1250	INS 1250
350	NS 1600	INS 1600
400	NS 1600	INS 1600
500	NS 2000	INS 2000
600	NS 2500	INS 2500

Q (kVAr) 480 V	Interruptor automático	Interruptor Seccionador
25	NSX 63	INS 63
50	NSX 125	INS 125
75	NSX 160	INS 160
100	NSX 250	INS 250
150	NSX 400	INS 400
250	NSX 630	INS 630
350	NSX 630	INS 630
450	NS 800	INS 800
600	NS 1250	INS 1250
700	NS 1600	INS 1600





02. Armónicos

Origen y consecuencias	34
Generalidades sobre los armónicos	35
Efectos de los armónicos sobre las cargas	39
Ventajas de la reducción de los armónicos	42
Soluciones Schneider Electric	45
Soluciones para instalaciones ya existentes	48
Soluciones para una nueva instalación	57
Normativa	60
Información adicional	64

Origen y consecuencias

Armónicos: origen y consecuencias

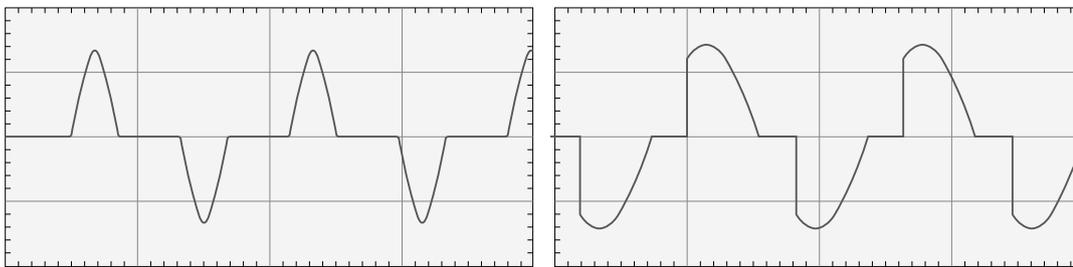
La presencia de armónicos en los sistemas eléctricos provoca que la corriente y la tensión se distorsionen y se desvíen de la representación típica de una onda sinusoidal.

Las corrientes armónicas son causadas por las cargas no lineales que están conectadas al sistema de distribución eléctrica. Se dice que una carga es no lineal cuando la corriente que dibuja no tiene la misma forma de onda que la tensión de alimentación. La circulación de las corrientes armónicas a través de las impedancias del sistema crea, a su vez, armónicos de tensión que distorsionan la tensión de alimentación.

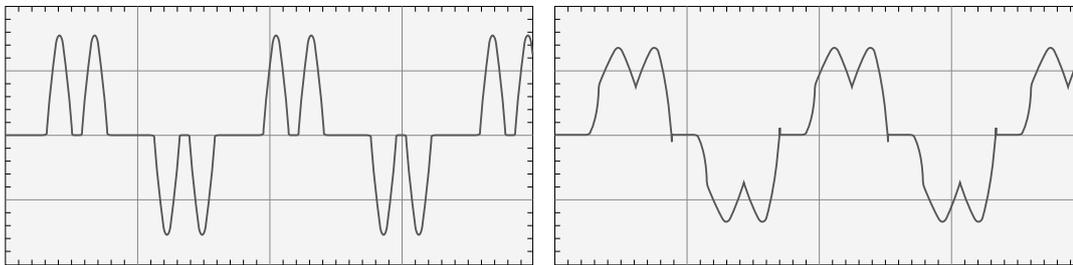
En las siguientes imágenes, se muestran formas de onda de corriente típicas para una carga no lineal monofásica (superior) y para una trifásica (inferior).

Cargas no lineales

• Monofásicas



• Trifásicas



Los equipos que se componen de circuitos electrónicos de potencia son cargas no lineales típicas. Estas cargas son cada vez más frecuentes en todas las instalaciones industriales, comerciales y residenciales, y su porcentaje en el conjunto del consumo eléctrico crece sin cesar.

Estos son algunos ejemplos de cargas no lineales:

- Equipos industriales (soldadoras, hornos de arco y de inducción, cargadores de baterías)
- Variadores de velocidad para motores de CA o CC
- Equipos de alimentación ininterrumpida (SAIS, UPS)
- Equipos de oficina (PC, impresoras, servidores, etc.)
- Aparatos domésticos (televisores, hornos microondas, luces fluorescentes, reductores de luz)

Las principales consecuencias de la presencia de armónicos son el aumento de la corriente RMS en los diferentes circuitos y el deterioro de la calidad de la tensión de alimentación. El impacto negativo provocado por los armónicos puede pasar inadvertido, pero al mismo tiempo puede ocasionar unos resultados económicos desfavorables. Por este motivo, una reducción adecuada de los armónicos contribuirá a mejorar la competitividad de las empresas de varias formas diferentes:

- Con la reducción de sobrecarga del sistema eléctrico, lo que libera capacidad disponible
- Con la reducción de las pérdidas del sistema y de la potencia de demanda
- Con la reducción de los riesgos de cortes de alimentación
- Con el aumento de la vida útil de los equipos

Generalidades sobre los armónicos

Introducción

Los armónicos se definen habitualmente con los dos datos más importantes que les caracterizan, que son:

- Su amplitud: Hace referencia al valor de la tensión o intensidad del armónico.
- Su orden: Hace referencia al valor de su frecuencia referido a la fundamental (50 Hz).

Así, un armónico de orden 5 tiene una frecuencia 5 veces superior a la fundamental, es decir $5 \times 50 \text{ Hz} = 250 \text{ Hz}$.

El valor eficaz

El valor eficaz de una onda distorsionada se obtiene calculando la suma cuadrática de los diferentes valores de la onda para todos los órdenes armónicos existentes para dicha onda:

Valor eficaz de I:

$$I(A) = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

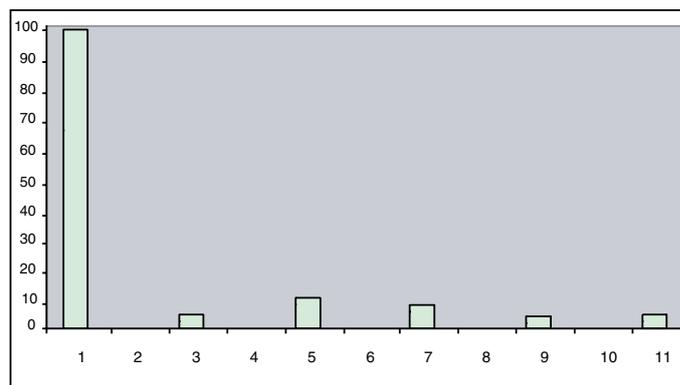
De este cálculo se deduce que el valor eficaz de todas las componentes armónicas es el siguiente:

$$I_n(A) = \sqrt{I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

Este cálculo permite intuir uno de los principales efectos de los armónicos que es el aumento de la intensidad eficaz que atraviesa una instalación debido a las componentes armónicas que lleva asociada una onda distorsionada.

Habitualmente, la definición de la aparamenta y de los cables o canalizaciones de la instalación se realiza a partir de la intensidad nominal a la frecuencia fundamental, por lo que todos estos componentes de la instalación no están diseñados para soportar todo el exceso de intensidad armónica.

Gráfico tipo del espectro de frecuencia



Con el espectro de frecuencias, también llamado análisis espectral, se puede llegar a saber qué tipo de generadores de armónicos hay en la red.

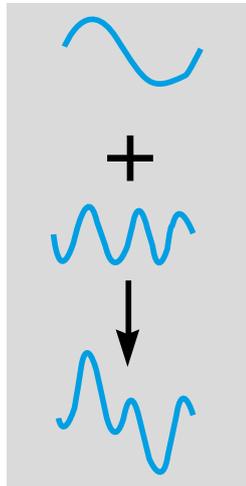


Fig. 30: Descomposición de una onda distorsionada.

Generalidades sobre los armónicos

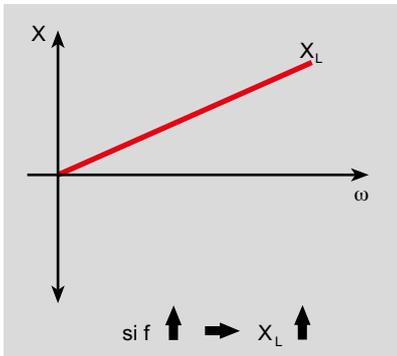


Fig. 35: Variación de la impedancia inductiva en función de la frecuencia.

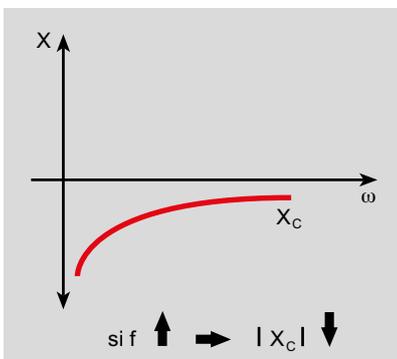


Fig. 36: Variación de la impedancia capacitiva en función de la frecuencia.

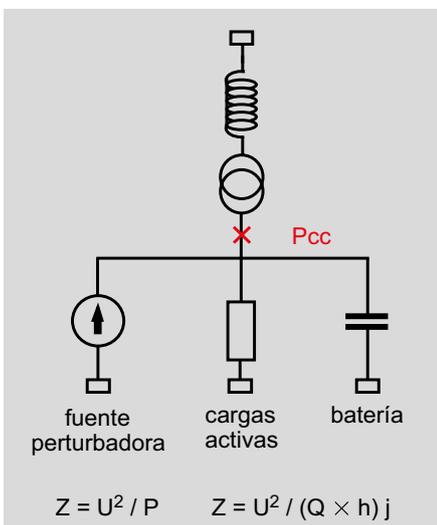


Fig. 37: Modelización de una instalación tipo.

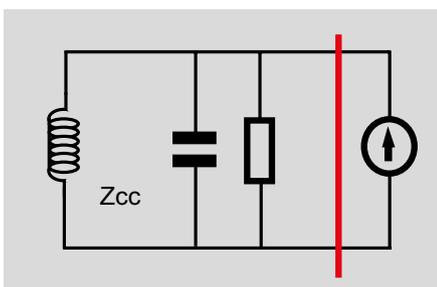


Fig. 38: Esquema equivalente de la instalación.

Conceptos previos

Impedancias características

En la Fig. 35 se ha representado la variación de la impedancia de una inductancia respecto a la frecuencia.

La fórmula que determina dicha función es la siguiente:

$$X_L = L \times \omega = L \times 2 \times \pi \times f$$

Análogamente, en la Fig. 36 se ha representado la misma curva para una impedancia capacitiva.

La fórmula equivalente para este caso es:

$$X_C = \frac{-1}{\pi \times C} = \frac{-1}{(2 \times \pi \times f) \times C}$$

Esquema equivalente de una instalación tipo

Para proceder al análisis armónico de una instalación se realiza una modelización de la red considerando las cargas no lineales como fuentes de intensidad armónicas.

En la Fig. 37 se ha representado una instalación tipo en la que se han agrupado todas las cargas de la instalación en tres tipos:

- Cargas generadoras de armónicos
- Cargas no generadoras (lineales)
- Condensadores para compensación de la energía reactiva

La Fig. 38 muestra el esquema equivalente de la instalación modelizada anteriormente visto desde el embarrado general de BT.

Hay que destacar que todo lo situado aguas arriba del embarrado de BT (el transformador y la impedancia de red) son vistos como una impedancia inductiva.

La resonancia paralelo

Como se ha citado en el apartado anterior, toda la instalación situada aguas arriba del embarrado (cables, transformador, PCC de red, etc.) queda simplificada como una impedancia inductiva por lo que tal y como se ve en la Fig. 38, aparece una impedancia inductiva en paralelo con la batería de condensadores.

Esta asociación (inductancia y condensador en paralelo) provoca el fenómeno de la resonancia paralelo del sistema, por la cual, a una frecuencia determinada, el valor de la impedancia inductiva del sistema se hace muy elevado.

La representación de la impedancia en función de la frecuencia, para un sistema que presenta resonancia paralelo, se ha realizado en la Fig. 39 de la página siguiente, donde también se representa la impedancia del sistema sin batería de condensadores.

Generalidades sobre los armónicos

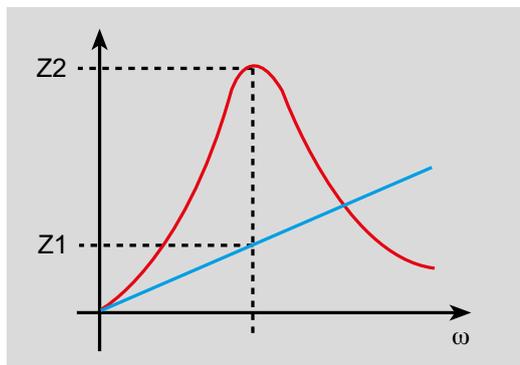


Fig. 39: Resonancia paralelo y factor de amplificación.

El factor de amplificación

En la Fig. 39 se observa la diferencia de impedancias:

- Z1: impedancia de la instalación sin batería de condensadores (azul)
- Z2: impedancia de la instalación con batería de condensadores (rojo)

La diferencia entre estos dos valores de impedancia es el factor de amplificación.

La presencia de una batería de condensadores en una instalación no genera armónicos, sin embargo puede amplificar los armónicos existentes agravando el problema.

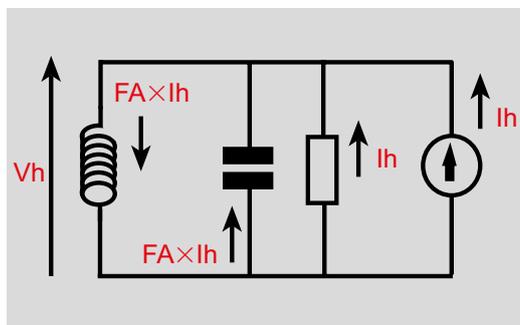


Fig. 40: Amplificación de intensidades armónicas en una instalación modelizada.

La amplificación

Determinación del riesgo de amplificación de corrientes armónicas

Para comprobar de una forma rápida si en una red puede existir un riesgo importante de que se presente el fenómeno de la amplificación, se debe analizar lo siguiente:

- Que haya armónicos que puedan ser amplificados; es decir, que la frecuencia de resonancia paralelo del sistema coincida con un rango próximo al de los armónicos presentes en la instalación.

La frecuencia de resonancia se puede calcular estimativamente con la siguiente fórmula:

$$h_{rp} = \frac{\sqrt{P_{cc}}}{Q}$$

Donde:

h_{rp} = Rango de la frecuencia de resonancia paralelo

P_{cc} = Potencia de cortocircuito en el punto de conexión de la batería

Q = Potencia de la batería de condensadores

- Que el factor de amplificación tenga un valor importante:

$$FA = \frac{\sqrt{Q \times P_{cc}}}{P}$$

Donde:

FA = Factor de amplificación

P_{cc} = Potencia de cortocircuito en el punto de conexión de la batería

Q = Potencia de la batería de condensadores (kVAR)

P = Potencia activa de la instalación (kW)

Generalidades sobre los armónicos

Medida de los armónicos: distorsión

La mayor o menor presencia de armónicos en una red se denomina distorsión y su magnitud se cuantifica por las tasas de distorsión armónica:

- Th: Tasa de distorsión individual:

Representa en % la importancia de cada armónico respecto al valor de la fundamental:

$$Th (\%) = A_n/A_1$$

Donde:

A_n = Valor de tensión o intensidad del armónico de orden h

A_1 = Valor de tensión o intensidad a la frecuencia fundamental (50 Hz)

- THD: Tasa de distorsión global:

Representa en % la importancia del total de la distorsión respecto al valor de la fundamental o respecto al valor total de la onda.

Existen dos formas de identificar dicho valor según la CIGREE y según la IEC 555:

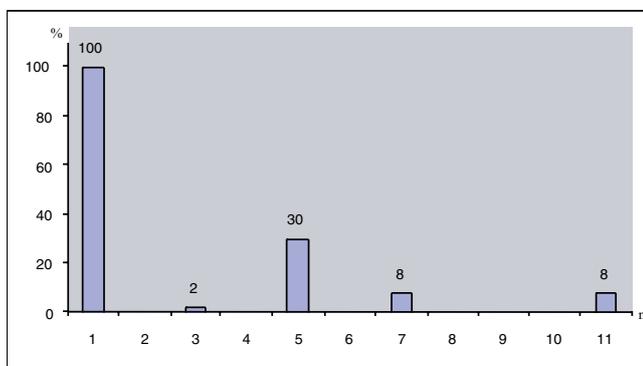
$$THD_{CIGREE} = \frac{\sqrt{\sum_2^h A_n^2}}{A_1} \quad THD_{IEC 555} = \frac{\sqrt{\sum_2^h A_n^2}}{\sum_1^h A_n^2}$$

Para conocer la situación real de las instalaciones sobre el grado de contaminación armónica, los valores de trabajo son:

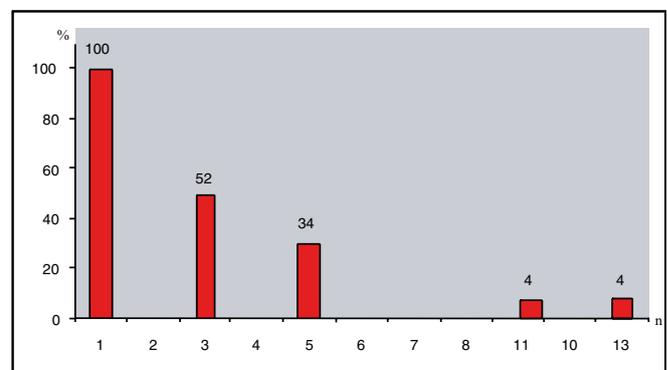
- **La tasa de distorsión armónica global en tensión [THD(U)]** determina la deformación de la onda de tensión, e indica la relación existente entre la suma de las tensiones de los armónicos y la tensión de la fundamental, expresándose en %
- **La tasa de distorsión armónica global en corriente [THD(I)]** determina la deformación de la onda de corriente, e indica la relación existente entre la suma de las corrientes de los armónicos y la corriente de la fundamental, expresándose en %
- **El espectro de frecuencias (TFT)** es un diagrama de barras que proporciona la magnitud de cada armónico en función de su rango. Su estudio permite determinar cuáles son los armónicos presentes y su importancia respectiva.

Los interarmónicos

Los interarmónicos son componentes sinusoidales que no tienen frecuencias múltiplo entero de la frecuencia fundamental (por tanto, situados entre los armónicos). Éstos son debidos a las variaciones periódicas o aleatorias de la potencia absorbida por diferentes receptores como hornos de arco, máquinas de soldar y convertidores de frecuencia (variadores de velocidad, cicloconvertidores).



Espectro armónico correspondiente a equipos industriales: hornos de arco y de inducción, máquinas de soldar, rectificadores, etc.



Espectro armónico correspondiente a variadores de velocidad para los motores asíncronos o los motores de corriente continua.

Efectos de los armónicos sobre las cargas

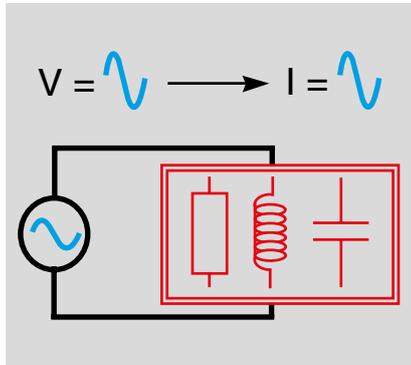


Fig. 31: Las cargas lineales tales como inductancias, condensadores y resistencias no generan armónicos.

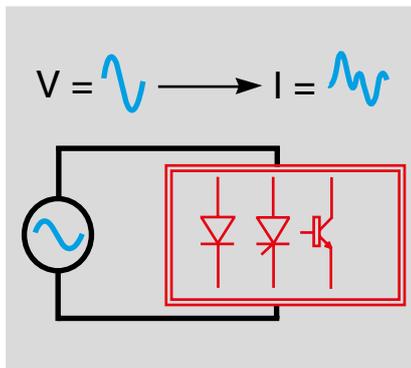


Fig. 32: Las cargas no lineales son las que generan armónicos.



Los generadores de armónicos

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales que, a pesar de ser alimentadas con una tensión senoidal, absorben una intensidad no senoidal.

Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red.

Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc.

Otro tipo de cargas tales como reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también inyectan armónicos.

El resto de cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos: Inductancias, resistencias y condensadores.

Principales fuentes de armónicos

Son cargas que es posible distinguir según sus dominios, industriales o domésticos:

- Cargas industriales:
 - Equipamientos de electrónica de potencia: variadores de velocidad, rectificadores, onduladores, etc.
 - Cargas que utilizan arco eléctrico: hornos de arco, máquinas de soldar, iluminación (lámparas fluorescentes, etc.). Los arranques de motores con arrancadores electrónicos y los enganches de transformadores de potencia son también generadores de armónicos (temporales)
 - Cargas domésticas: televisores, hornos microondas, placas de inducción, ordenadores, impresoras, lámparas fluorescentes, etc.

En la tabla se citan, a título orientativo, distintos receptores con unas indicaciones sobre el espectro armónico en intensidad inyectado.

Tipo de carga	Armónicos generados	Comentarios
Transformador	Orden par e impar	Componente en CC
Motor asíncrono	Orden impar	Inter y subarmónicos
Lámpara descarga	3.º+ impares	Puede llegar al 30% de I1
Soldadura arco	3.º	-
Hornos arco CA	Espectro variable inestable	No lineal-asimétrico
Rectificadores con filtro inductivo	$h = K \times P \pm 1$ $I_h = I_1/h$	SAI-variadores V
Rectificadores con filtro capacitivo	$h = K \times P \pm 1$ $I_h = I_1/h$	Alimentación equipos electrónicos
Cicloconvertidores	Variables	Variadores V
Reguladores PWM	Variables	SAI-convertidor CC-CA

Fig. 33: Indicaciones sobre el espectro armónico inyectado por diferentes cargas.

Efectos de los armónicos sobre las cargas



Condensador VarPlus²

En los equipos principales aparecen 2 tipos de efectos: los efectos inmediatos o a corto plazo y los efectos a largo plazo.

Los efectos inmediatos o a corto plazo:

- Disparo intempestivo de las protecciones
- Perturbaciones inducidas de los sistemas de corriente baja (telemando, telecomunicaciones)
- Vibraciones y ruidos anormales
- Deterioro por sobrecarga térmica de condensadores
- Funcionamiento defectuoso de las cargas no lineales

Por otro lado, los efectos a largo plazo causados por una sobrecarga de corriente que provoca calentamientos y, por tanto, un desgaste prematuro de los equipos.

Los equipos afectados y sus efectos son:

- Condensadores de potencia:
 - Pérdidas y calentamientos adicionales
 - Reducción de las posibilidades de utilización a plena carga
 - Vibraciones, desgaste mecánico
 - Molestias acústicas
- Motores:
 - Pérdidas y calentamientos adicionales
 - Reducción de las posibilidades de utilización a plena carga
 - Vibraciones, desgaste mecánico
 - Molestias acústicas
- Transformadores:
 - Pérdidas y calentamientos adicionales
 - Vibraciones mecánicas
 - Molestias acústicas
- Interruptor automático:
 - Los efectos son disparos intempestivos debidos a la superación de los valores de cresta de la corriente
- Cables:
 - Pérdidas dieléctricas y químicas adicionales, especialmente en el neutro en caso de presencia de armónicos de orden 3
 - Calentamientos
- Ordenadores:
 - Los efectos que provocan son perturbaciones funcionales que generan pérdidas de datos o funcionamiento defectuoso de los equipos de control
- Electrónica de potencia:
 - Los efectos que provocan son perturbaciones relacionadas con la forma de onda: conmutación, sincronización, etc.

Efectos de los armónicos sobre las cargas

Efectos de los armónicos	Causa	Consecuencia
Sobre los conductores	Las intensidades armónicas provocan el aumento de la IRMS El efecto pelicular (efecto "skin") reduce la sección efectiva de los conductores a medida que aumenta la frecuencia	Disparos intempestivos de las protecciones Sobrecalentamiento de los conductores
Sobre el conductor de neutro	Cuando existe una carga trifásica + neutro equilibrada que genera armónicos impares múltiplos de 3	Cierre de los armónicos homopolares sobre el neutro que provoca calentamientos y sobreintensidades
Sobre los transformadores	Aumento de la IRMS Las pérdidas por Foucault son proporcionales al cuadrado de la frecuencia, las pérdidas por histéresis son proporcionales a la frecuencia	Aumento de los calentamientos por efecto Joule en los devanados Aumento de las pérdidas en el hierro
Sobre los motores	Análogas a las de los transformadores y generación de un campo adicional al principal	Análogas a las de los transformadores más pérdidas de rendimiento
Sobre los condensadores	Disminución de la impedancia del condensador con el aumento de la frecuencia	Envejecimiento prematuro, amplificación de los armónicos existentes

Fig. 34: Tabla resumen de los efectos causados por los armónicos, sus causas y consecuencias.

Las corrientes armónicas aumentan la corriente RMS en los diferentes circuitos y deterioran la calidad de la tensión de alimentación. Estas corrientes aumentan la tensión en la red eléctrica y pueden causar daños en los equipos; en ese caso, pueden interrumpir el funcionamiento normal de los diferentes dispositivos y aumentar los costes operativos.

Entre los síntomas que denotan niveles de armónicos problemáticos se incluyen el recalentamiento de transformadores, motores y cables; el disparo por temperatura de los equipos de protección y los fallos de lógica en los dispositivos digitales. Además, la vida útil de muchos dispositivos puede verse reducida a consecuencia de elevadas temperaturas de funcionamiento.

Efectos inmediatos

- Los armónicos pueden deteriorar los controladores que se utilizan en los sistemas electrónicos y afectar negativamente a la conmutación de los tiristores debido al desplazamiento del paso por cero de la onda de tensión.
- Los armónicos pueden provocar vibraciones y ruido audible en las máquinas eléctricas (motores, transformadores, inductancias).
- Los armónicos también reducen la capacidad disponible del sistema, ya que aumentan el consumo de éste, como consecuencia de una mayor circulación de corriente (RMS) y de demanda de potencia activa.

Efectos a largo plazo

- Calentamiento y degradación de los condensadores (pérdida de capacidad)
- Calentamiento debido a las pérdidas adicionales en los transformadores
- Calentamiento de los embarrados, cables y equipos
- Daños térmicos en motores y en generadores de inducción

La distorsión armónica total THD es el parámetro habitual para evaluar el nivel de distorsión de una señal alterna (consulte la definición en «Más información»). La distorsión de tensión THDu se tiene en cuenta normalmente en el ámbito de la instalación, mientras que la distorsión de corriente THDi suele tenerse en cuenta en los equipos no lineales.

Ventajas de la reducción de los armónicos

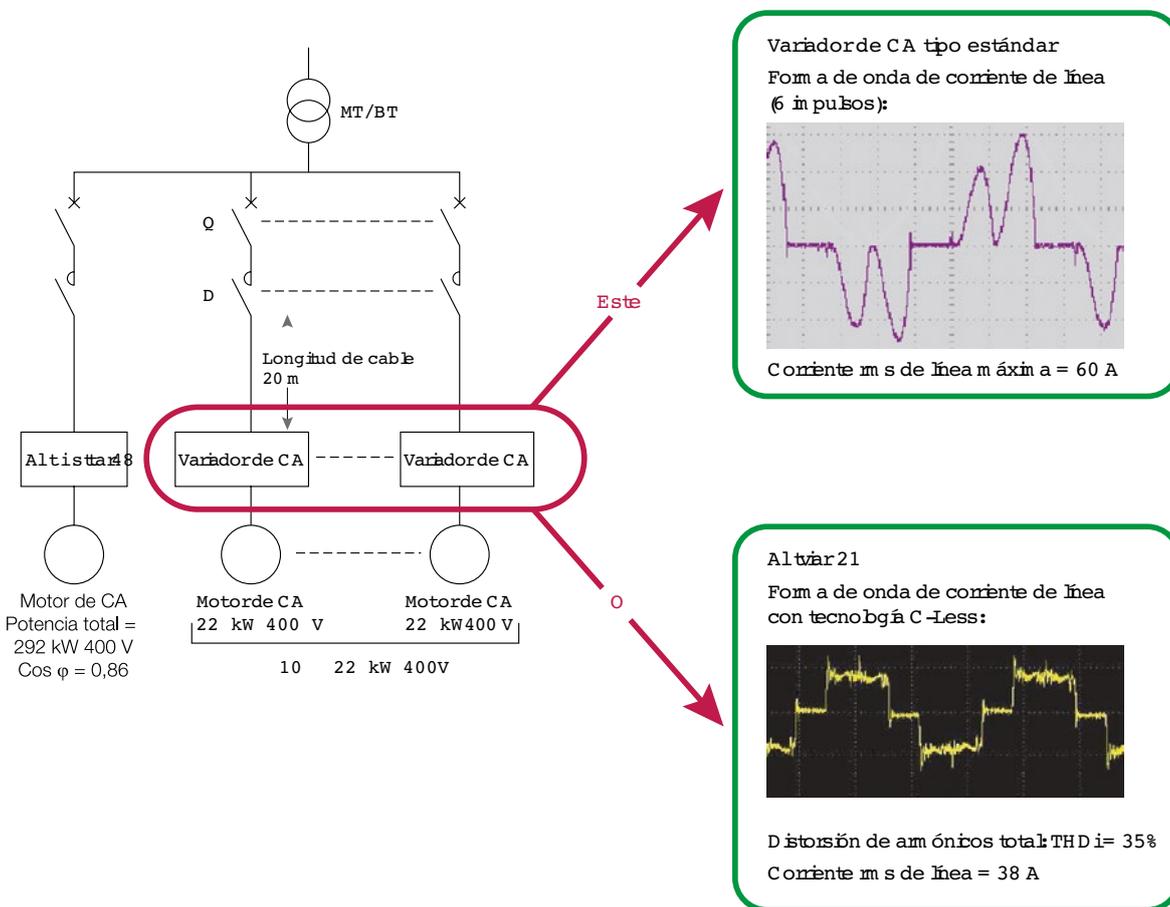
Ventajas de la reducción de los armónicos

La reducción de los armónicos ofrece varias ventajas que se pueden traducir en ahorros económicos tanto para el inversor como para el usuario. Y contribuye a mejorar la competitividad de las empresas de diferentes modos:

- Se puede conseguir una reducción de hasta un 25% en el Capex y el Opex.
- Se alcanza un rendimiento empresarial mejor porque se reduce considerablemente el tiempo de inactividad y se alarga la vida útil de los equipos: hasta un 32% en las máquinas monofásicas, hasta un 18% en las máquinas trifásicas y hasta un 5% en los transformadores.

Schneider Electric ofrece soluciones que potencian al máximo el ahorro cuando la inversión en dichas soluciones se compensa con el coste de los equipos de reducción (o eliminación) de los armónicos, con lo que se obtiene una rentabilidad de la inversión (ROI) ajustada.

Para ilustrar estas ventajas, se muestra el siguiente ejemplo, de una instalación en la que se dan dos situaciones diferentes.



En ambos casos, el transformador se elige para mantener la distorsión de tensión total (THDu) por debajo del 5%. Se han tenido en cuenta los factores de uso y simultaneidad para una calibración adecuada de los equipos.

- Una reducción de hasta un 25% en el Capex y el Opex
- Un mayor rendimiento empresarial: una importante reducción del tiempo de inactividad, un aumento de la vida útil de los equipos

Ventajas de la reducción de los armónicos

Reducción de los gastos de capital (Capex)

Cómo ahorrar en Capex es una constante preocupación para el inversor. La gestión de la componente armónica ofrece la oportunidad de lograr un ahorro considerable. Nos centraremos en el coste de los equipos y no trataremos otros tipos de ahorro, como el de espacio o el del coste de la mano de obra. La reducción de los armónicos disminuye el valor RMS de la corriente, así como la sección de los cables, el calibre de los interruptores automáticos y los contactores.

En nuestro ejemplo, el Capex total para la instalación global se ha reducido en un 15%.

	Sin reducción	Con reducción	Diferencia de Capex
Corriente de línea de variador	60 A	38 A	
Transformador	800 kVA	630 kVA	- 11%
Cables	16 mm ²	10 mm ²	- 43%
Disyuntores	NS80HMA80	NS80HMA50	- 9%
Contactores	TeSys D50	TeSys D32	- 40%
Total			- 15%

Reducción de los gastos operativos (Opex)

El Opex se reduce de distintas maneras:

- Generalmente, la reducción de la componente armónica contribuye a reducir las pérdidas de potencia en transformadores, cables, aparamenta, etc. El ahorro máximo se obtendrá teniendo en cuenta las mismas especificaciones de los equipos. En el ejemplo, el ahorro energético resulta menos importante en comparación con el consumo eléctrico anual, ya que la ventaja de las corrientes inferiores se ha contrarrestado con un aumento de la impedancia de los cables y de los transformadores más pequeños seleccionados
- La reducción de los armónicos también permite reducir la potencia contratada al comercializador de energía. Este ahorro depende de la elección del comercializador

En la mayoría de los casos, el ahorro puede llegar a ser de hasta un 10% de la factura eléctrica.

En el ejemplo, el ahorro anual de Opex es aproximadamente de 4.500 €.

Mayor rendimiento empresarial

Los armónicos son los responsables del aumento de las corrientes de línea, que dan lugar a pérdidas de potencia adicionales y a un aumento de la temperatura en los transformadores, cables, motores, condensadores, etc.

La consecuencia de esto puede ser el disparo intempestivo de los interruptores automáticos o de los relés de protección, así como una reducción de la vida útil de los equipos. Por ejemplo: Un aumento de 10 °C en la temperatura de funcionamiento de un motor dará lugar a una reducción de su vida útil de un 50%. Los costes de mantenimiento y reparación pueden resultar elevados, pero seguirán siendo relativamente bajos en comparación con las pérdidas económicas derivadas de la interrupción del proceso productivo.

A continuación, se muestran algunos ejemplos del aumento de coste relacionado con los eventos no deseados en el suministro eléctrico de algunas industrias de alto valor añadido.

Industria	Pérdidas económicas por evento
Procesamiento de pastillas semiconductor	3.800.000 €
Compañía financiera	6.000.000 € por hora
Centro de datos	750.000 €
Telecomunicación	30.000 € por minuto
Siderurgia	350.000 €
Industria del vidrio	250.000 €

Ventajas de la reducción de los armónicos

Reducción del Capex y el Opex

Las consecuencias económicas y el tiempo de inactividad pueden reducirse considerablemente mediante acciones proactivas, entre ellas, la reducción de armónicos.

Fluctuación del consumo de la energía reactiva

Equipos como las máquinas de soldadura, los hornos de inducción, los ascensores, las trituradoras, etc. funcionan con variaciones de carga rápidas y frecuentes; estas provocan cambios rápidos en los requisitos de la potencia reactiva que se demanda. La presencia de esta potencia reactiva en las redes de distribución es la responsable de las caídas de tensión de las líneas; ésto da lugar a fluctuaciones rápidas de la tensión, que son percibidas por el usuario. Esto produce parpadeos en la luz y causa perturbaciones en los equipos sensibles.

Los generadores de energías renovables, como parques eólicos, granjas solares y pequeñas centrales hidroeléctricas, están suministrando la energía reactiva, que las compañías eléctricas solicitan. El objetivo es ofrecer soporte de tensión en el punto de conexión y reducir el efecto de una red débil.

En todas estas situaciones, los mejores resultados se obtienen mediante una compensación de la energía reactiva de forma rápida y continuada (compensación en tiempo real).

Mejorar la calidad de la energía

Evite las fluctuaciones de tensión que son provocadas por los parpadeos de intensidad (flicker) y por las perturbaciones en los equipos sensibles.

Mantener el nivel de tensión

Una compensación rápida y continuada contribuye a la eficiencia de los generadores de energías renovables conectados a la red.

Soluciones para la atenuación de armónicos. Filtros activos

Aplicaciones	Necesidades	Beneficios
Depuradoras y desaladoras Industrias textil, papelera, farmacéutica Fundiciones Plataformas petrolíferas, barcos	THDu generalmente < 5% Distorsión total de la demanda (TDD), ajustada a un valor adecuado para evitar daños a otros equipos presentes en la instalación	Cumplir con la normativa vigente, por la reducción de los armónicos Reduce los efectos de los armónicos en los equipos instalados Aumento de la capacidad disponible al mejorar el factor de potencia
Hornos de inducción Motores de CC y grúas	Compensación de la ER, en un ambiente muy polucionado	Elimina la alta fluctuación armónica Suministro de kVAr en tiempo real, reduciendo las fluctuaciones de tensión
Centros de datos Hospitales Ind. de productos microelectrónicas	Apto para requerimientos de actividades críticas incorporan fuente de alimentación con generadores, UPS	Reducción de armónicos. Corrección del factor de potencia cuando están en la salida de los UPS
Soldadoras Aerogeneradores Aparatos de rayos X y resonancia magnética	Compensación en tiempo real	Compensación en tiempo real Eliminación de los flicker Mejorar el tiempo de diagnóstico en los equipos

Soluciones Schneider Electric

Oferta del producto



Schneider Electric es especialista en la reducción (o eliminación) de la componente armónica y ofrece una amplia gama de soluciones adaptadas a cada necesidad. Hacer la mejor elección depende siempre de una gran variedad de factores; por eso, en Schneider Electric asesoramos a nuestros clientes para proporcionarles una solución adecuada y optimizada que satisfaga sus necesidades.

A continuación, se ofrece una breve descripción de las soluciones para la reducción (o eliminación) de los armónicos existentes en la instalación.

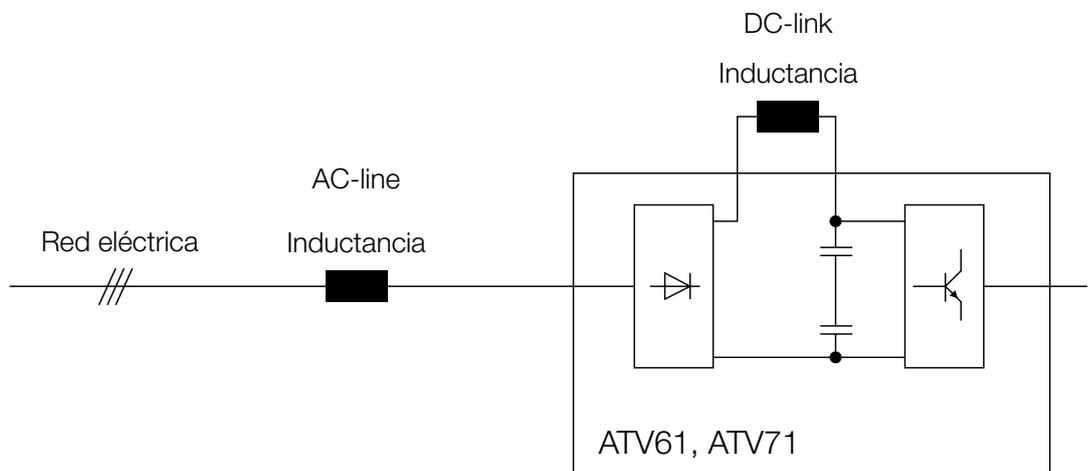
Tecnología C-less

Esta tecnología combinada con el algoritmo de control avanzado reduce la THDi hasta un 35%. Esta solución ha sido adoptada para el Altivar ATV21, que se utiliza en las bombas centrífugas, en los ventiladores y en las máquinas de HVAC.



Inductancias de línea CA o Inductancias de CC para variadores

Las inductancias de línea se utilizan en equipos con una potencia unitaria de hasta 500 kW o con una potencia total de variadores de hasta 1.000 kW. En este rango de potencia, el transformador deberá tener una potencia al menos 2,5 veces superior a la de los variadores. En función del tamaño y del cableado del transformador, la THDu resultante estará en torno al 6%. Este valor podría suponer algunos inconvenientes, sobre todo a la hora de compensar la energía reactiva, pero generalmente es un valor aceptado para las redes industriales.



Si las inductancias de línea CA o Inductancias de CC no resultasen suficientes para un gran variador, el siguiente paso que debe tenerse en cuenta es una disposición de múltiples pulsos.

Cuando existe un gran número de variadores en una instalación, se recomienda el uso de inductancias de línea CA o de CC para cada variador individual. Esta medida aumenta la vida útil de los variadores y permite utilizar soluciones de reducción que son rentables por lo que se refiere a su instalación, como por ejemplo, los filtros activos.

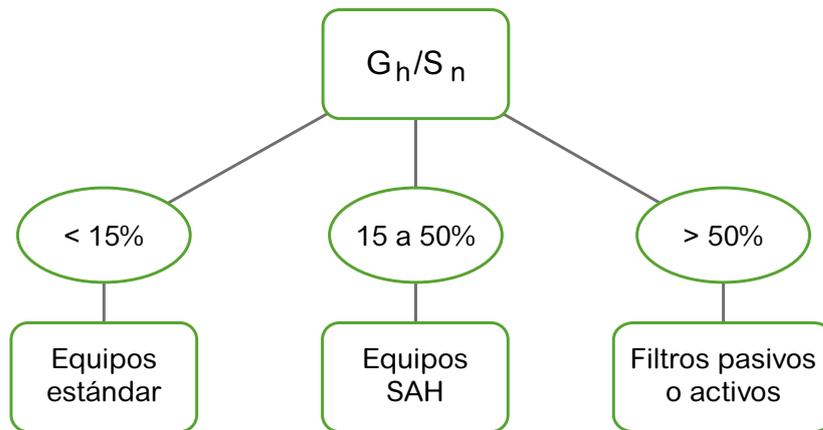
Soluciones Schneider Electric

Soluciones que incluyen baterías de condensadores

Cuando se necesitan baterías de condensadores para la corrección del factor de potencia, se deben tener en cuenta dos parámetros:

- Gh: Potencia total de cargas no lineales
- Sn: Potencia nominal del transformador de alimentación

En función del nivel de armónicos presentes en la instalación, pueden elegirse diferentes tipos de equipos. Esta elección se basa en el valor de la relación de Gh/Sn, según se muestra en la siguiente figura:

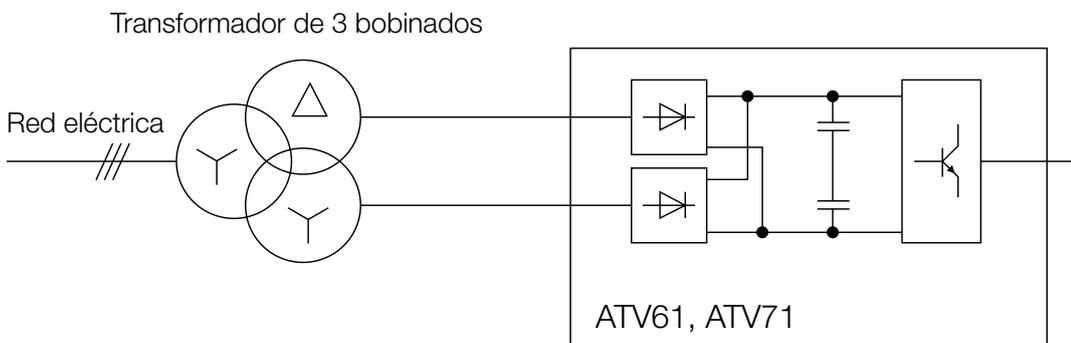


Los filtros pasivos están constituidos por inductancias y condensadores en una configuración del circuito resonante, ajustados a la frecuencia del rango armónico que se desee eliminar. Un sistema puede estar constituido por varios filtros que permiten eliminar diferentes rangos armónicos.

Arranque multipulso

El arranque multipulso se utiliza normalmente para variadores de más de 400 kW, pero también podría resultar una buena elección para potencias inferiores. Hay que utilizar un transformador dedicado MT/BT. Habitualmente, se utiliza un transformador de 3 bobinados que ofrece una alimentación de 12 pulsos para el variador. Esta configuración limita considerablemente la emisión de armónicos y, normalmente, no se requiere ninguna reducción adicional. Además, las soluciones de múltiples impulsos son las más eficaces por lo que se refiere a las pérdidas de potencia.

También permiten cumplir fácilmente la norma IEEE-519.



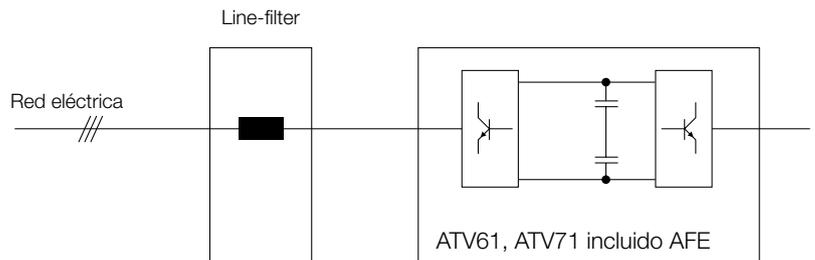
Las configuraciones de 18 y 24 impulsos, pueden ser utilizadas en otros países.

Soluciones Schneider Electric



Extremo frontal activo (AFE)

Un AFE constituye la solución de reducción de la componente armónica de mayor rendimiento, ya que limita la THDi por debajo del 5%. Permite que se cumplan todos los requisitos de las normativas aplicables. No se requiere ninguna evaluación detallada del sistema, por lo que esta solución resulta muy fácil de implantar. Además de la reducción de armónicos, esta solución conlleva la regeneración de potencia y la corrección del factor de potencia.



Filtros Activos

Schneider Electric ofrece 3 gamas diferentes de filtros activos: AccuSine PCSn, AccuSine PCS+ y AccuSine Solución, que cubren una gran variedad de las necesidades de los clientes (los nombres de las gamas pueden variar de un país a otro). Sus características principales se resumen a continuación.

AccuSine PCSn

- Conexión de tres o cuatro hilos (trifásica o trifásica + neutro)
- Alimentación de 208V a 415V / 50Hz- 60Hz
- Unidades de 20A a 60A, con posibilidad de funcionamiento en paralelo de hasta 12 unidades y no necesariamente de la misma potencia
- Eliminación de hasta el armónico H51

AccuSine PCS+

- Conexión de tres hilos
- Alimentación de 208V a 690V / 50Hz- 60Hz a 690 V (posibilidad de un mayor nivel de tensión mediante un transformador)
- Filtrado en la red, unidades de 60A a 300A (400V), con posibilidad de funcionamiento en paralelo hasta 10 unidades, no necesariamente de la misma potencia
- Eliminación de hasta el armónico H51

Filtro híbrido

Un filtro híbrido es un sistema que incluye un filtro pasivo y un filtro activo.

Características principales:

- Tensión de alimentación: 400 V
- Filtro pasivo ajustado en el 5º rango de armónico
- Corriente nominal de filtro activo: 20 a 180 A
- Compensación de energía reactiva: Hasta 265 kVAR
- Corriente de armónicos total: Hasta 440 A

Soluciones para instalaciones ya existentes

Soluciones Schneider Electric

En la instalación

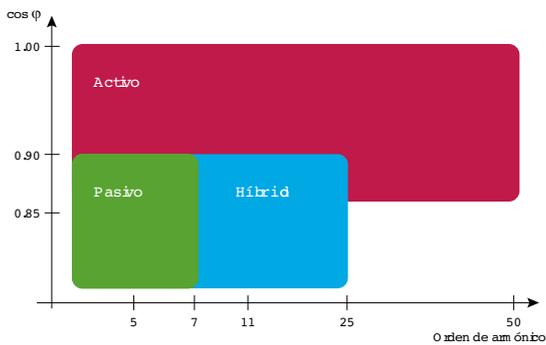
En la instalación, en primer lugar se debe definir el tipo de filtraje que se desea y después, se debe seleccionar la solución o el producto que se adaptan a las necesidades del cliente.

La elección de la tecnología de filtrado se basa en dos parámetros:

- Necesidad o no de la compensación de energía reactiva (mejora del factor de potencia, $\cos \varphi$)
- Rango del armónico máximo que se va a trabajar

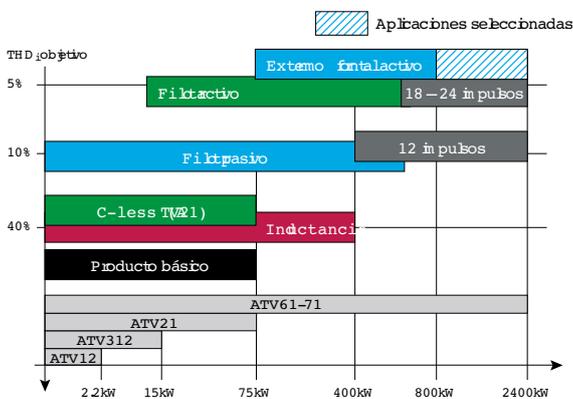
Cuando el DPF ($\cos \varphi$) es inferior a 0,85 - 0,9, es preferible una solución pasiva o híbrida.

La elección propuesta se representa en el gráfico siguiente.

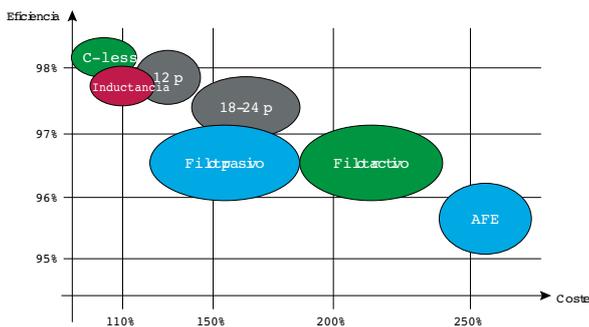


En el equipo

Las diferentes soluciones propuestas por Schneider Electric se presentan en el gráfico interior en función de la potencia y de la distorsión de corriente alcanzable (THDi).



En el siguiente gráfico, se muestra una visión general de las diferentes soluciones de eliminación (o reducción) de la componente armónica en función de su eficacia y de su precio. En el eje X se representa el precio total del variador más el de los equipos de reducción asociados. Los filtros activos y pasivos están reflejados en el gráfico anterior como soluciones implantadas en el equipo. Su competitividad mejora cuando se implantan en la red.



Soluciones para instalaciones ya existentes

Mejorar el ahorro energético mediante la gestión de la componente armónica en una instalación ya existente

En las instalaciones eléctricas, el ahorro energético incluye tres aspectos diferentes:

- Ahorro de energía: Reducción del consumo energético
- Optimización del coste energético: Reducción del coste de la energía pagada a la compañía eléctrica
- Disponibilidad y fiabilidad: Reducción al mínimo del riesgo de corte del suministro eléctrico y mantenimiento eficaz en el funcionamiento de los equipos

La gestión de los armónicos influye en todos los aspectos, ya que permite:

- Reducir las pérdidas de potencia en transformadores, cables, maquinaria, motores, condensadores, hasta en un 5%
- Reducir la demanda de potencia (en MVA), lo que implica una reducción en la factura eléctrica
- Disponer de la capacidad máxima del sistema, sin riesgo de sobrecarga, disparos intempestivos o de desgaste prematuro de los equipos

Guía para la elección de las soluciones

La elección de las soluciones de ahorro energético puede hacerse siguiendo tres pasos:

1. Formular prioridades

En función de los requisitos del proceso y de las características de las instalaciones, habrá que establecer objetivos diferentes. Por ejemplo, en una industria de procesos críticos, debe darse prioridad a la disponibilidad y a la fiabilidad, en detrimento de la optimización de costes. En un edificio de oficinas debería darse prioridad al ahorro de energía.

2. Evaluar la situación actual (por lo que se refiere a las instalaciones)

El siguiente paso consiste en evaluar la situación actual, para lo que hay que centrarse en diferentes indicadores:

- Factor de potencia
- Distorsión de armónicos
- Corrientes de línea (fase y neutro)
- Demanda de potencia

Los dispositivos de medición adecuados que están instalados en la cabecera de la instalación y en unidades de alimentación vitales ofrecen la información necesaria. Entonces, se pueden evaluar las pérdidas de potencia relacionadas con los armónicos, la posible reducción de la demanda de potencia y la posible mejora de la fiabilidad mediante la eliminación del riesgo de disparos intempestivos.

3. Tener en cuenta la eficacia y el coste de las diferentes soluciones

El último paso de este enfoque incluye la comparación de las diferentes soluciones posibles, tomando como bases el cálculo de costes, las posibles ventajas y la rentabilidad de la inversión (ROI).

Soluciones para instalaciones ya existentes

Solución a adoptar para conectar una carga no lineal

Cuando un equipo nuevo se conecta a una instalación ya existente, se debe comprobar si la conexión puede realizarse fácilmente o si hay que tener en cuenta una serie de condiciones. Ésto es aplicable especialmente a las cargas no lineales, como por ejemplo, los variadores de velocidad (VVD) o las fuentes de alimentación ininterrumpida (UPS).

Existen dos casos posibles para la conexión de un nuevo VVD:

- Que el motor activado por el VVD no exista previamente, por lo que constituye una ampliación de la instalación. En este caso, naturalmente, debe comprobarse si el sistema puede suministrar la energía necesaria y si los cables o embarrados tienen la sección adecuada para la nueva corriente adicional.
- Que el motor activado por el VVD, ya exista anteriormente, pero que arranque con una conexión en línea directa o mediante un arrancador suave. En este caso, no habrá que preocuparse por la capacidad de la línea ni de las secciones existentes.

Tras esta comprobación básica, se puede iniciar el examen de los armónicos.

Pasos para definir una solución

La evaluación y selección de una solución de reducción adecuada para cargas no lineales puede seguir tres pasos:

1. Seleccione el límite de emisión de armónicos correspondiente (según el estándar del equipo o de la instalación).

El primer paso consiste en identificar si existe una norma aplicable y, en ese caso, de qué norma se trata. Las normativas pueden aplicarse a los equipos (límites aplicados en THDi) o a la instalación global (límites aplicados en TDD o THDu).

Se debe tener en cuenta que aplicar límites de armónicos de instalación globales a los equipos no resulta rentable. Para evaluar los efectos en el sistema, la definición del PCC aplicable resulta muy importante.

En la mayoría de las instalaciones industriales, el PCC se encuentra en el lado MT del transformador de suministro.

Soluciones para instalaciones ya existentes

2. Si la reducción de armónicos resulta necesaria o aconsejable, se debe tener en cuenta, en primer lugar, su reducción en los equipos.

Normalmente, esto constituye la solución más rentable.

Los variadores ofrecen una potencia total de en torno a 100 kW:

Esta potencia representa normalmente menos del ~ 20% de la potencia nominal del transformador. La solución estándar consiste en utilizar inductancias de línea CA o de CC. Estas inductancias opcionales reducen el valor de THDi entre un 35% y un 45%. La THDu resultante se sitúa aproximadamente entre el 2% y el 3% y es aceptada en la mayoría de las instalaciones.

Los variadores ofrecen una potencia total de 100 kW a 1.000 kW:

En este rango de potencia, se aconseja que la potencia del transformador sea al menos 2,5 veces superior a la de los variadores. La solución estándar consiste en utilizar inductancias de línea CA o de CC. En función del tamaño y de la longitud del cable del transformador, la THDu resultante puede ser de hasta ~ 6%. Aunque esto puede suponer algunas molestias, es un valor que, de modo general, está aceptado en las redes industriales.

Los variadores ofrecen una potencia total superior a 1.000 kW:

En este rango de potencia, los variadores están equipados habitualmente con un transformador especializado, directamente proporcionado por la red de MT. Este transformador contiene 3 bobinas que proporcionan una alimentación de 12 pulsos a los variadores. Esto limita considerablemente la emisión de armónicos y hace que no se requiera ninguna reducción adicional. Además, las soluciones de múltiples impulsos son las más eficaces por lo que se refiere a las pérdidas de potencia. Puede cumplirse también la norma IEEE-519.

3. Compruebe el efecto sobre los equipos existentes en la instalación.

Cuando una nueva carga no lineal se conecta a una instalación ya existente, se debe comprobar si dicha carga puede afectar a otros componentes ya conectados a la misma red. Ésto se aplica especialmente a los condensadores y a los filtros activos.

- Existen condensadores:
Si existen condensadores en la instalación (corrección del factor de potencia o filtro de armónicos pasivo), hay un riesgo de sobrecarga y de resonancia introducida por las corrientes de armónicos adicionales. El fabricante del filtro pasivo debería evaluar la situación y es necesario ponerse en contacto con él antes de tomar una decisión.
- Existe un filtro pasivo o híbrido:
El filtro instalado puede permanecer sin cambios, si tiene un tamaño superior al establecido y puede cumplir los nuevos requisitos de corriente. De lo contrario, debe rediseñarse el elemento pasivo, ya que no es posible conectar otro elemento en paralelo con exactamente el mismo ajuste de frecuencia.
- Existe un filtro activo:
Si existe un filtro activo, las cargas no lineales siempre deben estar equipadas con inductancias de línea. Esto reduce considerablemente la emisión de corrientes de armónicos y, por tanto, la corriente necesaria del filtro activo. Las corrientes de armónicos adicionales no suponen ningún riesgo, ya que los filtros activos están protegidos de forma habitual contra la sobrecarga. No obstante, es posible que la cancelación de corrientes de armónicos no resulte completamente efectiva y que el rendimiento global se vea deteriorado. Hay que contactar, en primer lugar, con la ingeniería para evaluar la situación y ver la viabilidad de la solución.

Soluciones para instalaciones ya existentes

Solución a adoptar cuando se conectan condensadores de corrección del factor de potencia en una instalación ya existente

Las características de la red y, en concreto, la distorsión presente de la red son factores que deben tenerse en cuenta a la hora de elegir un sistema de corrección del factor de potencia.

Los dispositivos que utilizan electrónica de potencia (variadores de velocidad, rectificadores, UPS, lámparas fluorescentes, etc.) generan corrientes armónicas en las redes eléctricas.

Los condensadores son sumamente sensibles a los armónicos y también pueden amplificar la distorsión armónica presente en una instalación debido al fenómeno de la resonancia. Un elevado nivel de distorsión armónica hace que los condensadores se sobrecalienten, lo que da lugar a un desgaste prematuro y puede ocasionar averías.

En las instalaciones ya existentes, se recomienda realizar una medición de los armónicos que se dan.

La elección de la solución PFC adecuada se realiza:

- Según el porcentaje de la distorsión de la corriente armónica total THDi medida en el secundario del transformador, con la carga máxima y sin ningún condensador conectado (si lo hubiese):

THDi (%)	Estándar	Clase SAH	Filtros
< 10%	•		
10% < 20%		•	
> 20%			•

- Según el porcentaje de la distorsión de tensión armónica total THDu medida en el secundario del transformador, con la carga máxima y sin ningún condensador conectado (si lo hubiese):

THDu (%)	Estándar	Clase SAH	Filtros
< 2%	•		
2% < 6%		•	
> 6%			•

Cuando haya que cumplir con unos límites contractuales en la instalación, se requiere un estudio de armónicos más detallado.

El filtro puede ser de diferentes tecnologías:

- Activo
- Pasivo
- Híbrido

Estándar: Baterías de condensadores, con los condensadores de tensión nominal, como mínimo a la tensión de servicio.

Clase SAH: Baterías de condensadores con inductancias antiarmónicas; y los condensadores sobredimensionados en tensión, como mínimo un 10% respecto a la tensión de utilización.

Filtros: Recomendable los filtros activos de armónicos

Soluciones para instalaciones ya existentes

Nuestras soluciones: compensación de la energía reactiva

La oferta Schneider Electric para equipos de compensación en BT está pensada para ofrecer la solución más idónea para cada tipo de instalación.

Soluciones recomendadas en función de la THDU presente en la instalación, medida en cabecera de la misma (si en la instalación ya hubiese baterías de condensadores, éstas se deberían desconectar para obtener los valores reales sin la posible amplificación producida por los condensadores).

La única manera de conocer si nuestra instalación va a necesitar una batería de condensadores estándar, o una batería de condensadores clase SAH, es realizar mediciones a la salida del interruptor automático de protección de la instalación; si no es posible realizar la medición, se pueden utilizar las tablas de elección.

Redes no contaminadas con armónicos, THDu <2% y/o THDi <10%

Para este tipo de redes, la solución que propone Schneider Electric son los equipos estándar: equipos con tensión nominal de los condensadores igual a la tensión de red.

Ejemplo:

Red de 400 V

Condensadores con tensión asignada de 400 V

Redes contaminadas, THDu >2% - <6% y/o THDi >10% - <20%

Cuando la compensación de la energía reactiva implica una posible amplificación de los armónicos presentes en la instalación. Para este tipo de redes, la solución ofrecida por Schneider Electric son los equipos SAH (baterías con filtros de rechazo, sintonizados a 189 Hz).

Los equipos SAH son conjuntos L-C sintonizados a una frecuencia de resonancia serie de 189 Hz, y provocan el desplazamiento de la frecuencia de resonancia paralelo fuera del espectro armónico evitando de esta manera la amplificación.

Si el THDU es superior al 5% e inferior al 6% es necesaria la utilización de equipos SAH reforzados (incremento de corriente Imáx que puede circular por la inductancia).

Redes contaminadas, THDu >6% y/o THDi >20%

Para las redes con THDU superior al 6% se hace necesaria la utilización de filtros pasivos de rechazo (filtros sintonizados) que pueden ir acompañados de filtros activos (AccuSine), para reducir el THDU a valores inferiores a un 3 - 2%.

A lo mencionado anteriormente, hay que tener en cuenta lo que dice la norma UNE EN 61642 en su apartado 3 subapartado 3.3 lo siguiente:

“... no se pueden añadir reactancias en serie con los condensadores existentes para hacer un filtro desintonizado...”

“... no se deberá asociar a un equipo de compensación del factor de potencia que tenga una reactancia serie, con un equipo que no la lleve...”

Se puede decir que los condensadores ya instalados en una instalación que no estén debidamente dimensionados en tensión, como mínimo en un 10% sobre la tensión de red, no pueden ser utilizados para añadirles inductancias antiarmónicas (convertirlos en filtros); y que en aquellas instalaciones donde haya presencia armónica y se desee compensar la energía reactiva no deberán instalarse baterías de condensadores con inductancias antiarmónicas conjuntamente con baterías sin inductancias antiarmónicas.

Soluciones para instalaciones ya existentes

Soluciones para instalaciones ya existentes

El objetivo de la normalización de la emisión de armónicos, consiste en garantizar que la distorsión de la tensión en el PCC ⁽¹⁾ se mantenga lo suficientemente reducida, de tal forma que no interfiera con el funcionamiento normal de las instalaciones de otros clientes conectados al mismo punto. Estos son los aspectos básicos del concepto «compatibilidad electromagnética» (CEM).

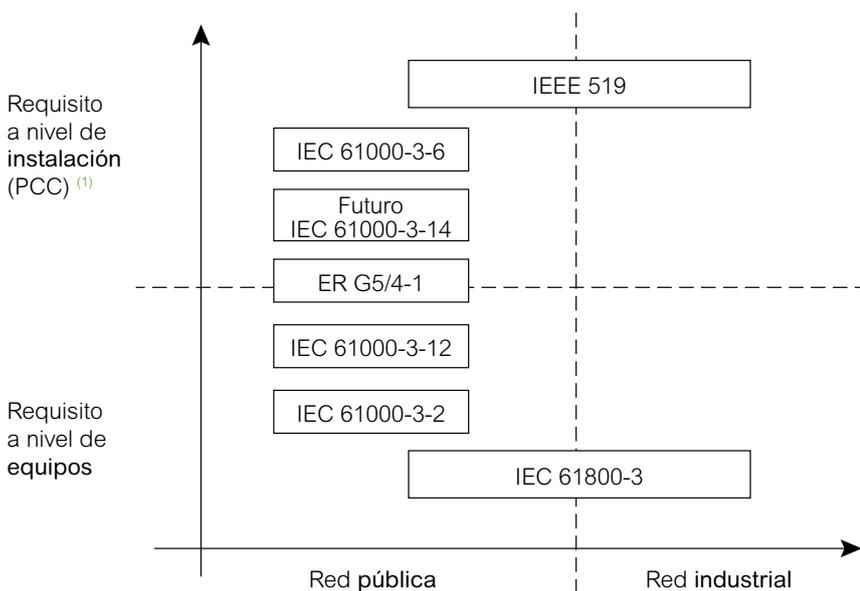
Por lo que se refiere a los equipos de baja potencia conectados directamente al sistema de alimentación de BT, los límites de emisión de corriente establecidos por las normativas internacionales se aplican a piezas de los equipos (y no a las instalaciones).

Por lo que se refiere a las instalaciones globales, las compañías eléctricas establecen los límites de emisión en función de las normativas locales de cada compañía eléctrica. Normalmente, se establecen límites para la distorsión de la tensión de armónicos total (THDu), la distorsión de la corriente de armónicos total (THDi), y las corrientes de armónicos individuales (I_n).

Los parámetros principales que se tienen en cuenta son la potencia de cortocircuito Ssc del sistema de alimentación y la potencia de demanda total de la instalación del cliente.

El principio consiste en permitir a cada cliente contribuir a la distorsión global, en proporción a la potencia de la instalación que ha contratado. La distorsión resultante global debe mantenerse bajo unos determinados límites, lo que permite garantizar la compatibilidad electromagnética.

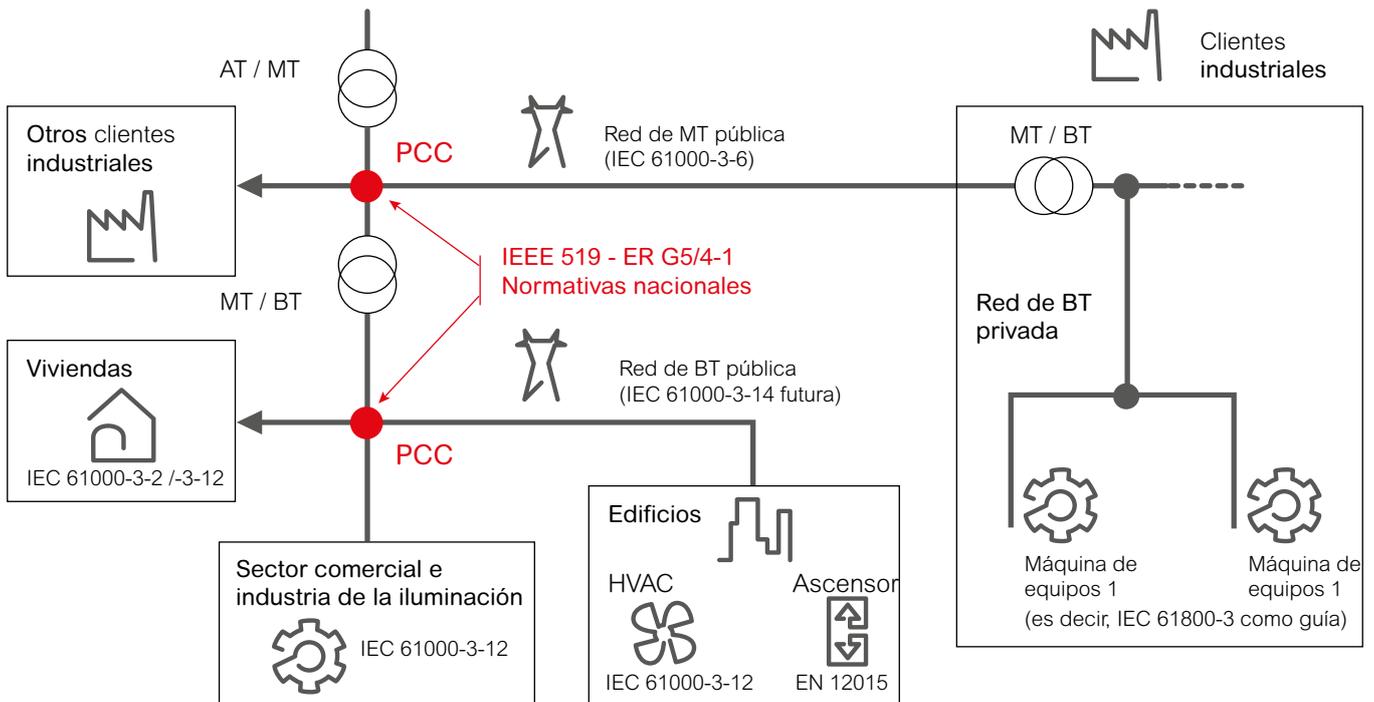
En la siguiente figura, se muestra el área de aplicación de las principales normativas sobre armónicos. Al final de este documento, se ofrece una breve descripción de estas normativas.



(1): PCC: Punto de Conexión Común.

Soluciones para instalaciones ya existentes

Se observa que establecer unos límites de emisión demasiado estrictos puede resultar muy costoso. Ese es el motivo por el que se debe prestar especial atención a la aplicación de las diferentes normativas. El siguiente gráfico se ofrece a modo de aclaración.



Los límites de THDu se tienen en cuenta en el PCC dentro de la red pública (BT o MT) en la que los diferentes clientes son abastecidos por la compañía eléctrica. Se debe aplicar los límites en el PCC para garantizar que la compañía eléctrica (a menudo por restricciones de servicio) proporcione a los diferentes clientes una buena calidad de suministro, es decir, con una tensión no distorsionada.

Para los clientes de BT, las normativas de emisión de armónicos IEC 61000-3-2 y 61000-3-12 se pueden aplicar a los equipos. Los valores de THDi y los límites de I_h individuales se requieren para equipos de hasta 75 A. Por encima de este valor, suele requerirse un acuerdo previo a la realización de la conexión entre la compañía eléctrica y el cliente. Cuando se solicite, se deberán tener en cuenta algunas normativas locales, en función de otras normativas y códigos (como ER G5/4-1 o IEEE 519).

Soluciones para instalaciones ya existentes

Diseñar un equipo que incluya circuitos no lineales con el fin de cumplir los límites de emisión de armónicos

Se distinguen dos tipos de equipos:

- Equipos catalogados: equipos estándar que se ajustan a las necesidades de la mayoría de los clientes
- Equipos especiales: equipos destinados a un usuario final con sus propias especificaciones

- El cumplimiento de las normativas o reglamentaciones es:
 - Responsabilidad del OEM, pero Schneider Electric está dispuesto a ofrecer soluciones
 - Innecesario por lo que se refiere a los variadores pero obligatorio por lo que se refiere a los equipos. La principal diferencia es que en cuanto a los equipos, para la evaluación de THDi se deben tenerse en cuenta todos los equipos (lineales o no lineales)

En los equipos catalogados, se debe hacer dos preguntas al cliente:

¿Existe una normativa específica del equipo?

Si la respuesta es Sí: se requerirá el cumplimiento de la normativa. Un ejemplo típico es un ascensor para el que se requiere el cumplimiento de la norma de la gama de productos (EN12015: «Compatibilidad electromagnética. Norma de familia de productos para ascensores, escaleras mecánicas y andenes móviles. Emisión»). La solución consiste en utilizar ATV71 «Ascensor» o ATV31 «Ascensor» asociados a una inductancia. La mayoría de las normativas de equipos no especifican los límites de emisión de armónicos.

¿Dónde está instalado el equipo (cuando no existe ninguna normativa de equipos)?

- En una planta o en una infraestructura

No existe ningún requisito por lo que se refiere a los equipos y la reducción de armónicos, si es necesaria debe realizarse en el ámbito de la instalación.

Para los variadores con una potencia superior a 15 kW, Schneider Electric recomienda limitar la THDi en torno a un 50% para evitar un exceso de potencia en los cables y dispositivos. Altivar ATV 71 y ATV 61 integran una inductancia de CC de fábrica, que limita la corriente de línea al mismo nivel que la corriente del motor. Para las maquinarias de alta potencia (> 630 kW), se recomiendan otras soluciones.

- En un edificio (aplicaciones de HVAC)

En una única maquinaria de motor, como las unidades de tratamiento de aire (AHU), normalmente se requiere el cumplimiento de la IEC 61000-3-12. La reducción debe realizarse en el variador. En este caso, la solución de Schneider Electric consiste en utilizar un ATV21 que arroja una THDi por debajo del 30%.

Los refrigeradores, ventiladores, torres de refrigeración, son equipos de múltiples motores. Podría realizarse una simulación rápida mediante el uso del software HarmCalc para determinar si la reducción de armónicos resulta necesaria según la THDi calculada. Otros equipos en los que la potencia es superior a 1 kW. Schneider Electric recomienda utilizar ATV312 o ATV12: no se requiere reducción de armónicos.

- No se sabe

Si no se puede encontrar una normativa o reglamentación aplicable de relevancia, la reducción de armónicos, en caso de que fuese necesaria, se llevaría a cabo en la instalación.

Para las maquinarias especiales, el usuario final o el integrador de sistemas deben proporcionar la especificación.

Para comprender los requisitos y proponer soluciones, es necesario obtener algunos datos sobre la instalación.

- Casos especiales: Un generador alimenta a un equipo o a varios.

Para garantizar el normal funcionamiento del generador, la THDi en el generador debe estar limitada: serán las especificaciones del generador las que proporcionarán los límites.

Soluciones para una nueva instalación

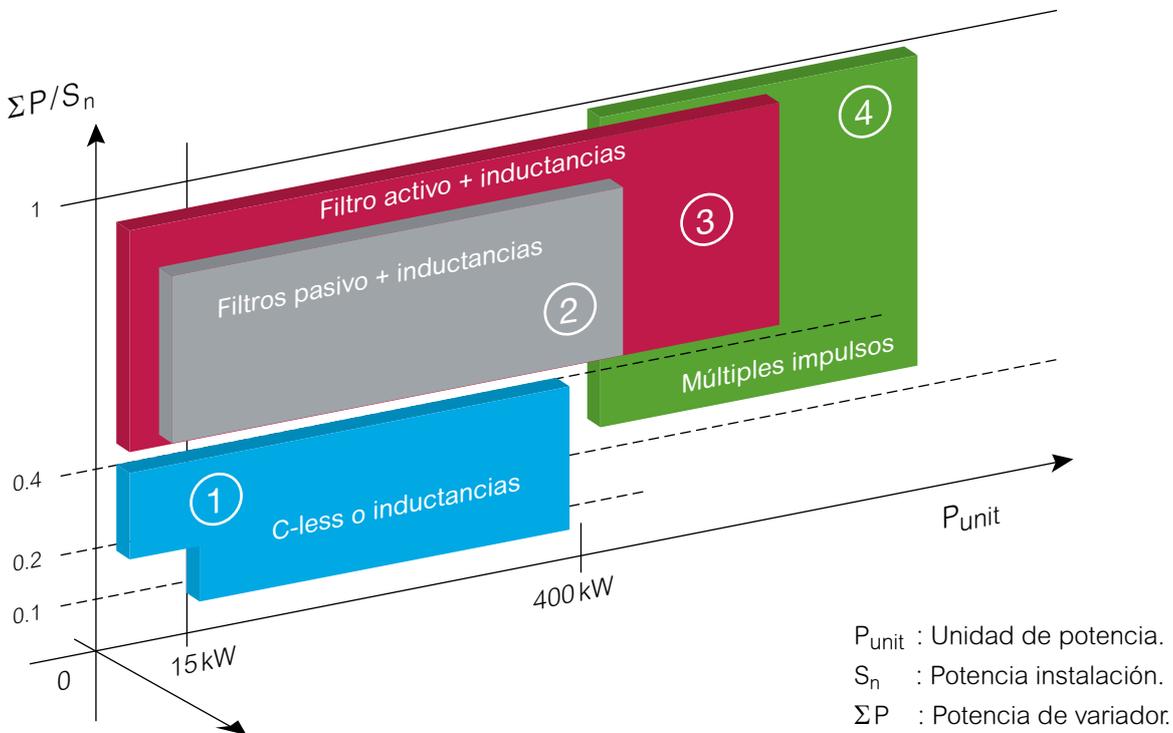
Guía para definir una solución

En una nueva instalación, el primer paso consiste en evaluar la situación global y determinar si la reducción resulta necesaria o no. Deben tenerse en cuenta el sector de actividad, los parámetros de la red y la potencia de las cargas no lineales.

Éstas son las principales recomendaciones:

- Si la reducción de los armónicos resulta necesaria, se deberá tener en cuenta en primer lugar una reducción global. Esto se debe a que un único equipo a nivel global de la instalación suele ser más rentable que varios equipos pequeños a pie de máquinas
- Cuando existan variadores grandes (≥ 400 kW), se recomienda realizar una reducción local (a pie de máquina)
- Entre las soluciones más comunes se incluyen las configuraciones de múltiples impulsos, los AFE y los filtros activos
- Cuando hay un gran número de variadores, es recomendable la implantación de inductancias (inductancias de línea o inductancias de corriente continua)
- Cuando hayan baterías de condensadores, deberán ser filtros desintonizadores (equipos SAH), y pudiéndose ser complementadas con un filtro activo si se requiere una mayor atenuación. Esto garantizará la protección de los condensadores y evitará una posible resonancia, protegiendo la instalación
- Cuando no existan baterías de condensadores, y no sea necesaria la compensación de la energía reactiva, un filtro activo será la mejor solución

El siguiente gráfico indica en qué situación las diferentes soluciones resultan más adecuadas.



Soluciones para una nueva instalación

Los dos criterios que se tienen en cuenta son la potencia de cada variador instalado (P_{unit}) y la relación de la potencia total de los variadores (ΣP) con respecto a la potencia de la instalación (S_n).

- Área 1: La tecnología C-less o las inductancias de línea son la mejor solución. Las inductancias pueden integrarse o no en los variadores. Los variadores C-less no requieren ninguna inductancia.
- Área 2: Los variadores representan una parte importante de la potencia total. Se necesita un filtro junto a las inductancias. Una batería de condensadores con inductancias antiarmónicas (equipos SAH) sería una buena solución cuando es necesaria la corrección del factor de potencia (valor de $\cos \varphi$ bajo)
- Área 3: Los variadores representan una parte importante de la potencia total. Un filtro activo sería una buena solución cuando no se requiere ninguna batería de condensadores, los AFE son la alternativa para los grandes variadores.
- Área 4: Para variadores de una potencia de 400 kW y superior, resulta más conveniente una solución de múltiples impulsos a nivel de los equipos y en la mayoría de los casos debido a su mayor eficacia (hasta un 3% de mejora en comparación con un filtro adicional: activo, pasivo o un AFE)

Soluciones para diseñar una nueva instalación con expectativas elevadas en cuanto al ahorro energético, que tenga en cuenta los armónicos

Parámetros que deben tenerse en cuenta

El diseño de nuevas instalaciones ofrece la oportunidad de realizar una evaluación de armónicos que optimice el Capex y el Opex.

Normalmente, el diseño de una nueva instalación se encarga a ingenierías que están acostumbradas a tener en cuenta los diversos aspectos durante la fase del diseño, con dos prioridades principales:

- ¿Qué debe hacerse para el cumplimiento de la normativa y de los reglamentos que son aplicables?
- ¿Cuál es la solución más razonable con respecto al Capex y al Opex?

Con el fin de gestionar los armónicos de un modo efectivo, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

Parámetros de la red

Es importante conocer los parámetros de la red para poder considerar las condiciones en el punto de acoplamiento común (PCC). El tamaño del sistema (conocido por la potencia o la impedancia) y la topología influyen en la distorsión de armónicos resultante.

Sector de actividad

Las normas y reglamentos que se deben aplicar difieren en función del sector de actividad de la nueva instalación.

Por ejemplo, en el sector residencial y comercial dichas normas y reglamentos se aplican normalmente a equipos.

Por otro lado, las normas y reglamentos aplicables en los sectores industriales son solicitados por las compañías eléctricas y se aplican a las instalaciones globales. Además, se pueden tener en cuenta algunos factores de atenuación y, generalmente, la reducción global de la componente armónica es más rentable.

Soluciones para una nueva instalación

Normativa aplicable a los armónicos

Una vez que se conozca el sector y los parámetros de la red, se deberán determinar la normativa y los reglamentos aplicables. La aplicación de la normativa más relevante constituye una de las decisiones más importantes. Por un lado, establecer límites que excedan los requisitos normativos conducirá a una inversión innecesariamente elevada y, probablemente, a un aumento de los costes operativos. Por otro lado, el establecimiento de unos límites relajados puede dar lugar a unos elevados costes de mantenimiento y energía, así como a perturbaciones en la red eléctrica.

Gestores de proyecto

Siempre que se requiere una inversión, conviene establecer una prioridad con respecto a los gestores de proyecto. Una solución optimizada para un Capex reducido puede resultar muy costosa para el Opex y viceversa. El rendimiento solicitado para una solución también influye en el Capex y el Opex.

Recargos de energía reactiva

El contrato de un abonado con el comercializador del suministro eléctrico influye en el diseño de la instalación. Si se aplican recargos por exceder los límites de consumo de energía reactiva, debería considerarse la instalación de baterías de condensadores para la corrección del factor de potencia. No obstante, si existen generadores de corrientes armónicas y baterías de condensadores, podrían amplificarse las distorsiones de tensión y corriente (fenómeno de resonancia paralelo). Esto tendrá un importante efecto en la distorsión de armónicos resultante. La compensación de la energía reactiva y la reducción de la componente armónica deben estudiarse al mismo tiempo y es posible que se deban tomar medidas adicionales para prevenir problemas posteriores.

Relación: Potencia de carga no lineal/potencia de carga total

Cuanto mayor sea la parte de cargas no lineales en comparación con la potencia de carga total de una instalación, mayor será la necesidad de evaluar con más detenimiento la influencia de los armónicos en la instalación.

Normativa

Normativa y recomendaciones

A continuación se citan, a título orientativo, las distintas normativas y recomendaciones existentes sobre los niveles de distorsión permitidos hasta la fecha de publicación del presente catálogo.

Norma UNE-EN 61642:

- Título de la norma
Redes industriales de corriente alterna afectadas por armónicos.
Empleo de filtros y condensadores a instaladores en paralelo.
- Campo de aplicación
Esta norma da las indicaciones para la utilización de filtros pasivos de armónicos de corriente alterna y de condensadores a instalar en paralelo destinados a la limitación de armónicos y a la corrección del factor de potencia en las instalaciones industriales de baja y alta tensión. Las disposiciones propuestas en esta norma son aplicables a los armónicos cuyo orden sea mayor que 1 e inferior o igual a 25.
- Objeto
Identificar los problemas y dar recomendaciones para las aplicaciones generales de los condensadores y de los filtros de armónicos de corriente alterna en redes de energía de corriente alterna afectadas por la presencia de tensiones y corrientes armónicas.

Norma UNE-EN 50160:

- Título de la norma
Características de la tensión suministrada para las redes públicas de distribución.
- Campo de aplicación
Esta norma describe las principales características de la tensión suministrada en el punto de conexión del cliente por una red de distribución pública de BT y MT en condiciones normales de explotación.
- Objeto
Definir los valores que caracterizan la tensión, en particular la forma de onda.
- Valores límite
En condiciones normales de explotación, el 95% de los valores de distorsión individual de tensión medidos durante un período de una semana, calculados sobre medidas efectuadas cada 10 minutos, no deben exceder de los valores indicados en la tabla de la Fig. 41.

Armónicos impares no múltiplos de 3		Armónicos impares múltiplos de 3		Armónicos pares	
Rango	Uh (%)	Rango (h)	Uh (%)	Rango (h)	Uh (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6...24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,2				
THD (V) < 8%					

Fig. 41: Valores límite de distorsión armónica individual en tensión.

Normativa

Norma UNE-EN 61000-2-2:

- Título de la norma

Compatibilidad electromagnética, entorno, niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes públicas de alimentación en BT.

- Campo de aplicación

Perturbaciones producidas hasta 10 kHz.

Por tanto trata de los armónicos pero también de otros tipos de perturbaciones tales como: fluctuaciones de tensión, caídas de tensión, microcortes, desequilibrios, etc.

Se aplica a las redes alternas de distribución a 50 o 60 Hz de tensión máxima, 240 V en monofásico y 415 V en trifásico.

- Objeto

Precisar los niveles de compatibilidad que hay que respetar en las redes públicas de BT, por lo que:

- Los armónicos generados por cualquier aparato no deben perturbar la red por encima de los valores especificados
- Cada aparato debe poder funcionar normalmente en presencia de perturbaciones iguales a los niveles especificados

- Valores límite

Los niveles de armónicos en tensión elegidos para las redes públicas de distribución se indican en la tabla de la Fig. 42.

La tasa total de distorsión armónica en tensión tiene un valor de THD (V) < 8%. Por lo tanto, todos los aparatos deberán poder soportar este valor y, al mismo tiempo, será el máximo valor que todos los receptores podrán contaminar.

Armónicos impares no múltiplos de 3		Armónicos impares múltiplos de 3		Armónicos pares	
Rango	Uh (%)	Rango (h)	Uh (%)	Rango (h)	Uh (%)
> 5	6	> 3	5	> 2	2
7	5	> 9	1,5	> 4	1
11	3,5	> 15	0,3	> 6	0,5
13	3	> 21	0,2	> 8	0,5
17	2	> 21	0,2	> 10	0,5
> 19	1,5			> 12	0,2
> 23	1,5			> 12	0,2
25	1,2				
> 25	0,2 + 0,5225/h				
THD (V) < 8%					

Fig. 42: Valores límite de niveles de compatibilidad.

La importancia de los armónicos de tensión queda definida de la siguiente manera:

- Si THDu > 8%: Contaminación importante por lo que es probable que el funcionamiento sea defectuoso; se hace necesario el análisis y el uso de un dispositivo de atenuación
- Si 5% < THDu < 8%: Contaminación significativa, por lo que podrá existir algún funcionamiento defectuoso
- Si THDu < 5%: Se considera una situación normal

La importancia de los armónicos de corriente queda definida de la siguiente manera:

- Si THDi > 50%: Contaminación importante por lo que es probable que el funcionamiento sea defectuoso; se hace necesario el análisis y el uso de un dispositivo de atenuación
- Si 10% < THDi < 50%: Contaminación significativa, por lo que podrá existir algún funcionamiento defectuoso
- Si THDi < 10%: Situación normal

Normativa

La importancia de los espectros de frecuencia será:

- Los armónicos de rango 3 superiores al 50% recorrerán el cable de neutro y crearán fuertes calentamientos
- Los armónicos de rango 5, 7 y más, superiores al 40%, perturbarán las baterías de condensadores y los receptores sensibles

Norma UNE-EN 61000-2-4:

- Título de la norma
Compatibilidad electromagnética, entorno, niveles de compatibilidad en las instalaciones industriales de potencia, BT o MT, a 50 o 60 Hz.
- Campo de aplicación
Esta norma se aplica a las redes industriales de potencia de baja o media tensión, a 50 o 60 Hz.
- Objeto
Determinar los distintos niveles de compatibilidad para distintas clases de entorno electromagnético:
 - Clase 1: Redes protegidas que tienen niveles de compatibilidad más bajos que los de las redes públicas
 - Clase 2: Entorno industrial en general. Los niveles de compatibilidad son los mismos que en las Redes públicas
 - Clase 3: Entorno industrial severo
- Valores límite
En la tabla de la Fig. 43 se indican los niveles máximos de armónicos en tensión para los armónicos de rango impar no múltiplos de 3 para las distintas clases.

Armónicos impares no múltiplos de 3

Rango	Clase 1 Uh (%)	Clase 2 Uh (%)	Clase 3 Uh (%)
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
19	1,5	1,5	4
23	1,5	1,5	3,5
25	1,5	1,5	3,5
> 25	0,2 + 12,5/h	0,2 + 12,5/h	$5 \times \sqrt{11/h}$

Fig. 43: Valores límite para las distintas clases.

Norma UNE-EN 61000-3-2:

- Título de la norma
Compatibilidad electromagnética, límites de emisión de corriente armónica (para aparatos de In i 16 A por fase).
- Campo de aplicación
Norma aplicable a los aparatos eléctricos, destinados a ser conectados en redes de 50 o 60 Hz de tensión máxima, igual a 240 V en monofásico y 415 en trifásico.
- Objeto
Definir los límites de emisión de corriente armónica con el fin de asegurar que los niveles de perturbaciones armónicas no exceden los niveles de compatibilidad definidos en la norma IEC 61000-2-2.

Normativa

- Valores límite

Los aparatos se clasifican de la manera siguiente:

- Clase A: aparato trifásico equilibrado y cualquier otro aparato distinto de los indicados en una de las otras clases

En la tabla de la Fig. 44 se indican los valores máximos de emisión para los aparatos clase A.

- Clase B: Herramientas portátiles
- Clase C: Aparatos de iluminación
- Clase D: Aparatos de una potencia < 600 W y una corriente de entrada con forma de onda “especial”, como los receptores de TV

Los límites para los equipos de potencia >1 kW de uso profesional están en estudio.

Armónicos impares		Armónicos pares	
Rango	Ih (%)	Rango (h)	Ih (%)
3	2,3	2	1,08
5	1,14	4	0,43
7	0,77	6	0,3
11	0,4	8 < h < 40	0,23 x 8/h
13	0,21		
15 < h < 39	0,15 x 15/h		

Fig. 44: Valores límite de máxima distorsión armónica individual en intensidad admisibles por cada aparato clase A.

Norma UNE-EN 61000-3-4:

- Título de la norma

Compatibilidad electromagnética, límites de emisión de corrientes armónicas en las redes de BT para aparatos con una corriente asignada superior a 16 A.

- Campo de aplicación

Esta norma será aplicable a los aparatos eléctricos destinados a ser conectados en redes de 50 o 60 Hz de tensión máxima, igual a 240 V en monofásico y 415 en trifásico y cuya intensidad nominal sea mayor de 16 A.

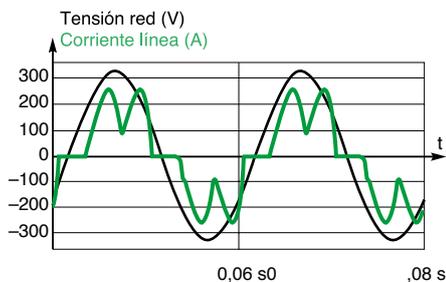
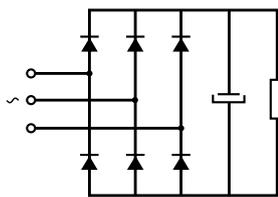
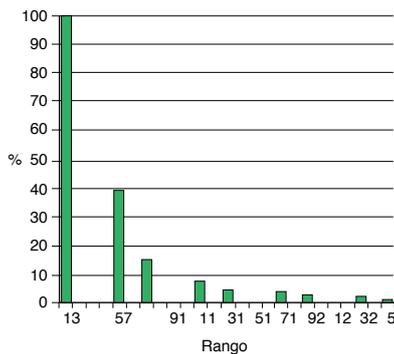
- Objeto

Proporcionar recomendaciones para la conexión de equipos generadores de armónicos.

Ya que este documento se encuentra actualmente en discusión, se resumirán las generalidades sobre el objeto del mismo, basado en considerar 3 categorías para los distintos aparatos:

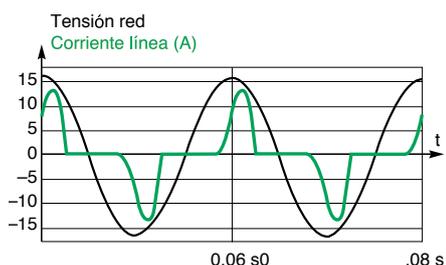
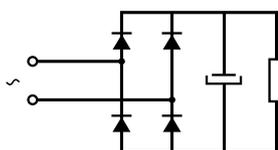
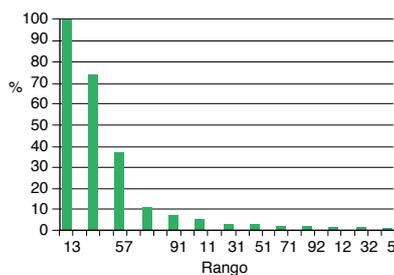
- Categoría 1: Aparatos poco contaminantes que pueden ser conectados a la red pública sin restricción. Se indicarán los límites de Ih/I1 que, como máximo, deberán emitir
- Categoría 2: Los aparatos que superen los límites indicados en la categoría 1 se podrán conectar a la red, si la relación entre la potencia del equipo y la potencia de cortocircuito en el punto de conexión no excede de cierto valor. En función de esta relación, se imponen unos límites de porcentaje de armónicos
- Categoría 3: Si se exceden los límites de la categoría 2, deberán utilizarse medios de reducción de armónicos, o bien llegar a un acuerdo particular con el distribuidor de energía

Información adicional



Puente rectificador trifásico con filtro capacitivo con la gráfica de corriente absorbida y el espectro armónico.

Espectro



Puente rectificador monofásico con filtro capacitivo con la gráfica de corriente absorbida y el espectro armónico.

Origen de los armónicos

En las instalaciones eléctricas con el neutro distribuido, las cargas no lineales pueden provocar en este conductor sobrecargas importantes debidas a la presencia del armónico de 3^{er} orden.

Las cargas no lineales producen corrientes armónicas, es decir, absorben una corriente que no tiene la misma forma que la tensión que las alimenta. Las cargas que más frecuentemente producen este fenómeno son los circuitos rectificadores.

Una carga no lineal absorberá una corriente que contiene todos los armónicos, pares e impares.

La mayor parte de las cargas conectadas a la red son, sin embargo, simétricas, es decir, que las dos semiondas de corriente son iguales y opuestas. En este caso, los armónicos de orden par son nulos.

Si en una instalación nos encontramos con cargas trifásicas, no lineales, equilibradas, simétricas y sin conexión de neutro; y estas cargas no lineales absorben componente armónica de 3^{er} orden, las corrientes armónicas del 3^{er} armónico serán iguales; pero como no hay conexión a neutro la suma de las corrientes del 3^{er} armónico será 0.

Por tanto, si no están conectadas a un cable de neutro, las cargas trifásicas equilibradas simétricas no producen armónico de 3^{er} orden.

Este planteamiento se puede aplicar a todos los armónicos múltiplos de 3. El armónico de 3^{er} orden generalmente predomina en las cargas monofásicas.

En las cargas con rectificador monofásico a diodos con filtro capacitivo, el armónico de 3^{er} orden puede alcanzar el 80% de la fundamental.

Este tipo de cargas monofásicas están presentes en los diferentes ámbitos de nuestras actividades:

Actividad	Aparatos
Doméstica	TV, hi-fi, vídeo, horno, microondas, etc.
Terciaria	Microordenadores, impresoras, fotocopiadoras, fax, etc.
Industrial	Alimentación conmutada, variadores de velocidad, etc.

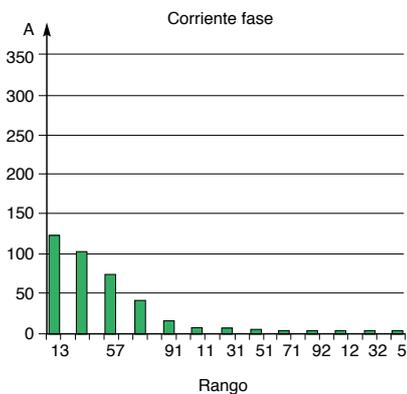
Sobrecarga del conductor neutro

Imaginemos una instalación en la que tengamos una fuente trifásica equilibrada y tres cargas monofásicas iguales, conectadas entre fase y neutro.

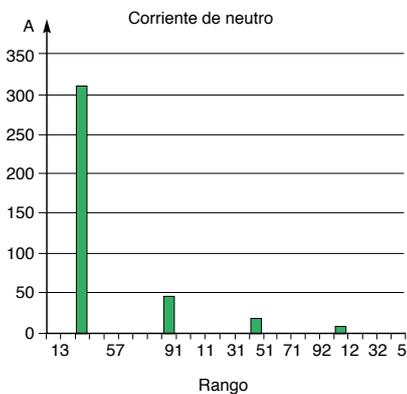
Si las cargas son lineales, las corrientes forman un sistema trifásico equilibrado. Por tanto, la suma de las corrientes de fase es nula y también la corriente de neutro: $i_n = i_{\text{II}} = 0$

Si las cargas no son lineales, las corrientes de las fases no serán senoidales y por tanto contienen armónicos, destacando el rango de los múltiplos de 3. Como las corrientes de las 3 fases son iguales, las corrientes armónicas de 3^{er} orden de las 3 fases son idénticas.

Información adicional



Espectro de la corriente de fase que alimenta una carga monofásica no lineal.



Espectro de la corriente de neutro absorbida por cargas monofásicas no lineales.

Si la corriente en el neutro es igual a la suma de las corrientes de las fases, la componente del 3^{er} armónico de la corriente de neutro es igual a la suma de las corrientes del 3^{er} armónico: $i_{n3} = 3i_{r3}$.

Si lo generalizamos, con cargas equilibradas, las corrientes armónicas de rango múltiplo de 3 están en fase y se suman aritméticamente en el conductor neutro, puesto que se anulan las componentes fundamentales y las armónicas de rango no múltiplo de 3.

Las corrientes armónicas de 3er orden son por tanto corrientes homopolares, puesto que circulan en fase por las tres fases. Hay que remarcar que la corriente de neutro sólo tiene las componentes impares múltiplos de 3 (3, 9, 15, etc.), y por tanto su amplitud es 3 veces respecto a la de las fases. Para determinar el valor de la corriente del neutro se tiene que realizar el supuesto de que las corrientes de las tres fases se superpongan o no.

Cuando las corrientes no se superponen, el valor eficaz de la corriente de neutro puede calcularse para un intervalo igual a T/3.

En este intervalo la corriente de neutro está también constituida por una onda positiva y una onda negativa, idénticas a las de la corriente de fase. Por tanto, la corriente en el conductor neutro tiene en este caso un valor eficaz 3 veces superior a la corriente en una fase.

Y si la corriente de las 3 fases se superponen, el valor eficaz de la corriente en el neutro es menor de 3 veces el valor eficaz de la corriente en una fase.

En aquellas instalaciones en las que existe un gran número de cargas no lineales, como las alimentaciones conmutadas de los equipos informáticos, la corriente en el neutro puede llegar a rebasar la corriente en cada fase. Esta situación, aunque poco frecuente, necesita un conductor de neutro sobredimensionado.

La solución que normalmente se utiliza es instalar un conductor de neutro de sección doble de la del conductor de fase. Los aparatos de protección y mando (interruptor automático, interruptores, contactores, etc.) deben estar dimensionados en función de la corriente en el neutro.

¿Qué soluciones hay?

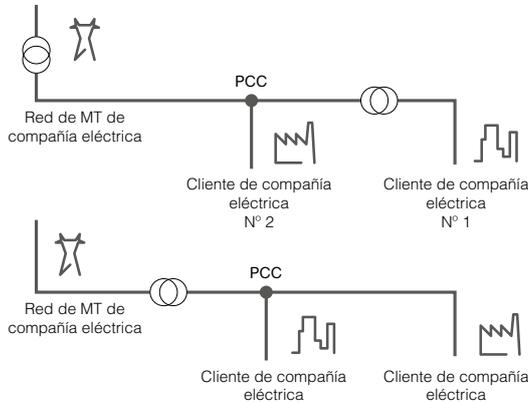
En el sector terciario frecuentemente nos encontraremos instalaciones donde habrán alimentaciones conmutadas, alumbrado fluorescente con balastro electrónico.

El alto porcentaje del 3^{er} armónico en este tipo de cargas puede tener una importancia significativa en el dimensionamiento del conductor neutro.

Las diferentes soluciones a adoptar son:

- Utilizar un conductor neutro separado para cada fase
- Duplicar la sección del conductor neutro
- Utilizar un transformador triángulo-estrella
- Filtro de rango 3 en el neutro

Información adicional



Definiciones

A continuación, se ofrecen las definiciones y fórmulas relativas a los armónicos de mayor utilidad. Además, se ofrecen algunos valores a modo de ejemplo.

Factor de potencia (λ) y desplazamiento del factor de potencia ($\cos \varphi$):

El factor de potencia λ es la relación de la potencia activa P (kW) con la potencia aparente S (kVA) de un determinado circuito. En el caso especial de una tensión y una corriente sinusoidales con un ángulo de fase φ , el factor de potencia es igual a $\cos \varphi$; a esto se lo denomina desplazamiento del factor de potencia.

$$\lambda = \frac{P(\text{kW})}{S(\text{kVA})}$$

Distorsión armónica total (THD)

Relación del valor RMS de la suma de todas las componentes armónicas con el valor RMS del componente fundamental.

$$\text{THD} = \sqrt{\sum_{h=2}^H \left(\frac{Q_h}{Q_1} \right)^2}$$

Q representa la corriente o la tensión. H es normalmente igual a 40. Los valores superiores (hasta 50) se aceptan en algunas aplicaciones. La THD de corriente se escribe normalmente como THDi y es igual a:

$$\text{THD}_i = \sqrt{\sum_{h=2}^H \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_{40}^2}}{I_1}$$

A partir de esta definición, podemos obtener esta fórmula:

$$I_{\text{rms}} = I_1 \cdot \sqrt{1 + \text{THD}_i^2}$$

La THD de tensión se escribe normalmente como THDu y es igual a:

$$\text{THD}_u = \sqrt{\sum_{h=2}^H \left(\frac{U_h}{U_1} \right)^2} = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_{40}^2}}{U_1}$$

Distorsión de demanda total (TDD)

Relación del valor RMS de la suma de todos los componentes de armónicos, en el porcentaje de la corriente de carga de demanda máxima I_L (la demanda mínima es de 15 o 30).

$$\text{TDD} = \sqrt{\sum_{h=2}^H \left(\frac{I_h}{I_L} \right)^2}$$

Esta variable se utiliza en IEEE 519 para establecer los límites de emisión de armónicos.

Sistema de alimentación público

Sistema de distribución eléctrica gestionado por una empresa (compañía eléctrica) que es responsable de suministrar electricidad a los clientes.

Red privada

Sistema eléctrico o instalación que pertenece a una empresa privada y que es abastecido por la compañía eléctrica local.

Información adicional

Punto de acoplamiento común (PCC)

Punto eléctrico en el sistema de alimentación público más cercano a la instalación, donde están o podrían estar conectadas otras instalaciones. El PCC es un punto situado aguas arriba de la instalación en cuestión. La mayor parte del tiempo, el PCC se encuentra en el lado MT de la red pública. El PCC es el lugar en el que se requiere el cumplimiento de THDu.

Potencia de cortocircuito (S_{sc})

Valor de la potencia de cortocircuito trifásica calculada a partir de la tensión interfásica nominal U_{nom} y la impedancia de línea Z del sistema en el PCC.

$$S_{sc} = \frac{(U_{nom})^2}{Z}$$

Z es la impedancia del sistema en la frecuencia de potencia. Se ofrecen más detalles sobre el cálculo de Z en IEC 61000-2-6: «Evaluación de los niveles de emisión en el suministro eléctrico de plantas industriales por lo que se refiere a las perturbaciones conducidas de baja frecuencia».

Normalmente, la potencia de cortocircuito S_{sc} en el PCC puede obtenerse de la compañía eléctrica. Teniendo en cuenta únicamente la impedancia del transformador, la potencia de cortocircuito puede derivarse de la impedancia del transformador Z_T ofrecida por la fórmula:

$$Z_T = \frac{u_{sc}}{100} \times \frac{U_{nom}^2}{S_n}$$

Donde:

- S_n es la potencia aparente nominal del transformador
- U_{sc} es la tensión de cortocircuito del transformador (%)

De la combinación de ambas fórmulas, resulta:

$$S_{sc} = \frac{S_n \cdot 100}{u_{sc}}$$

Por ejemplo: S_n = 1.500 kVA

U_{sc} = 6%

Entonces, S_{sc} = 25 MVA

Relación de cortocircuito (R_{sce}):

Valor característico de un equipo (de potencia aparente nominal S_{equ}) definido por la relación:

$$R_{sce} = S_{sc} / S_{equ}$$

Por ejemplo:

- Potencia aparente de un equipo: S_{equ} = 25 kVA

- Potencia de cortocircuito: S_{sc} = 25 MVA

Entonces, la relación de cortocircuito es: R_{sce} = 1.000

Para la determinación de los límites de emisión de armónicos, IEEE 519 considera la relación I_{sc}/I_L, donde:

- I_{sc} es la corriente de cortocircuito en el PCC

- I_L es la corriente de carga de demanda máxima (componente de frecuencia fundamental) en el PCC

La corriente de cortocircuito I_{sc} está vinculada a la potencia de cortocircuito S_{sc} por la fórmula:

$$S_{sc} = \sqrt{3} \cdot U_{nom} \cdot I_{sc}$$

Para una instalación completamente cargada, la corriente de carga de demanda máxima I_L se aproxima a la corriente nominal del transformador. Entonces:

$$I_L \approx \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}}$$

Por ejemplo: S = 1.500 kVA

S_{sc} = 25 MVA

Entonces:

$$\frac{I_{sc}}{I_L} \approx \frac{S_{sc}}{S_n} = \frac{25 \cdot 10^6}{1500 \cdot 10^3} = 16.7$$





03. Fichas de aplicación/ejemplos

Fichas de aplicación

70

Ejemplos

74

Fichas de aplicación

Instalación de una batería de condensadores en un hotel

En el proyecto global de reforma de un hotel, tenían como prioridad ser energéticamente eficientes y uno de los pilares de la eficiencia era disponer de un buen sistema de compensación de la energía reactiva; sin olvidar las acciones correspondientes para optimizar el sistema HVAC y disponer de una buena gestión energética; tal y como se les recomendaba tras la realización de la auditoría de eficiencia energética.

En los últimos meses, antes de la reforma y la ampliación de potencia prevista, las facturas eléctricas reflejaban un aumento de las penalizaciones por el consumo de energía reactiva. Siguiendo las recomendaciones de la auditoría, revisaron la batería de condensadores existente y comprobaron que esta había perdido potencia. El equipo ya llevaba en servicio más de 10 años y la temperatura de la sala donde estaba ubicada la batería era más elevada de lo recomendado.

Los nuevos datos de potencia contratada, 830 Kw y el estado de la anterior batería, aconsejaba sustituirla por un equipo nuevo.

La potencia del transformador es de 1250 KVA, las cargas no lineales tienen una simultaneidad de 90 KVA y los armónicos previstos no superan el 6% en corriente (THDi) y el 2% en tensión (THDu). Con un $\cos \phi$ inicial de 0,86, un factor de simultaneidad del 85% y para un $\cos \phi$ deseado de 0,98; la potencia de la nueva batería a instalar es de 277 kVA.

No hay que prever una batería con filtros desintonizados; ya que los valores previstos de THD y la relación entre S_n/G_n no superan los límites recomendados para equipos estándar.

Dentro de la reforma del hotel, se procede a la mejora de la refrigeración de la sala donde se ubicará la nueva batería de condensadores.

- Una temperatura elevada provoca una rápida degradación de los condensadores
- Mantener una temperatura dentro de los estándares ayuda al buen estado de las baterías de condensadores

Fichas de aplicación

Instalación de un filtro desintonizado en una papelera

Una papelera tiene previsto ampliar su capacidad productiva; para ello decide invertir en una nueva nave que estará dentro del recinto actual. Esta nueva nave tendrá dos transformadores en paralelo de 2000 KVA y dispondrá de la última tecnología para el tratamiento de la pasta de papel.

De las diferentes cargas previstas, entorno a unos 2900 KW, más del 45% corresponden a cargas no lineales.

Una presencia tan importante de cargas no lineales, hace imprescindible que la compensación de energía reactiva se realice, como mínimo, con filtros desintonizados.

Para valorar de una manera eficiente si una compensación con filtros desintonizados es suficiente o por el contrario hay que optar por otra solución hay que estimar cual será el peso de las cargas no lineales frente al transformador.

$$G_n / S_n \quad 1675 \text{ KVA} / 4000 \text{ KVA} = 41,8\%$$

En este caso es más del 40%, por lo que un equipo con filtros desintonizados se hace casi imprescindible. Para certificar que es la elección correcta hay comprobar cual es la tasa de distorsión esperada; en este caso se estima que será un 32% en corriente (THDi) y un 4,5% en tensión (THDu).

Con la decisión tomada que la batería de condensadores deberá ser con inductancias antiarmónicos, filtros desintonizados, queda escoger la potencia de la misma.

Cos φ inicial 0,86

Factor simultaneidad 92%

Cos φ final: 0,98

Aplicando la fórmula general:

$$Q = (2900 \times 0,92) \times (0,59 - 0,2) = 1037 \text{ kVAr}$$

- La frecuencia de desintonización de una batería de condensadores, se escogerá en función de los armónicos predominantes en la instalación. Si hay mayoría de cargas no lineales monofásicas, el armónico predominante será el 3º por lo que la sintonización del conjunto será a 135 Hz. Y si la mayoría de cargas no lineales son trifásicas nos encontraremos que será el 5º armónico el predominante; por lo que la sintonización podrá ser tanto a 189 Hz o 215 Hz ⁽¹⁾

(1) La norma UNE-EN 61642, define como filtro desintonizado lo siguiente: Filtro cuya frecuencia de sintonía es inferior al menos en un 10% respecto a la primera frecuencia del armónico que presenta una amplitud importante en corriente/tensión.

Fichas de aplicación

Instalación de una batería con contactores estáticos en un parque de atracciones

La demanda de energía eléctrica en los centros de ocio, junto a las innovaciones y la espectacularidad en las atracciones hace imprescindible una gestión eficiente del consumo energético. Hay muchas atracciones que concentran gran parte de su demanda en un breve espacio de tiempo; generando picos de consumo frecuentes pero espaciados. Poder ofrecer en el mismo instante de su demanda la reactiva necesaria, permite reducir los picos de demanda y en consecuencia optimizar la gestión energética reduciendo el consumo de energía y reduciendo de forma importante la factura eléctrica.

Las baterías de condensadores con contactores estáticos, permiten ofrecer en 20 mseg la entrada de un escalón y en menos de 1 segundo la práctica totalidad de la potencia reactiva necesaria.

Instalación de un filtro híbrido en una estación de esquí

En una estación de esquí del Pirineo se instala un nuevo telesilla; este equipo funciona con un motor de CC de 530 kW, proporcionado por un convertidor de CA a CC. Las mediciones y las simulaciones realizadas muestran que para cumplir con las normativas y recomendaciones vigentes; y asegurar el correcto funcionamiento de la instalación se requiere una reducción de los armónicos presentes.

Resultados estimados de las simulaciones:

- Tensión del 5º armónico V5: 5,5%
- Tensión del 7º armónico V7: 2,8%
- Distorsión de la tensión de armónicos total THDu: 7%
- Desplazamiento del factor de potencia: 0,8

La solución que se propuesta es un filtro híbrido formado por un filtro pasivo del 5º armónico de 210 kVAr y un filtro activo AccuSine PCS+ de 100 A.

Resultados de las mediciones tras la implantación:

- Tensión del 5º armónico V5: 1,5%
- Tensión del 7º armónico V7: 1,5%
- Distorsión de la tensión de armónicos total THDu: 2%
- Desplazamiento del factor de potencia: 0,95

- Cuando se hace necesario disponer de toda la potencia reactiva en un tiempo inferior a los 20 mseg que puede ofrecer una batería estática, una alternativa a tener en cuenta es utilizar un filtro activo AccuSine que puede aportar en 10 useg la reactiva solicitada

Fichas de aplicación

Una solución completa de PFC en una industria del sector del automóvil

Dentro de un proyecto de reforma integral y optimización de los recursos energéticos de una industria ligada al sector automóvil se plantea la sustitución y replanificación de todas las baterías de condensadores existentes en la planta.

A modo de resumen lo realizado es:

Naves de soldadura

Instalación de filtros Activos AccuSine, con los filtros activos AccuSine se consigue un aporte de reactiva en tiempo real (10 useg) sin riesgo de resonancia, no amplificación armónica, por lo que se puede utilizar la totalidad de la capacidad de los filtros activos en el aporte de reactiva.

Esta solución frente a las tradicionalmente utilizadas tiene como ventajas principales:

- La inmediatez de la respuesta, 10 useg, lo que permite ajustar en tiempo real las necesidades de energía reactiva
- La no resonancia, al no haber condensadores no hay riesgo de amplificación armónica por lo que no se hace necesario la utilización de filtros pasivos para la eliminación de los armónicos existentes
- La flexibilidad y adaptabilidad; la instalación de filtros Activos AccuSine permite que en cualquier momento y en cualquier situación de la planta se puedan añadir más filtros activos o modificar la carga sin necesidad de hacer complejos estudios de viabilidad

Naves de pintura

Instalación de baterías de condensadores con filtros desintonizados.

La presencia de cargas no lineales, conjuntamente a unos valores de THDu, entorno al 4 – 5% con el riesgo de resonancia que ello implica, hace necesario que las baterías de condensadores incorporen inductancias antiarmónicos.

Talleres

Baterías de condensadores estándar, la mínima presencia de cargas no lineales y el escaso porcentaje en relación a la potencia del transformador, no hace necesario la instalación de baterías de condensadores con inductancias antiarmónicos. No hay riesgo de amplificación armónica, y la THDu es inferior al 2%.

Además en cada uno de los transformadores de potencia que alimentan cada nave se realiza la compensación fija del transformador, con un valor entorno al 7 – 8% de la potencia nominal del transformador.

- A la hora de acometer la renovación de los equipos de compensación de energía reactiva, no hay que limitarse a sustituir lo que ya hay, si no que hay que analizar que evolución ha tenido la instalación y proponer los equipos apropiados

Ejemplos

Ejemplo de gestión de la componente armónica mediante un filtro activo AccuSine PCS+ en un yacimiento petrolífero

Una compañía petrolera planifica la construcción de una serie de plataformas petrolíferas en alta mar que conserven el combustible del generador. Su diseño se basa en la instalación, en anillo, de un sistema de cableado submarino de 33 kV entre las plataformas.

Esta instalación da lugar a una gran resonancia de tensión, junto a la presencia de variadores de CA y CC en ambos niveles de MT y BT.

El anillo tiene una longitud total de 150 km. Se calculó que la reactancia capacitiva total causaría una resonancia en los generadores de entre 250 y 550 Hz para una frecuencia de red de 50 Hz. Esta frecuencia varía en función de los niveles de carga y de la combinación de las cargas operativas. El THDu previsto en el embarrado de distribución de 600 Vca se aproxima al 15%.

El primer nivel de reducción de la polución armónica consistió en incorporar inductancias de línea en la entrada de los variadores. Esto supuso obtener una elevada reducción de la corriente de armónica. Una ventaja adicional que ofreció la incorporación de la inductancia en la entrada de los variadores de CC fue la reducción de los huecos de tensión. La profundidad de los huecos se redujo enormemente, por lo que se eliminaron o se redujeron los efectos producidos en otros equipos.

Tras tener en cuenta las diferentes opciones para la reducción de los armónicos, se eligieron los AccuSine PCS+ por los siguientes motivos:

- Velocidad de funcionamiento (rendimiento en tiempo real de 100 μ s)
- Tratamiento de todas las corrientes no fundamentales (no solo los armónicos característicos)
- Reducción significativa de los huecos de tensión en la línea
- No incorporación de condensadores que aumenten la frecuencia de resonancia en el sistema de anillo en 33 kV

Se instalaron cuatro AccuSine PCS+ de 300 A en paralelo a los seis variadores de CC, con una potencia individual de 800 CV, del conjunto de perforación, con un AccuSine PCS+ adicional de 300 A conectado al variador de CA de 900 CV.

Con el AccuSine en servicio, la THDi en el embarrado de 600 V se redujo del 35% al 3,7%. Son destacables las reducciones de la amplitud de corriente del 5º armónico de 232 A a 11 A (eliminación del 95,4%) y de la amplitud de corriente del 7º armónico de 72 A a 11 A (eliminación del 84,3%). La THDu en el embarrado de 11 kV se redujo al 4,1%.



Ejemplos



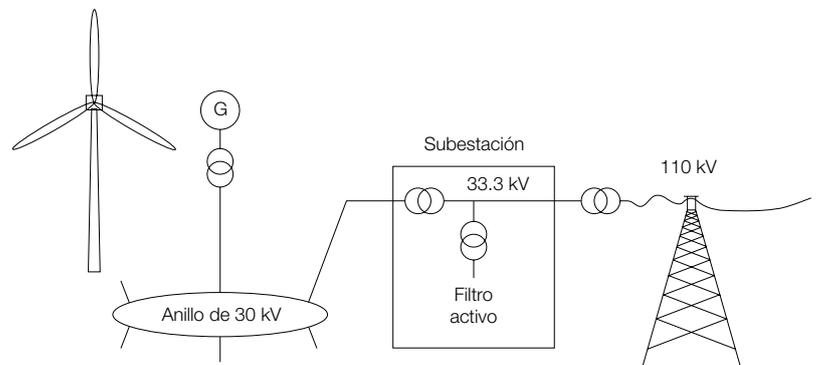
Ejemplo de un filtro activo AccuSine PCS+ en un parque eólico

Los fuertes vientos de los Alpes austriacos fueron el motivo por el que, en 2002, se construyera una nueva central eólica en el Niedere Tauern, en Austria. Es uno de los parques eólicos de Europa situado a mayor altura. La velocidad media del viento es de 7 m/s, que es comparable a las condiciones del viento del Mar del Norte. Los molinos de viento se instalaron en la cima de una montaña en una posición muy expuesta. Esta exposición requirió una línea en anillo de 21 km que estaba conectada a la subestación a través de cable subterráneo.

Durante la puesta en marcha, se descubrió que los generadores en combinación con la longitud del cable creaban resonancia en el sistema. Este hecho, imprevisible, requirió que se compensen determinados armónicos.

El equipo más adecuado para llevar a cabo esta tarea es un filtro activo AccuSine PCS+, que es capaz de configurarse para la corrección de la componente armónica con rangos individuales. El AccuSine PCS+ se conectó a la red eléctrica en el lado de MT, 33 kV, en la subestación a través de un transformador.

Gracias a la compensación ajustable del AccuSine PCS+, no fue necesario rediseñar la topología de la conexión de los molinos de viento y, en consecuencia, fue posible explotar la instalación con toda la potencia de diseño que se había previsto.







04. Condensadores y componentes BT

Condensadores VarPlus Can	78
Componentes	82
Dimensiones	92

Condensadores VarPlus Can



VarPlus Can

Condiciones de funcionamiento

- Soporta condiciones de trabajo superiores a las indicadas en la UNE-EN 60831-1
- Temperatura de funcionamiento de hasta 55 °C
- Admite hasta 7.000 maniobras por año
- Corriente máxima admisible (incluyendo armónicos) es de 1,8 3 In

Tecnología

Construidos internamente con tres condensadores monofásicos.

Cada condensador monofásico está fabricado con un film (película) de polipropileno metalizado como dieléctrico. La película de plástico aislante de polipropileno está recubierta con una capa metálica de zinc, que constituye un electrodo. Esta capa metálica confiere a la película la propiedad de la autocicatrización.

En caso de perforación del aislante, causado por un defecto en la película, la energía desprendida en el punto de defecto hace evaporarse el depósito metálico alrededor del defecto lo que reconstituye el aislamiento.

Sin embargo, la propiedad autocicatrizante tiene límites, en particular si el defecto en la película es demasiado importante: la película alrededor del defecto está deteriorada y pierde sus propiedades aislantes, esto puede implicar un aumento de temperatura y presión en el interior del bote.

Los condensadores monofásicos, están recubiertos por una resina con propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas específicas; que garantiza unas condiciones de funcionamiento óptimas ante condiciones adversas.

Los terminales CLAMPTITE “a prueba de dedos” con bridas metálicas interiores, están completamente integrados con las resistencias de descarga, permitiendo una óptima sujeción y apriete con la máxima seguridad. Su diseño impide que el cable pierda apriete.

Terminales

- Doble faston + cable
Utilizados para condensadores VarPlus Can de pequeña potencia, ≤ 10 kVAr.
- Terminal CLAMPTITE
Utilizado para potencias entre 10 y 30 kVAr.
- Terminal tipo espárrago
Este tipo de terminales es utilizado en condensadores entre 40 y 50 kVAr.

Beneficios

- Seguridad:
 - Autocicatrización
 - Desconector por sobrepresión
 - Resistencia de descarga
- Larga esperanza de vida (hasta 130.000 horas)
- Instalación en cualquier posición
- Optimización del diseño geométrico para obtener un mayor rendimiento térmico
- Envoltorio metálico con mayor resistencia para aumentar la vida del condensador, y mejor eficiencia térmica que permite una disminución de la temperatura
- Los terminales CLAMPTITE permiten un apriete firme y seguro

Condensadores VarPlus Can



Características generales		
Normas	CEI 60831-1/-2	
Rango de Tensión	230 a 830 V	
Frecuencia	50/60 Hz	
Rango de potencia	1 a 50 kVAr	
Pérdidas (dieléctrico)	< 0,2 W/kVAr	
Pérdidas (totales)	< 0,5 W/kVAr	
Tolerancia capacidad	- 5%, + 10%	
Ensayos Tensión	Entre terminales	2.15 3 UN (CA), 10 s
	Entre terminales y envolvente	≤ 525 V: 3 kV (CA), 10 s o 3.66 kV (CA), 2 s > 525 V: 3.66 kV (CA), 10 s o 4.4 kV (CA), 2 s
	Tensión de impulso	≤ 690 V: 8 kV > 690 V: 12 kV
Resistencia de descarga	Integrada, 60 seg	
Condiciones de trabajo		
Temperatura ambiente	- 25/55 °C (Clase D)	
Humedad	95%	
Altitud	2,000 m sobre el nivel del mar	
Sobretensión	1,1 x U _N 8 h in sobre 24 h	
Sobrecarga	Hasta 1,8 x I _N	
Pico de corriente de conexión	250 x I _N	
Maniobras (máx)	Hasta 7000 maniobras año	
Esperanza de vida	Hasta 130,000 horas	
Polución armónica	< 2% THDu	
Características de instalación		
Posición de montaje	Interior, vertical/horizontal	
Fijación	— Espárrago roscado M12 en la parte inferior	
Tierra	—	
Terminales	CLAMPITE - terminal trifásico con protección ante contactos eléctricos (finger-proof) y para pequeñas potencias terminal faston	
Características de seguridad		
Seguridad	Autocicatrización + sistema de sobrepresión + resistencia de descarga	
Protección	IP20	
Construcción		
Envolvente	Aluminio extruido	
Dieléctrico	Polipropileno metalizado con film de Zinc	
Impregnación	No PCB y resina de poliuretano (seca)	

B	L	R	C	H	1	5	0	A	1	8	0	B	4	0
			Envolvente	Rango	Potencia a 50 Hz			Potencia a 60 Hz			Tensión			
			C= Can	H= Hduty	A= 50 Hz						24= 240 V			
			B= Box					B= 60 Hz			40= 400 V			
											44= 440 V			
											48= 480 V			
											52= 525 V			
											57= 575 V			
											60= 600 V			
											69= 690 V			
											83= 830 V			

BLRCH150A180B40
VarPlus Can HDuty 15 kVAr 50 Hz (18 kVAr 60 Hz) 400 V.

Condensadores VarPlus Can



Tensión	50 Hz			I_N (A) @260 V	μF (X3)	Código envolvente	Referencia
	Q_N (kVAr)						
	230 V	240 V	260 V				
230 V	2,5	2,7	3,2	7,1	50,1	DC	BLRCH027A033B24
240 V	3,9	4,2	4,9	10,9	77,3	HC	BLRCH042A050B24
260 V	5,0	5,4	6,4	14,2	100	LC	BLRCH054A065B24
	10,0	10,9	12,8	28,5	200	TC	BLRCH109A130B24

Tensión	50 Hz			I_N (A) @400 V	μF (X3)	Código envolvente	Referencia
	Q_N (kVAr)						
	380 V	400 V	415 V				
380 V 400 V 415 V	4,5	5,0	5,4	7,2	33,1	HC	BLRCH050A060B40
	5,7	6,3	6,8	9,1	41,8	HC	BLRCH063A075B40
	6,8	7,5	8,1	10,8	49,7	HC	BLRCH075A090B40
	9,4	10,4	11,2	15,0	68,9	MC	BLRCH104A125B40
	11,3	12,5	13,5	18,0	82,9	RC	BLRCH125A150B40
	13,5	15,0	16,1	21,7	99,4	RC	BLRCH150A180B40
	18,1	20,0	21,5	28,9	133,0	TC	BLRCH200A240B40
	22,6	25,0	26,9	36,1	166,0	TC	BLRCH250A300B40
	27,1	30,0	32,3	43,3	199,0	VC	BLRCH300A360B40
	36,1	40,0	43,1	57,7	265,0	YC	BLRCH400A480B40
	45,1	50,0	53,8	72,2	331,0	YC	BLRCH500A000B40

Tensión	50 Hz		60 Hz		μF (X3)	Código envolvente	Referencia
	Q_N (kVAr)	I_N (A)	Q_N (kVAr)	I_N (A)			
	440 V	5,0	6,6	6,0			
7,5		9,8	9,0	11,8	41,1	HC	BLRCH075A090B44
10,0		13,1	12,0	15,7	54,8	MC	BLRCH100A120B44
12,5		16,4	15,0	19,7	68,5	RC	BLRCH125A150B44
15,0		19,7	18,0	23,6	82,2	RC	BLRCH150A180B44
20,0		26,2	24,0	31,4	110,0	TC	BLRCH200A240B44
22,5		29,5	27,0	35,4	123,0	TC	BLRCH225A270B44
25,0		32,8	30,0	39,4	137,0	TC	BLRCH250A300B44
30,3		39,8	-	-	166,0	VC	BLRCH303A000B44
50,0		65,6	-	-	274,0	YC	BLRCH500A000B44

Tensión	50 Hz		60 Hz		μF (X3)	Código envolvente	Referencia
	Q_N (kVAr)	I_N (A)	Q_N (kVAr)	I_N (A)			
	480 V	4,2	5,1	5,0			
5,0		6,0	6,0	7,2	2,3	HC	BLRCH050A060B48
7,5		9,0	9,0	10,8	34,5	HC	BLRCH075A090B48
8,8		10,6	10,6	12,7	40,5	LC	BLRCH088A106B48
10,4		12,5	12,5	15,0	47,9	MC	BLRCH104A125B48
12,5		15,0	15,0	18,0	57,5	RC	BLRCH125A150B48
15,5		18,6	18,6	22,3	71,4	RC	BLRCH155A186B48
17,0		20,4	20,4	24,5	78,3	RC	BLRCH170A204B48
20,8		25,0	25,0	30,0	95,7	TC	BLRCH208A250B48
25,8		31,0	31,0	37,2	119,0	TC	BLRCH258A310B48
31,5		37,9	37,8	45,5	145,0	VC	BLRCH315A378B48
33,9		40,8	40,7	49,0	156,0	XC	BLRCH339A407B48

Condensadores VarPlus Can



Tensión	50 Hz		60 Hz		$\mu\text{F (X3)}$	Código envolvente	Referencia
	Q_N (kVAr)	I_N (A)	Q_N (kVAr)	I_N (A)			
525 V	5,0	5,5	6,0	6,6	19,2	HC	BLRCH050A060B52
	12,5	13,7	15,0	16,4	48,1	RC	BLRCH125A150B52
	25,0	27,5	30,0	33,0	96,2	TC	BLRCH250A300B52
	30,9	34,0	37,1	40,8	119,0	VC	BLRCH309A371B52
	34,4	37,8	41,3	45,4	132,0	VC	BLRCH344A413B52
	40,0	44,0	48,0	52,8	154,0	XC	BLRCH400A480B52

Tensión	50 Hz		60 Hz		$\mu\text{F (X3)}$	Código envolvente	Referencia
	Q_N (kVAr)	I_N (A)	Q_N (kVAr)	I_N (A)			
575 V	12,0	12,0	14,4	14,5	38,5	TC	BLRCH120A144B57
	15,0	15,1	18,0	18,1	48,1	VC	BLRCH150A180B57

Tensión	50 Hz		60 Hz		$\mu\text{F (X3)}$	Código envolvente	Referencia
	Q_N (kVAr)	I_N (A)	Q_N (kVAr)	I_N (A)			
600 V	12,5	12	15,0	14,4	36,8	TC	BLRCH125A150B60
	20,8	20,0	25,0	24,0	61,3	VC	BLRCH208A250B60

Tensión	50 Hz		60 Hz		$\mu\text{F (X3)}$	Código envolvente	Referencia
	Q_N (kVAr)	I_N (A)	Q_N (kVAr)	I_N (A)			
690 V	15,0	12,6	18,0	15,1	33,4	TC	BLRCH150A180B69
	20,0	16,7	24,0	20,1	44,6	TC	BLRCH200A240B69
	25,0	20,9	30,0	25,1	55,7	VC	BLRCH250A300B69
	30,0	25,1	36,0	30,1	66,8	VC	BLRCH300A360B69

Tensión	50 Hz		60 Hz		$\mu\text{F (X3)}$	Código envolvente	Referencia
	Q_N (kVAr)	I_N (A)	Q_N (kVAr)	I_N (A)			
830 V	17,1	11,9	20,5	14,3	26,3	VC	BLRCH171A205B83

Componentes



Inductancias antiarmónicos

Si en el sistema, hay una parte significativa de cargas no lineales que generen armónicos, las baterías de condensadores a utilizar deberán de incorporar inductancias antiarmónico.

Condiciones de funcionamiento

- Servicio interior
- Temperatura de almacenamiento: - 40 °C + 60 °C
- Humedad relativa en funcionamiento: 20 - 80%
- Ambiente salino: 250 horas (para 400 V - 50 Hz rango)
- Temperatura de funcionamiento

Altitud: ≤ 1000 m:

- Mín= 0 °C, máxima= 55 °C
- Promedio más elevado en 1 año= 40 °C, 24 horas= 50 °C

Altitud: ≤ 2000 m:

- Mín= 0 °C, máxima= 50 °C
- Promedio más elevado en 1= 35 °C, 24 horas= 45 °C

Características generales	
Descripción	Trifásica, seca, circuito magnético, impregnada
Grado de protección	IP00
Clase de aislamiento	H
Tensión de red	400 hasta 690 V - 50 Hz 400 hasta 600 V - 60 Hz Otras tensiones bajo demanda
Tolerancia	- 5% + 5%
Nivel de aislamiento	1,1 kV
Test dieléctrico t 50/60 Hz entre terminales t terminales/tierra	4 kV, 1 min
Protección termica	Incluida

Máxima corriente permanente (Imp)

Se define la corriente de servicio (Is) como la corriente absorbida por el conjunto condensador-inductancia antiarmónico, cuando la tensión puramente senoidal aplicada es igual a la tensión de servicio de red (Us).

$$I_s = Q \text{ (kVAR)} / (\sqrt{3} \times U_s)$$

Con el fin de trabajar con seguridad en condiciones reales de servicio, una inductancia antiarmónico debe de estar diseñada para aceptar una corriente máxima permanente (Imp) teniendo en cuenta las corrientes armónicas y las fluctuaciones de tensión.

La tabla muestra el porcentaje típico de las corrientes armónicas consideradas para las diferentes sintonizaciones.

Rango de sintonización (%)	Corrientes armónicas			
	i3	i5	i7	i11
2,7	5	15	5	2
3,8	3	40	12	5
4,2	2	63	17	5

Se aplica un factor corrector de 1,1 con el fin de permitir trabajar en largos periodos con una tensión de red hasta (1,1 3 Us.). El valor resultante de la máxima corriente permanente (imp) se muestra en la siguiente tabla:

Rango de sintonización	IMP (veces IS)
2,7	1,12
3,8	1,2
4,2	1,3

Componentes

Elección frecuencia de sintonización

Los condensadores e inductancias, están configurados en un circuito resonante serie; sintonizados de tal forma que la frecuencia resonante del conjunto LC está por debajo del armónico más representativo en el sistema. (UNE-EN 61642 para ver definición filtros desintonizados).

La utilización de filtros desintonizados (equipos clase SAH), evita el riesgo de sobrecarga en los condensadores, ayuda a disminuir la distorsión armónica en la red al no producirse amplificación armónica.

La frecuencia de sintonía se puede expresar bien por la impedancia relativa de la inductancia (en %) o por el rango de sintonización, o directamente en la frecuencia (Hz).

Los valores más comunes de la impedancia relativa son 5,7, 7 y 14%. (14% se utiliza con un alto nivel de tensiones armónicas del armónico 3º).

Impedancia relativa %	Rango de sintonización	Frecuencia de sintonización (50 Hz)
5,7	4,2	210
7	3,8	190
14	2,7	135

La selección de la frecuencia de sintonización del conjunto inductancia-condensador dependerá de varios factores:

- Presencia de armónicos de secuencia cero, homopolares, (3, 9, etc.)
- Necesidad de reducir el nivel de distorsión armónica
- La frecuencia del sistema de telemando; para evitar las perturbaciones en los sistemas de telemando, la frecuencia de sintonía del conjunto LC se debe seleccionar a un valor inferior a la frecuencia de telemando

Tensión de red 400 V 50 Hz

Impedancia relativa %	kVAr	Inductancia (mH)	IMP (A)	Referencia
5.7	6,5	4,7	12	LVR05065A40T
	12,5	2,4	24	LVR05125A40T
	25	1,2	47	LVR05250A40T
	50	0,59	95	LVR05500A40T
	100	0,3	190	LVR05X00A40T
7	6,5	6	11	LVR07065A40T
	12,5	3	22	LVR07125A40T
	25	1,5	43	LVR07250A40T
	50	0,75	86	LVR07500A40T
	100	0,37	172	LVR07X00A40T
14	6,5	12,6	10	LVR14065A40T
	12,5	6,6	20	LVR14125A40T
	25	3,1	40	LVR14250A40T
	50	1,6	80	LVR14500A40T
	100	0,8	160	LVR14X00A40T

Tensión de red 690 v 50 Hz

Impedancia relativa %	kVAr	Inductancia (mH)	IMP (A)	Referencia
5.7	12,5	9,1	13.3	LVR05125A69
	25	4,6	27	LVR05250A69
	50	2,3	53	LVR05500A69
	100	1,1	106	LVR05X00A69
7	12,5	9,1	12	LVR07125A69
	25	4,6	24	LVR07250A69
	50	2,3	47	LVR07500A69
	100	1,1	94	LVR07X00A69

Componentes

Tablas de elección

Condensadores VarPlus Can + inductancia + contactor

Red 400 V, 50 Hz Tensión condensador 480 V Filtro 5.7%/7%

Potencia efectiva (kVAr)	QN @480 V	Referencia condensador ⁽¹⁾	5.7% (210 Hz) Referencia inductancia ⁽²⁾	7% (190 Hz) Referencia inductancia ⁽²⁾	Referencia contactor condensadores	Referencia contactor potencia
6.5	8,8	BLRCH088A106B48 3 1	LVR05065A40T 3 1	LVR07065A40T 3 1	LC1-DFK11M7 3 1	LC1D12 3 1
12.5	17	BLRCH170A204B48 3 1	LVR05125A40T 3 1	LVR07125A40T 3 1	LC1-DFK11M7 3 1	LC1D12 3 1
25	33,9	BLRCH339A407B48 3 1	LVR05250A40T 3 1	LVR07250A40T 3 1	LC1-DMK11M7 3 1	LC1D32 3 1
50	68	BLRCH339A407B48 3 2	LVR05500A40T 3 1	LVR07500A40T 3 1	LC1-DWK12M7 3 1	LC1D80 3 1
100	136	BLRCH339A407B48 3 4	LVR05X00A40T 3 1	LVR07X00A40T 3 1	-	LC1D115 3 1

(1) Los condensadores no se suministran montados.

(2) Inductancias válidas exclusivamente para condensadores de la potencia y tensión indicados en la tabla.

Red 400 V, 50 Hz Tensión condensador 480 V Filtro 14%

Potencia efectiva (kVAr)	QN @480 V	Referencia condensador ⁽¹⁾	14% (135 Hz) Referencia inductancia ⁽²⁾	Referencia contactor condensadores	Referencia contactor potencia
6.5	8,8	BLRCH088A106B48 3 1	LVR14065A40T 3 1	LC1-DFK11M7 3 1	LC1D12 3 1
12.5	15,5	BLRCH155A186B48 3 1	LVR14125A40T 3 1	LC1-DFK11M7 3 1	LC1D12 3 1
25	31,5	BLRCH315A378B48 3 1	LVR14250A40T 3 1	LC1-DLK11M7 3 1	LC1D25 3 1
50	63	BLRCH315A378B48 3 2	LVR14500A40T 3 1	LC1-DTK12M7 3 1	LC1D50 3 1
100	126	BLRCH315A378B48 3 4	LVR14X00A40T 3 1	-	LC1D115 3 1

(1) Los condensadores no se suministran montados.

(2) Inductancias válidas exclusivamente para condensadores de la potencia y tensión indicados en la tabla.

Cualquier combinación de condensadores + inductancias no indicadas en las tablas, no serán combinaciones validadas por Schneider Electric.

Componentes



VarPlus Logic VL6, VL12

VarPlus Logic tiene todo lo que necesita para que su equipo de compensación de energía reactiva trabaje de forma simple y eficiente, para conseguir el factor de potencia deseado. Se trata de un sencillo e inteligente relé que mide, supervisa y controla la energía reactiva

Modelo	Número de salidas	Referencia
VL6	06	VPL06N
VL12	12	VPL12N

VarPlus Logic

Supervisión de los escalones

- Supervisión de todos los escalones conectados
- Potencia real en “kVAr” de los escalones conectados
- Capacidad restante, en % de cada escalón, respecto a la potencia inicial
- Pérdida de potencia desde su instalación
- Número de operaciones por cada escalón

Medición y supervisión de la instalación

- THD(i) y THD(u) Espectro del H3 al H19 – Medida, Display y Alarma
- Medida de DQ – “kVAr” necesarios para alcanzar el cos ϕ objetivo
- Temperatura actual y temperatura máxima alcanzada en el interior de la batería
- Parámetros del sistema – Tensión, Corriente, Potencia Activa, reactiva, aparente
- Gran pantalla LCD para monitorizar en tiempo real el estado de los escalones y otros parámetros

Sencilla puesta en marcha

- Inicialización automática y detección automática de los escalones para realizar una puesta en marcha automática
- Corrección del cableado automático - tensión y corriente
- Secundarios del TI compatibles 1A o 5A

Flexibilidad para la ampliación

- No hay restricción de secuencia de escalonamiento
- Cualquier regulación, con autodetección. No es necesario indicar programa
- Permite reemplazar cualquier condensador por otro condensador de cualquier potencia de forma sencilla
- Montaje y cableado rápido y sencillo
- Comunicación RS485 en protocolo Modbus
- Integración con el software y pasarelas Schneider Electric

Hacer más con VarPlus Logic

- Alarmas programables con registro de las últimas 5 alarmas
- Adecuado para aplicaciones de media tensión
- Adecuado para 4 operaciones cuadrante
- Control dual del cos ϕ a través de entradas digitales o detección de la potencia de exportación
- Relés de alarma y de control del ventilador dedicados
- Menú avanzado de programación para configurar el regulador según necesidades
- Nuevo algoritmo de control diseñado para reducir el número de maniobras y alcanzar el cos ϕ objetivo con el menor número de operaciones

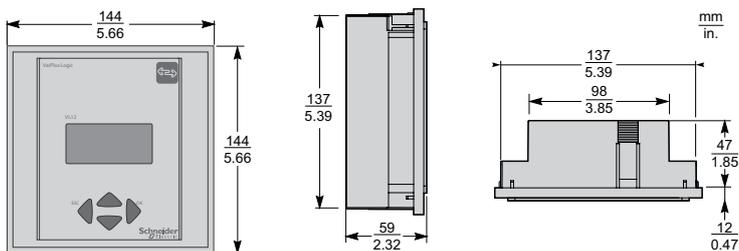
Alarmas

- Escalón (condensador) defectuoso
- Alarma configurable para detectar pérdida de potencia por escalón
- Alarma de THDu Límite
- Alarma por Temperatura
- Auto protección, desconectando los escalones, en caso de alarma por: THDu, temperatura y/o sobrecarga
- Alarma por no alcanzar el cos ϕ objetivo
- Alarma por sobretensión o tensión baja
- Alarma por corriente elevada o baja
- Alarma por sobrecarga
- Alarma por operaciones máximas - Tiempo y número de conmutaciones

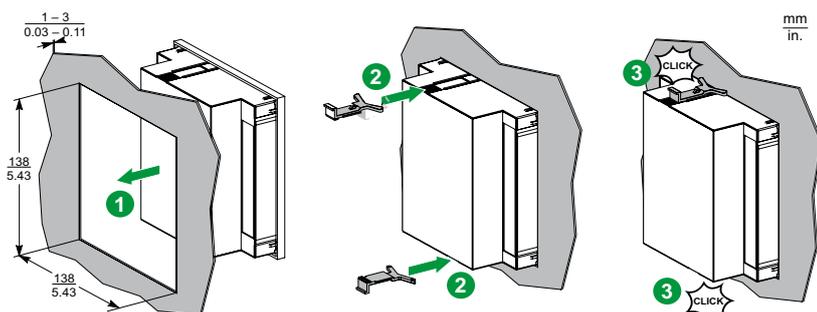
Componentes

Características generales	
Tensión y corriente	
Tensión de alimentación	90 – 550 V, 1 ph, 50/60 Hz VA Burden: 6 VA 300 V LN / 519 V LL CAT III o 550 V CAT II
Tipo de conexión de entrada	Fase o Fase o fase neutro
Protección contra caídas de tensión Secundario TI	Desconexión frente a microcortes superiores a 15 ms (protección del condensador) 1A o 5A
Rango corriente primario TI	Hasta 9600 A
Corriente	15 mA – 6 A, 1 ph Consumo VA: < 1 VA
Conexión terminales	Tipo tornillo, enchufable. Sección: 0,2 a 2,5 mm ² (0,2-1 mm ² para Modbus y entradas digitales)
Configuración del factor de potencia y algoritmo de selección	
Ajuste regulación - Programable	de Cos j 0,7 capacitivo a 0,7 inductivo
Tiempo de reconexión - Programable	de 1 a 6500 s
Tiempo de respuesta - Programable	de 1 a 6500 s
Posibilidad de ajuste cos j dual	Sí, entrada digital o potencia de exportación detectado AUTOMATIC - por defecto
Algoritmo del programa	LIFO PROGRESSIVE
Compatibilidad con 4 cuadrantes	Sí - Operación en 4 cuadrantes para aplicaciones generador
Inteligencia programa	
Inicialización automática y Detección automática	Sí
Detección y visualización de potencia, número de maniobras y pérdida de kVAR de los escalones	Sí
Secuencias	Cualquier secuencia. Sin restricción / limitación de secuencia

Dimensiones



Montaje



Componentes



Figura 1
(1) Capa de metal
(2) Película de polipropileno



Figura 2

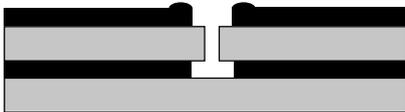
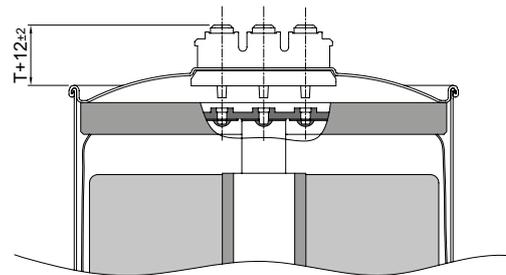
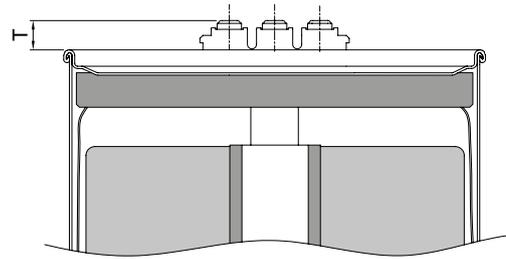


Figura 3



VarPlus Can

Sistemas de seguridad

La utilización de una película de polipropileno evita la necesidad de cualquier impregnante, proporcionando la ventaja de la autocicatrización.

Autocicatrización

La película de plástico aislante del polipropileno está recubierta con una capa metálica de zinc, que constituye un electrodo. Esta capa metálica confiere a la película la propiedad de autocicatrización.

En caso de perforación del aislante, causada por un defecto en la película, la energía desprendida en el punto de defecto hace evaporarse el depósito metálico alrededor del defecto lo que reconstituye el aislamiento.

Sin embargo, la propiedad autocicatrizante tiene límites, en particular si el defecto en la película es demasiado importante: la película alrededor del defecto está deteriorada y pierde sus propiedades aislantes, esto puede implicar un aumento de temperatura y presión en el interior del bote. En este momento el sistema de protección (PSD) comienza a actuar.

PSD (sistema de desconexión por sobrepresión)

Tanto en los condensadores VarPlus Can como en los VarPlusBox, el sistema de seguridad utilizado es el PSD.

El sistema de desconexión por presión, está alojado en la parte superior del condensador, en una especie de cubierta. La desconexión consiste en la separación, ruptura, de las tres fases del elemento base. Esto asegura la desconexión al mismo tiempo en las tres fases evitando la presencia de tensión en el condensador. Los "hilos" están diseñados para permitir la ruptura/separación limpia a una presión predeterminada en el interior del condensador.

Un elemento básico, para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de sobrepresión interna, es la unión entre la envoltura y la "tapa". El ensamblaje se realiza entre la carcasa de aluminio y la "tapa" donde está alojado el sistema de sobrepresión. Este ensamblaje debe de asegurar que no se produce ninguna fuga del gas generado por el proceso de autocicatrización y el gas se mantiene en el interior de la envoltura de aluminio. Si se produjese una fuga de gas, no se produciría presión en el interior de la envoltura y el sistema PSD no funcionaría.

El ensamblaje realizado en el condensador VarPlus Can se ha diseñado y desarrollado con especial atención para asegurar que la unión se mantiene inalterable y ofrece un alto rendimiento en situaciones de estrés tanto térmicas, mecánicas como a nivel de tensión.

Componentes

Condensadores

General

Instalación interior, con una apropiada sujeción, y con una correcta ventilación tanto en la envolvente como en el local.

La temperatura ambiente, alrededor del condensador no debe exceder de 35 °C como valor medio en un año, 45 °C como media en 24 h y 55 °C como máximo (según CEI 60831-1 para la clase de temperatura - 25/D).

Hay que mantener una distancia mínima entre condensadores de 30 mm y mínimo de 30 mm entre condensador y los paneles de la envolvente para disponer de una apropiada circulación de aire.

La distancia entre fases debe ser de 30 mm como mínimo. Para condensadores trifásicos hay que dejar 30 mm mínimo sobre la parte superior del condensador.

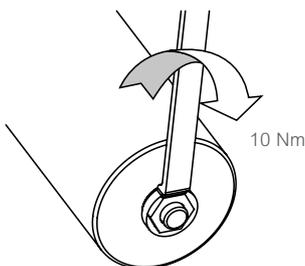
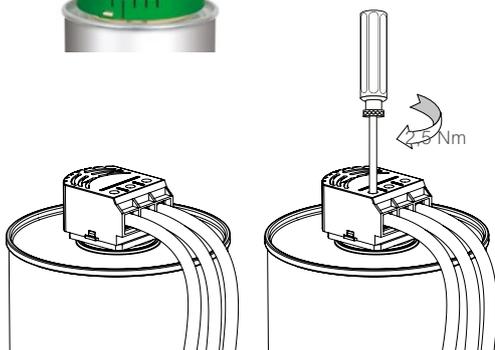
Por favor, asegúrese que no se realiza ningún tipo de presión o fuerza sobre el PSD (desconector sensible a la presión), para que no afecte a su correcto funcionamiento, si fuese necesario.

Conexiones eléctricas

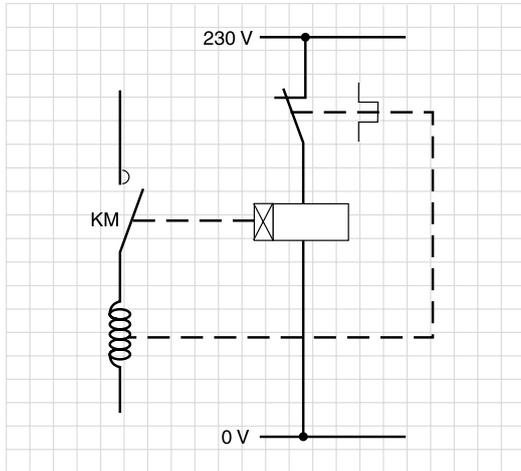
- Seleccionar el cable con la sección adecuada en función de kVAr/tensión
- Como mínimo el cable debe de soportar 90 °C (recomendado 105 °C)
- Quitar 10 mm del aislante del cable y prepararlo para la conexión
- Insertar el conductor, completamente, sin terminales, en el bornero CLAMPTITE, sin dejar ningún filamento fuera del terminal
- Utilizar una pistola neumática para apretar el tornillo de la parte superior del bornero CLAMPTITE. Si no es posible, hay que asegurar un correcto par de apriete, 2,5 Nm, para evitar que se afloje el conductor
- Para los terminales tipo espárrago, el par de apriete debe ser de 20 Nm
- En los condensadores VarPlusBox, el par de apriete para los terminales es:
 - Espárragos M6 – 4 Nm
 - Espárragos M8 – 8 Nm
 - Espárragos M10 – 12 Nm

Montaje

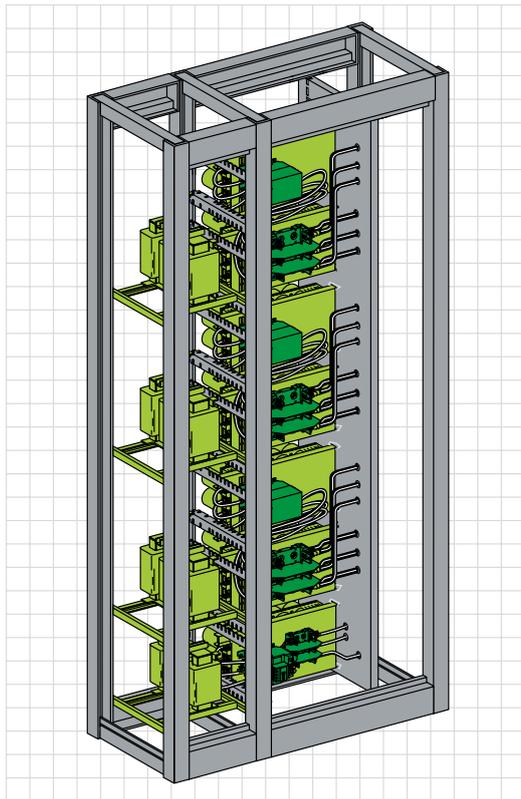
- Los condensadores se pueden montar solos o fila (columna)
- Posición
 - SDuty/Energy: Vertical
 - Hduty: Vertical u Horizontal
- La envolvente del condensador debe de colocarse a tierra
- El condensador debe de instalarse en un lugar seco, lejos de una fuente generadora de calor, y se debe de evitar una atmósfera polvorienta
- Prever una adecuada ventilación
- Aplicar un par de apriete de 8 Nm, para fijar el condensador VarPlusBox sobre las placas de montaje
- Para los VarPlus Can, hay que aplicar 10 Nm, con una tuerca hexagonal



Componentes



Contacto seco normalmente cerrado.



Ejemplo de montaje con inductancias antiarmónicas.

Inductancias

Consejos para la instalación

- Imprescindible ventilación forzada
- Imperativamente en posición vertical para una mejor disipación térmica

La inductancia antiarmónico incorpora una protección térmica, el contacto (normalmente seco) se debe de utilizar para desconectar el escalón (condensador + inductancia) en caso de sobrecalentamiento.

Tensión nominal del condensador

Los condensadores de los filtros pasivos, sintonizados y desintonizados, han sido especialmente diseñados para funcionar en este tipo de equipos. Parámetros tales como la tensión nominal, la sobretensión, la sobrecarga, se han reforzado en comparación con la configuración estándar.

Tensión nominal del condensador (Un) V	Tensión de servicio de la red (Us) V				
	50 Hz		60 Hz		
	400	690	400	480	600
Impedancia relativa	5,7%				
	7%	480	830	480	575
	14%	480	-	480	-

Condiciones límite

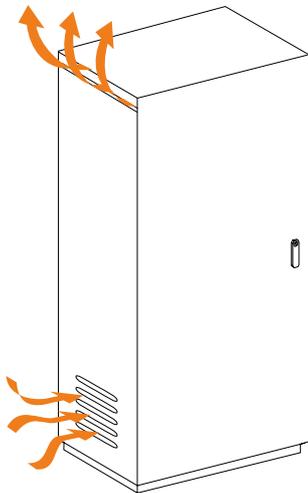
Para evitar sobrecarga tanto en las inductancias antiarmónica como en los condensadores, hay que respetar los valores máximo de tasa de distorsión. Se deben medir los armónicos en tensión y el THDu en secundario del transformador con los condensadores conectados. También hay que tener en cuenta la relación entre la corriente que circula por los condensadores y su valor nominal (Imp/In).

Condición de trabajo límite	THDu máx. %	Rango armónico en tensión					Imp/In máx.
		3	5	7	11	13	
Sduty	5	-	-	-	-	-	1,5
Hduty	7	-	-	-	-	-	1,8
SAH con impedancia del 14%	10	3	8	7	3,5	3	1,12
SAH con impedancia del 7%	8	0,5	6	5	3,5	3	1,19
SAH con impedancia del 5,7%	6	0,5	5	4	3,5	3	1,31

Valores indicativos.

Componentes

Ventilación



Ventilación natural

Los condensadores, contactores, fusibles y las conexiones eléctricas generan una disipación entorno a 2,5 W/kVA, 8 W/kVA cuando hay inductancias antiarmónicas.

Hay que tomar las medidas adecuadas para evitar exceder los valores indicados en la clase de temperatura - 25/D alrededor de los condensadores dentro de la envolvente (+ 55 °C). El flujo del aire debe de fluir de abajo hacia arriba. La relación entre la salida y la entrada de aire debe ser por lo menos una relación igual 1:1.

Para potencias igual o superiores a 200 kVA, en envolventes de 2 metros de alto, se hace necesario la utilización de ventilación forzada. Es recomendable instalar ventilación forzada con extractores en el techo de la envolvente.

En equipos con inductancias antiarmónicas, estas, se recomiendan instalarse en una columna separada de los condensadores. Preferentemente las inductancias en la parte superior y los condensadores en la parte inferior.

La acumulación de calor en una envolvente puede causar daños en los equipos eléctricos. La sobretemperatura disminuye significativamente la expectativa de vida de los diferentes componentes, en especial de los condensadores. Los condensadores tienen una alta sensibilidad hacia las temperaturas elevadas y puede ocasionar daños de gravedad.

Para seleccionar una correcta ventilación de la envolvente, es importante escoger el ventilador apropiado; estos serían algunos de los parámetros a tener en cuenta:

- Pérdidas totales, incluyendo todos los elementos del armario
- IP de la envolvente
- Volumen de la envolvente
- Temperatura ambiente exterior (sala eléctrica)
- Temperatura deseada en la interior de la envolvente

Hay que dejar una distancia mínima de 100 mm entre la pared y el fondo de la envolvente (para envolventes fijación suelo), para permitir una correcta disipación térmica y circulación de aire.

Reglas de ventilación

Se aplican para armarios de altura 2.000 mm, de ancho 600, 700 u 800 mm, de profundidad 400 y 500 mm y de potencia igual o inferior a 405 kVA/400 V/50 Hz por armario (columna) o 250 kVA con inductancias antiarmónicas.

Equipos sin inductancias antiarmónicas.

Potencia reactiva (kVA a 400 V 50 Hz)	Tipo de ventilación	Entrada de aire	Flujo de aire (m3/hora)
Potencia y 100 kVA	Natural	200 cm3	
Potencia de 100 a 200 kVA	Natural	400 cm3	
Potencia > 200 kVA	Forzada		u 0,75 veces la potencia en kVA

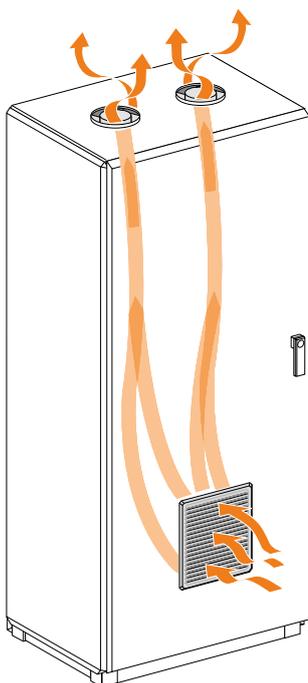
Si el índice de protección del armario (IP) es > 3 ×

Potencia reactiva (kVA a 400 V 50 Hz)	Tipo de ventilación	Entrada de aire	Flujo de aire (m3/hora)
Todas las potencias	Forzada		u 0,75 veces la potencia en kVA

Equipos con inductancias antiarmónicas.

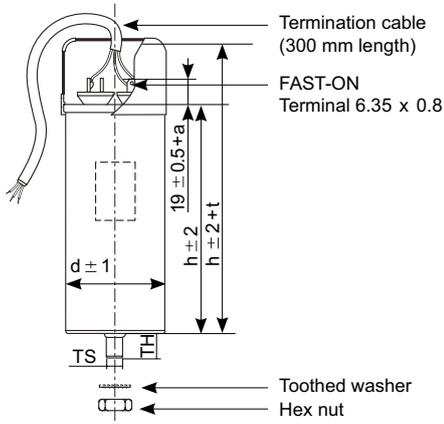
La ventilación debe ser forzada.

El flujo de aire real (m3/h – hay que tener en cuenta las pérdidas de entrada y salida de aire) debe ser superior o igual a 2 veces la potencia instalada en kVA. Por ejemplo: para una potencia instalada de 200 kVA, el flujo de aire real deberá ser de 400 m3/h.

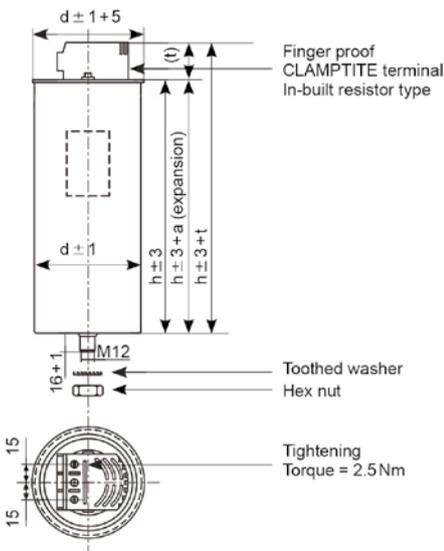


Ventilación forzada

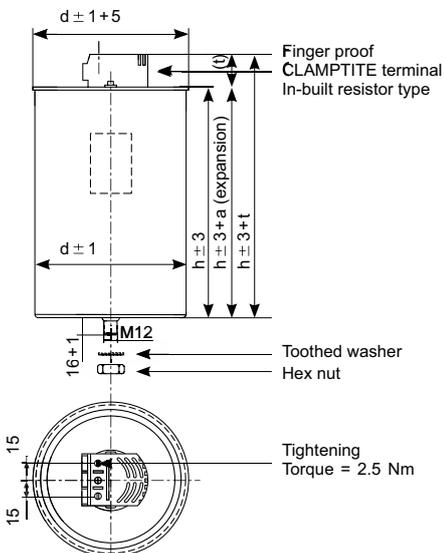
Dimensiones



VarPlus Can DC, HC & LC.



VarPlus Can MC, NC, RC y SC.



VarPlus Can TC, UC y VC.

VarPlus Can

Códigos envolvente: DC, HC & LC

Línea de fuga	16 mm
Holgura	16 mm
Expansión (a)	máx. 10 mm
Par de apriete	M10: 7 Nm M12: 10 Nm
Arandela	M10/M12
Tuerca hexagonal	M10/M12
Tornillo (T S)	M5
Longitud terminal de ensamble (T H)	50 mm

Tamaño (d)	TS	TH
50	M10	10 mm
63	M12	13 mm
70	M12	16 mm

Código envolvente	Diámetro d (mm)	Altura h(mm)	Altura total h + t (mm)	Peso (kg)
DC	50	195	245	0,7
EC	63	90	140	0,5
FC	63	115	165	0,5
HC	63	195	245	0,9
LC	70	195	245	1,1

Códigos envolvente: MC, NC, RC y SC

Línea de fuga	13 mm
Holgura	13 mm
Expansión (a)	máx. 12 mm
Par de apriete	T= 10 Nm
Arandela	J12.5 DIN 6797
Tuerca hexagonal	BM12 DIN 439
Tornillo (T S)	M5
Longitud terminal de ensamble (T H)	30 mm

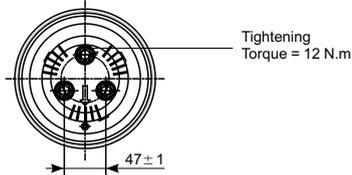
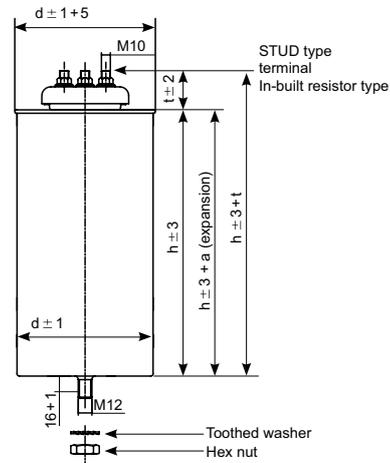
Código envolvente	Diámetro d (mm)	Altura h(mm)	Altura total h + t (mm)	Peso (kg)
MC	75	203	233	1,2
NC	75	278	308	1,2
RC	90	212	242	1,6
SC	90	278	308	2,3

Códigos envolvente: TC, UC y VC

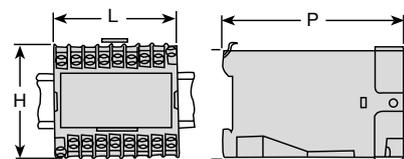
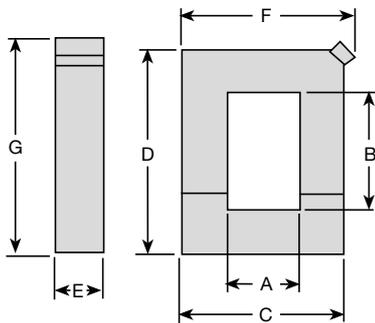
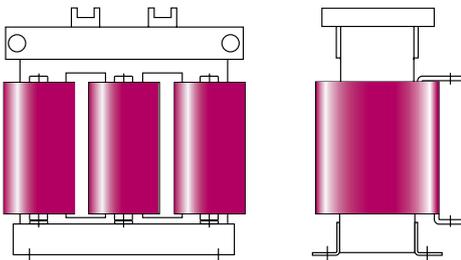
Línea de fuga	13 mm
Holgura	13 mm
Expansión (a)	máx. 12 mm
Par de apriete	T= 10 Nm
Arandela	J12.5 DIN 6797
Tuerca hexagonal	BM12 DIN 439
Tornillo (T S)	M5
Longitud terminal de ensamble (T H)	30 mm

Código envolvente	Diámetro d (mm)	Altura h(mm)	Altura total h + t (mm)	Peso (kg)
TC	116	212	242	2,5
UC	116	278	308	3,5
VC	136	212	242	3,2

Dimensiones



VarPlus Can XC y YC.



Códigos envolvente: XC y YC

Línea de fuga	13 mm
Holgura	34 mm
Expansión (a)	máx. 12 mm
Par de apriete	T= 10 Nm
Arandela	J12.5 DIN 6797
Tuerca hexagonal	BM12 DIN 439
Tornillo (T S)	M10
Longitud terminal de ensamble (T H)	43 mm

Código envolvente	Diámetro d (mm)	Altura h(mm)	Altura total h + t (mm)	Peso (kg)
XC	116	278	321	4,1
YC	136	278	321	5,3

Inductancias, TIs, VarLogic

W (mm)	W1 (mm)	D (mm)	D1 (mm)	H (mm)	Peso (Kg)	Referencia
200	110	140	87	230	8.6	LVR05065A40T
245	205	140	110	230	12	LVR05125A40T
240	205	140	110	230	18.5	LVR05250A40T
260	205	160	120	270	25	LVR05500A40T
380	205	220	120	330	42	LVR05X00A40T
200	110	140	87	230	8.5	LVR07065A40T
245	205	140	110	230	10	LVR07125A40T
240	205	140	110	230	18	LVR07250A40T
260	205	160	120	270	27	LVR07500A40T
380	205	220	120	330	42	LVR07X00A40T
200	110	140	87	230	9	LVR14065A40T
245	205	140	110	230	13	LVR14125A40T
240	205	140	110	230	22	LVR14250A40T
260	205	160	120	270	32	LVR14500A40T
380	205	220	120	330	57	LVR14X00A40T

Transformadores de intensidad X/5 de núcleo abierto

Sección interna	Dimensiones (mm)						
TI X/5 núcleo abierto	a	b	c	d	e	f	g
20 3 30	22	32	90	100	34	98	107
50 3 80	55	82	120	150	34	128	158
80 3 100	82	104	150	172	34	157	179
80 3 125	82	127	150	195	34	157	203

Transformadores Sumadores/5

Nº de sumas	Dimensiones (mm)		
	H	L	P
2	73	75	112
3	73	75	112
4	73	150	112
5	73	150	112





05. Baterías de condensadores VarSet

Diseñadas para un rendimiento excepcional y duradero	97
VarSet Premium Automática	98
VarSet Premium Fija 400 V	100
VarSet Premium Fija SAH	101
VarSet Easy Automática 400 V	102
VarSet Premium Automática 400 V	104
VarSet Premium Automática SAH	108
Dimensiones	112



Diseñadas para un rendimiento excepcional y duradero

Toda la oferta VarSet ofrece una única combinación de habilidades para ofrecerle más comodidad, fiabilidad y rentabilidad en una amplia gama de aplicaciones. Avanzadas a su tiempo, con un diseño y una fabricación meticulosa, donde la calidad de sus componentes, le permitirá disponer durante largo tiempo de su equipo de compensación.



Seguridad

Protección

- Protección con fusible tipo Gg para cada escalón (1)
- Control de temperatura
- Protección IPxxB
- Interruptor automático con mando rotativo, en aquellos equipos que incorporen interruptor automático en cabecera

Envolvente resistente

- Protección con interruptor automático para cada escalón (1)
- IP31: recomendado servicio interior
- IP54: recomendado para ambientes agresivos y polvorientos (servicio interior). Opcional
- IK10, protección contra choques mecánicos
- Soldadura de alta calidad

Ensayos

- Totalmente ensayada conforme IEC 61439-1y2 y IEC 61921

(1) En equipos hasta >300 kvar, para equipos hasta 125 kvar, la protección se realiza únicamente con un interruptor automático en cabecera.

Sencillez

Fácil instalación

- Equipos compactos hasta 300 kVAr
- Acometida inferior o superior (bajo demanda)
- Conexiones fácilmente accesibles para los cables de potencia
- Montaje en pared

Facilidad de uso y mantenimiento

- Puesta en marcha de modo automático, con los reguladores VarLogic
- Fácil acceso a los condensadores VarPlus Can

Comunicación sencilla

- Protocolo de comunicación Modbus para la integración en los sistemas de supervisión y ahorro energético

Fiabilidad y durabilidad

Rendimiento de larga duración

- Multiarquitectura en el condensador
- Contactores específicos para la maniobra de condensadores
- Protección contra sobrecargas y temperaturas en las inductancias antiarmónicos
- Espárrago de toma de tierra soldado en la puerta y en la envolvente

VarSet Premium automática



Condensador VarPlus Can

Componentes

Condensadores VarPlus Can HDuty

Los condensadores VarPlus Can HDuty, diseñados y fabricados para obtener una esperanza de vida elevada y reducidas pérdidas.

Características:

- Elevada esperanza de vida hasta 130.000 horas
- Altas capacidad de sobrecarga con óptimas características térmicas y mecánicas
- Autocicatrización
- Sistema de sobrepresión - desconector de las 3 fases al mismo tiempo
- Resistencias de descarga (50 V/1 min)
- Film más resistente y con metalización especial (corte ondulado) para ofrecer una mayor eficacia térmica y esperanza de vida

Contactores electromagnéticos LC1-D

La maniobra de condensadores produce transitorio resultante de la carga del condensador. Esto genera una sobreintensidad de corriente muy alta, equivalente a un cortocircuito de corta duración.

Los contactores utilizados en nuestros equipos se diseñan específicamente para la maniobra de condensadores. Están provistos con un bloque de contactos permitiendo el paso de la corriente en el cierre y con resistencias de amortiguación que limitan la corriente en la conexión. La utilización de resistencias de amortiguación, reduce los transitorios de tensión; y evita la instalación de inductancias de choque. La esperanza de vida, está entorno a los 300.000 ciclos de funcionamiento/400 V.



Contactores TeSys LC1D

Inductancias antiarmónicas

Las inductancias antiarmónicas permiten proteger a los condensadores contra la contaminación armónica, evitando la amplificación. Se pueden escoger sintonizaciones de 2.7 (135 Hz), 3.8 (190 Hz) y 4.2 (210 Hz), dependiendo de cuál sea el armónico predominante.

Todas las inductancias disponen de un dispositivo de protección térmica para la desconexión del escalón en caso de sobrecarga.



Inductancias antiarmónicas

Envolvente

La envolvente de las baterías VarSet, tiene un índice de protección IK10 frente a los choques mecánicos. El IK10 es la máxima protección contra choques mecánicos y puede soportar una energía de 20 julios.

En función de los requerimientos en la instalación se ofrece.

- IP31: recomendado servicio interior. Protección contra la condensación así como herramientas y cables (> 2,5 milímetros)
- IP54: recomendado para ambientes agresivos y polvorientos (servicio interior). Opcional



Envolventes

VarSet Premium automática



Cofre con puerta abierta

Protección puerta abierta: Seguridad

Todos las baterías VarSet Premium disponen de un IPxxB, que asegura la protección contra contactos directos con la puerta abierta.

Protección por escalón

Cada escalón, está protegido con un interruptor automático⁽¹⁾ garantizando la continuidad de servicio de la batería, aún con un escalón fuera de servicio.

(1) En equipos de >300 kvar; hasta 100 kVAr solo hay protección en cabecera con interruptor automático

Interruptor automático en cabecera

La gama de interruptores automáticos de Schneider Electric se ha diseñado para garantizar la máxima continuidad de servicio.

Las baterías VarSet STD hasta 100 kVAr están siempre protegidos con interruptores automáticos de 15 kA o 35 kA dependiendo de la potencia.

Para el resto de equipos está disponible la versión con o sin interruptor automático en cabecera.

Se incluye mando giratorio para facilitar la desconexión del equipo y como protección adicional para no abrir el equipo en tensión, garantizando la seguridad del personal de mantenimiento.



Interruptores automáticos

Regulador VarPlus Logic

Los reguladores VarPlus Logic miden permanentemente el $\cos \phi$ de la instalación y controlan la conexión y desconexión de los distintos escalones para llegar en todo momento al $\cos \phi$ objetivo.

Transformador auxiliar

Todas las baterías VarSet disponen de un transformador 400/230 V para ayudar y simplificar la instalación. De esta forma no es necesario prever una tensión auxiliar para alimentar a los contactores, regulador, ventiladores, etc.



VarPlus Logic NR6

VarSet Premium fija 400V

VarSet fijo con o sin interruptor automático en cabecera

Presentación

Los equipos VarSet fijos son equipos de compensación que se pueden presentar en cofret o armario, según la potencia del equipo.



Cofret VLVFW0N



Armario VLVFW2N

Características

- Tensión asignada: 400 V trifásicos a 50 Hz
- Tensión nominal del condensador: 415 V
- Tolerancia sobre la capacidad: - 5, + 10%
- Condensador VarplusCan HDuty
- Interruptor automático, carril o caja moldeada. Con mando rotativo prolongado > 100 kVAr
- Nivel de aislamiento: 0,69 kV, excepto la envolvente VLVFW0N = 0,5 kV
- Resistencia 50 Hz 1 minuto: 8 kV
- Corriente máxima admisible: 1,3 In (400 V)
- Tensión máxima admisible (8 h sobre 24 h, según IEC 60831): 1.1Un.
- Grado de protección: IP31
- Grado de resistencia mecánica: IK10
- Perdidas: inferiores a 2,5 W/kVAr
- Categoría de temperatura (400 V):
- Temperatura máxima: 40 °C
- Temperatura media sobre 24 h: 35 °C
- Temperatura mínima: - 5 °C
- Humedad: hasta el 95%
- Altitud máxima: 2.000 m.
- Protección contra contactos directos (puerta abierta). IPxxB
- Color: RAL 7035
- Normas: IEC 61439-1/2, IEC 61921
- Fijación:
 - Cofret: fijación mural
 - Armario: fijación al suelo
- Conexión del cableado de potencia por la parte inferior mediante tapa pasacables

Con interruptor automático en cabecera

Referencias	Q (kVAr)	Icu	Interruptor de cabecera	Armario
Fijación mural - acometida superior				
VLVFW0N03501AA	9	15 kA	IC60H 20A	VLVFW0N
VLVFW0N03502AA	16		IC60H 40A	
VLVFW0N03503AA	22		IC60H 50A	
VLVFW0N03504AA	32		IC60H 63A	
VLVFW1N03506AA	50	35 kA	NSX160F	VLVFW1N
VLVFW1N03507AA	75		NSX250F	
VLVFW1N03508AA	100		NSX250F	
Fijación suelo - acometida inferior				
VLVFW2N03509AA	125	50 kA	NSX400N 400A	VLVFW2N
VLVFW2N03510AA	150		NSX400N 400A	
VLVFW2N03511AA	175		NSX400N 400A	
VLVFW2N03512AA	200		NSX400N 630A	

Sin interruptor automático en cabecera

Referencias	Q (kVAr)	Icu	Armario
Fijación suelo - acometida inferior			
VLVFW2N03509AB	125	30 kA/1s	VLVFW2N
VLVFW2N03510AB	150		
VLVFW2N03511AB	175		
VLVFW2N03512AB	200		

VarSet Premium fija SAH

VarSet fijo con o sin interruptor automático en cabecera

Presentación

Los equipos VarSet fijos SAH son equipos de compensación que se presentan en armario.

Características

- Tensión asignada: 400 V trifásicos a 50 Hz
- Tensión nominal del condensador: 480 V
- Tolerancia sobre la capacidad: - 5, + 10%
- Condensador VarplusCan HDuty con:
- Interruptor automático, carril o caja moldeada.
Con mando rotativo prolongado > 100 kVAr
- Inductancia antiarmónica, sintonización 189 Hz (3,78)
- Nivel de aislamiento:
 - 0,69 kV
 - Resistencia 50 Hz 1 minuto: 8 kV
- Corriente máxima admisible: 1,19 In (400 V)
- Tensión máxima admisible (8 h sobre 24 h, según IEC 60831): 1.1Un.
- Valor de la Icc del embarrado: 35 kA
- Grado de protección: IP31
- Grado de resistencia mecánica: IK10
- Perdidas: inferiores a 6 W/kVAr
- Categoría de temperatura (400 V):
 - Temperatura máxima: 40 °C
 - Temperatura media sobre 24 h: 35 °C
 - Temperatura mínima: - 5 °C
- Humedad: hasta el 95%
- Altitud máxima: 2.000 m.
- Protección contra contactos directos (puerta abierta). IPxxB
- Color: RAL 7035
- Normas: IEC 61439-1/2, IEC 61921
- Fijación:
 - Armario: fijación al suelo
- Conexión del cableado de potencia por la parte inferior mediante tapa pasacables



Armario VLVFF2P

Con interruptor automático en cabecera

Referencias	Q (kVAr)	Frecuencia sintonización	Icu	Interruptor de cabecera	Armario
Equipos suelo - acometida inferior					
VLVFF2P03506AA	50	3.8 / 190 Hz	50 kA	NSX250N 250A	VLVFF2P
VLVFF2P03507AA	75			NSX250N 250A	
VLVFF2P03508AA	100			NSX250N 250A	
VLVFF2P03510AA	150			NSX400N 400A	
VLVFF2P03512AA	200			NSX400N 400A	

Sin interruptor automático en cabecera

Referencias	Q (kVAr)	Frecuencia sintonización	Icu	Armario
Equipos suelo - acometida inferior				
VLVFF2P03506AB	50	3.8 / 190 Hz	35kA/1s	VLVFF2P
VLVFF2P03507AB	75			
VLVFF2P03508AB	100			
VLVFF2P03510AB	150			
VLVFF2P03512AB	200			

VarSet Easy automática 400V



Armario VarSet Easy

Con o sin interruptor automático en cabecera

Presentación

Las baterías VarSet Easy son equipos de compensación automática que se presentan en cofret o en armario

Características

- Tensión asignada: 400 V trifásicos a 50 Hz
- Tensión nominal del condensador: 415 V
- Tolerancia sobre la capacidad: - 5, + 10%
- Escalón formado por:
 - Condensador VarPlus EasyCan con:
Sistema de sobrepresión
Resistencia de descarga: 50 V 1 minuto
 - Contactores específicos para la maniobra de condensadores
 - Interruptor automático Easypact CVS (sólo en los equipos de 125, 150, 175 y 200 kVAr)
- Regulador energía reactiva VarPlus Logic con comunicación Modbus integrada
- Interruptor automático de cabecera (según referencia)
- Nivel de aislamiento:
 - 0,5 kV, hasta 30 kVAr y 0,69 KV hasta 600 kVAr
 - Resistencia 50 Hz 1 minuto: 8 kV
- Máxima sobrecarga admisible: 1,36 In (400 V)
- Tensión máxima admisible (8 h sobre 24 h, según IEC 60831): 1,1 Un
- Int. asignada de corta duración admisible (kA ef):
 - Icw = 30 kA/1 s para los equipos sin protección de cabecera incluida
- Poder de corte:
 - Hasta 30 kVAr Icc 15 kA; y Icc 35 kA para los equipos con interruptor automático de cabecera
- Grado de protección: IP31
- Grado de resistencia mecánica: IK10
- Pérdidas: inferiores a 2,5 W/kVAr
- Categoría de temperatura (400 V):
 - Temperatura máxima: 40 °C
 - Temperatura media sobre 24 h: 35 °C
 - Temperatura mínima: - 5 °C
- Humedad: hasta el 95%
- Altitud máxima: 2.000 m
- Autotransformador 400/230 V integrado (para equipos > 200 kVAr)
- Protección contra contactos directos (puerta abierta). IPxxB
- Color: RAL 7035
- Normas: IEC 61439-1/2, IEC 61921
- Fijación:
 - Cofret: fijación mural
 - Armario: fijación al suelo
- Conexión del cableado de potencia por la parte inferior mediante tapa pasacables
- El TI (5 VA s 5 A) no se suministra, a instalar aguas arriba de la batería y de las cargas
- Para los equipos hasta 200 kVAr, es necesario prever tensión auxiliar 230 V/50 Hz

En el cuadro de Baja Tensión debe preverse una salida para proteger la batería de condensadores, que se realizará bien con un interruptor automático o fusibles y dimensionados entre 1,5 y 1,8 la In de la batería de condensadores.

VarSet Easy automática 400V

	Referencia	Potencia	Escalón más pequeño	Regulación	Número de escalones físicos	Número de escalones eléctricos	Secuencia	
Con interruptor automático de cabecera	VLVAEW0L007A40AA	7,5	2,5	2,5+5	2	3	1.2.2	
	VLVAEW0L015A40AA	15	5	5+10	2	3	1.2.2	
	VLVAEW0L017A40AA	17,5	2,5	2,5+5+10	3	7	1.2.4	
	VLVAEW0L020A40AA	20	5	5+5+10	3	4	1.1.2	
	VLVAEW0L025A40AA	25	5	5+2x10	3	5	1.2.2	
	VLVAEW0L030A40AA	30	5	5+10+15	3	6	1.2.3	
	VLVAEW0L037A40AA	37,5	7,5	7,5+15+15	3	5	1.2.2	
	VLVAEW0L045A40AA	45	7,5	7,5+15+22,5	3	6	1.2.3	
	VLVAEW0L050A40AA	50	10	10+2x20	3	5	1.2.2	
	VLVAEW1L060A40AA	60	10	10+20+30	3	6	1.2.3	
	VLVAEW1L070A40AA	70	10	10+20+40	3	7	1.2.4	
	VLVAEW1L075A40AA	75	15	15+2x30	3	5	1.2.2	
	VLVAEW1L082A40AA	82,5	7,5	7,5+15+2x30	4	11	1.2.3	
	VLVAEW1L090A40AA	90	15	2x15+2x30	4	6	1.1.2	
	VLVAEW1L100A40AA	100	20	20+2x40	3	5	1.2.2	
	VLVAEW2L125A40AA	125	25	25+2x50	3	5	1.2.2	
	VLVAEW2L150A40AA	150	25	2x25+2x50	4	6	1.1.2	
	VLVAEW2L175A40AA	175	25	25+3x50	4	7	1.2.2	
	VLVAEW2L200A40AA	200	25	2x25+3x50	5	8	1.1.2	
	VLVAF3L225A40A	225	25	25+4x50	5	9	1.2.2	
	VLVAF3L250A40A	250	25	2x25+4x50	6	10	1.1.2	
	VLVAF3L275A40A	275	25	25+5x50	6	11	1.2.2	
	VLVAF3L300A40A	300	50	6x50	6	6	1.1.1	
	VLVAF5L350A40A	350	50	7x50	7	7	1.1.1	
	VLVAF5L400A40A	400	50	8x50	8	8	1.1.1	
	VLVAF5L450A40A	450	50	9x50	9	9	1.1.1	
	VLVAF5L500A40A	500	50	10x50	10	10	1.1.1	
	VLVAF5L550A40A	550	50	11x50	11	11	1.1.1	
	VLVAF5L600A40A	600	50	12x50	12	12	1.1.1	
	Sin interruptor automático de cabecera	VLVAF3L225A40B	225	25	25+4x50	5	9	1.2.2
		VLVAF3L250A40B	250	25	2x25+4x50	6	10	1.1.2
		VLVAF3L275A40B	275	25	25+5x50	6	11	1.2.2
		VLVAF3L300A40B	300	50	6x50	6	6	1.1.1
VLVAF5L350A40B		350	50	7x50	7	7	1.1.1	
VLVAF5L400A40B		400	50	8x50	8	8	1.1.1	
VLVAF5L450A40B		450	50	9x50	9	9	1.1.1	
VLVAF5L500A40B		500	50	10x50	10	10	1.1.1	
VLVAF5L550A40B		550	50	11x50	11	11	1.1.1	
VLVAF5L600A40B		600	50	12x50	12	12	1.1.1	

VarSet Premium automática 400V



Cofret VLVAW2N



Armario VLVA5N

Con interruptor automático en cabecera

Presentación

Las baterías VarSet Premium son equipos de compensación automática que se presentan en cofret o armario, según la potencia del equipo.

Características

- Tensión asignada: 400 V trifásicos a 50 Hz
- Tensión nominal del condensador: 415 V
- Tolerancia sobre la capacidad: - 5, + 10%
- Escalón formado por:
 - Condensador VarplusCan HDuty con:
Sistema de sobrepresión
Resistencia de descarga: 50 V 1 minuto
 - Contactores específicos para la maniobra de condensadores
 - Fusibles tipo gG (para potencias > 300 kVAr)
- Regulador energía reactiva serie Varplus Logic, con comunicación Modbus integrada
- Interruptor automático Compact
- Nivel de aislamiento:
 - 0,69 kV, excepto envolvente tipo 0N que son 0,5 kV
 - Resistencia 50 Hz 1 minuto: 6 kV en envolventes 0N y 1N; 8 kV en envolventes 2N y 3N
- Corriente máxima admisible: 1,3 In (400 V)
- Tensión máxima admisible (8 h sobre 24 h, según IEC 60831): 1,1Un
- Valor de la Icc del embarrado: 35 kA (según envolvente)
- Grado de protección: IP31
- Grado de resistencia mecánica: IK10
- Pérdidas: inferiores a 2,5 W/kVAr
- Categoría de temperatura (400 V):
 - Temperatura máxima: 40 °C
 - Temperatura media sobre 24 h: 35 °C
 - Temperatura mínima: - 5 °C
- Humedad: hasta el 95%
- Altitud máxima: 2.000 m.
- Autotransformador 400/230 V integrado.
- Protección contra contactos directos (puerta abierta). IPxxB
- Color: RAL 7035
- Normas: IEC 61439-1/2, IEC 61921
- Fijación:
 - Cofret: fijación mural
 - Armario: fijación al suelo
- Conexión del cableado de potencia por la parte inferior mediante tapa pasacables
- El TI (5 VA s 5 A) no se suministra, a instalar aguas arriba de la batería y de las cargas
- No es necesario prever tensión auxiliar 230 V/50 Hz para alimentar las bobinas de los contactores

Los equipos de más de 600 kVAr, son 2 armarios independientes (maestro – esclavo) cada uno con su acometida de potencia; y cada acometida con el interruptor automático correspondiente.

VarSet Premium automática 400V

Referencias	Q (kVAr)	Escalón más pequeño	Regulación	Núm. de pasos eléctricos	Núm. de pasos físicos	Icu	Interruptor de cabecera	Armario
Fijación mural - acometida inferior								
VLVAW0N03526AA	6	3	3 + 3	2	2	15 kA	IC60H 13A	VLVAW0N
VLVAW0N03501AA	9	3	3 + 6.25	3	2		IC60H 20A	
VLVAW0N03527AA	12.5	3	3 + 3 + 6.25	4	3		IC60H 32A	
VLVAW0N03502AA	16	3	3 + 6.25 + 6.25	5	3		IC60H 40A	
VLVAW0N03503AA	22	3	3 + 6.25 + 12.5	7	3		IC60H 50A	
VLVAW0N03504AA	32	6.25	6.25 + 12.5 + 12.5	5	3		IC60H 63A	
VLVAW1N03505AA	34	3	3 + 6.25 + 12.5 + 12.5	11	4	35 kA	NSX160F 125A	VLVAW1N
VLVAW1N03528AA	37.5	6.25	6.25 + 6.25 + 12.5 + 12.5	6	4		NSX160F 125A	
VLVAW1N03506AA	50	6.25	6.25 + 6.25 + 12.5 + 25	8	4	50 kA	NSX160F 160A	VLVAW2N
VLVAW1N03529AA	69	6.25	6.25 + 12.5 + 25 + 25	11	4		NSX250F 200A	
VLVAW1N03507AA	75	25	25 + 25 + 25	3	3		NSX250F 200A	
VLVAW1N03530AA	87.5	12.5	12.5 + 25 + 25 + 25	7	4		NSX250F 250A	
VLVAW1N03508AA	100	25	25 + 25 + 25 + 25	4	4	50 kA	NSX250F 250A	VLVAW3N
VLVAW2N03509AA	125	25	25 + 50 + 50	5	3		NSX400N 400A	
VLVAW2N03531AA	137.5	12.5	12.5 + 25 + 50 + 50	11	4	65 kA	NSX400N 400A	VLVAW2N
VLVAW2N03510AA	150	50	50 + 50 + 50	3	3		NSX400N 400A	
VLVAW2N03511AA	175	25	25 + 3x50	7	4	50 kA	NSX400N 400A	VLVAW3N
VLVAW3N03512AA	200	25	25 + 25 + 3x50	8	5		NSX400N 400A	
VLVAW3N03513AA	225	25	25 + 4x50	9	5	65 kA	NSX630N 630A	VLVAW3N
VLVAW3N03532AA	238	12.5	12.5 + 25 + 4x50	19	6		NSX630N 630A	
VLVAW3N03514AA	250	25	25 + 25 + 4x50	10	6	65 kA	NSX630N 630A	VLVAW3N
VLVAW3N03515AA	275	25	25 + 5x50	11	6		NSX630N 630A	
VLVAW3N03516AA	300	50	6x50	6	6	NSX630N 630A		
Fijación suelo - acometida inferior								
VLVAF5N03517AA	350	50	50 + 3x100	7	4	50 kA	NS800N	VLVAF5N
VLVAF5N03518AA	400	50	50 + 50 + 3x100	8	5		NS1000N	
VLVAF5N03519AA	450	50	50 + 4x100	9	5		NS1000N	
VLVAF5N03520AA	500	50	50 + 50 + 4x100	10	6		NS1250N	
VLVAF5N03521AA	550	50	50 + 5x100	11	6		NS1250N	
VLVAF5N03522AA	600	50	50 + 50 + 5x100	12	6		NS1250N	
VLVAF7N03534AA	700	25	25 + 25 + 50 + 6x100	28	9	65 kA	NS800H+NS1000H	VLVAF7N (2 acometidas)
VLVAF7N03536AA	900	50	50 + 50 + 8x100	18	10		NS800H+NS1000H	
VLVAF7N03537AA	1000	50	50 + 50 + 9x100	20	11		2xNS1250H	
VLVAF7N03539AA	1150	50	50 + 10x100	23	12		NS1250H+NS1600H	

Kit para pasar de IP31 a IP54



Referencias	Descripción
VLVIP54KIT01	Kit para envolventes talla VLV*W0N,VLV*W1N
VLVIP54KIT02	Kit para envolventes talla VLV*W2N,VLV*W3N
VLVIP54KIT02	Kit para envolventes talla VLVF5N
2 x VLVIP54KIT02	Kit para envolventes talla VLVF7N
VLVIP54KIT03	Kit para envolventes talla VLV*F2P, VLVAF3P, VLVAF5P, VLVAF6P
2 x VLVIP54KIT03	Kit para envolventes talla VLVAF8P

VarSet Premium automática 400V

Sin interruptor automático en cabecera

Presentación

Las baterías VarSet Premium son equipos de compensación automática que se presentan en cofret o armario, según la potencia del equipo.

Características

- Tensión asignada: 400 V trifásicos a 50 Hz
- Tensión nominal del condensador: 415 V
- Tolerancia sobre la capacidad: - 5, + 10%
- Escalón formado por:
 - Condensador VarplusCan HDuty con:
Sistema de sobrepresión
Resistencia de descarga: 50 V 1 minuto
 - Contactores específicos para la maniobra de condensadores
 - Fusibles tipo gG (para potencias > 300 kVAr)
- Regulador energía reactiva serie Varplus Logic, con comunicación Modbus integrada
- Nivel de aislamiento:
 - 0,69 kV
 - Resistencia 50 Hz 1 minuto: 8 kV
- Corriente máxima admisible: $1,3 I_n$ (400 V)
- Tensión máxima admisible (8 h sobre 24 h, según IEC 60831): $1.1 U_n$
- Valor de la Icc del embarrado: 35 kA (según envolvente)
- Grado de protección: IP31
- Grado de resistencia mecánica: IK10
- Pérdidas: inferiores a 2,5 W/kVAr
- Categoría de temperatura (400 V):
 - Temperatura máxima: 40 °C
 - Temperatura media sobre 24 h: 35 °C
 - Temperatura mínima: - 5 °C
- Humedad: hasta el 95%
 - Altitud máxima: 2.000 m.
- Autotransformador 400/230 V integrado
- Protección contra contactos directos (puerta abierta). IPxxB
- Color: RAL 7035
- Normas: IEC 61439-1/2, IEC 61921
- Fijación:
 - Cofret: fijación mural
 - Armario: fijación al suelo
- Conexión del cableado de potencia por la parte inferior mediante tapa pasacables
- El TI (5 VA s 5 A) no se suministra, a instalar aguas arriba de la batería y de las cargas
- No es necesario prever tensión auxiliar 230 V/50 Hz para alimentar las bobinas de los contactores

Los equipos de más de 600 kVAr, son 2 armarios independientes (maestro – esclavo) cada uno con su acometida de potencia.



Armario VLVA5N

VarSet Premium automática 400V

Referencias	Q (kVAr)	Escalón más pequeño	Regulación	Núm. de pasos eléctricos	Núm. de pasos físicos	Icu	Armario
Fijación mural - acometida inferior							
VLVAW2N03509AB	125	25	25 + 50 + 50	5	3	30 kA/1s	VLVAW2N
VLVAW2N03531AB	137.5	12.5	12.5 + 25 + 50 + 50	11	4		
VLVAW2N03510AB	150	50	50 + 50 + 50	3	3		
VLVAW2N03511AB	175	25	25 + 3x50	7	6		
VLVAW3N03512AB	200	25	25 + 25 + 3x50	8	5		VLVAW3N
VLVAW3N03513AB	225	25	25 + 4x50	9	5		
VLVAW3N03532AB	238	12.5	12.5 + 25 + 4x50	19	6		
VLVAW3N03514AB	250	25	25 + 25 + 4x50	10	6		
VLVAW3N03515AB	275	25	25 + 5x50	11	6		
VLVAW3N03516AB	300	50	6x50	6	6		
Fijación suelo - acometida inferior							
VLVAF5N03517AB	350	50	50 + 3x100	7	4	35 kA/1s	VLVAF5N
VLVAF5N03518AB	400	50	50 + 50 + 3x100	8	5		
VLVAF5N03519AB	450	50	50 + 4x100	9	5		
VLVAF5N03520AB	500	50	50 + 50 + 4x100	10	6		
VLVAF5N03521AB	550	50	50 + 5x100	11	6		
VLVAF5N03522AB	600	50	50 + 50 + 5x100	12	6		
VLVAF7N03534AB	700	25	25 + 25 + 50 + 6x100	28	9	65 kA/1s	VLVAF7N (2 acometidas)
VLVAF7N03536AB	900	50	50 + 50 + 8x100	18	10		
VLVAF7N03537AB	1000	50	50 + 50 + 9x100	20	11		
VLVAF7N03539AB	1150	50	50 + 10x100	23	12		

Kit para pasar de IP31 a IP54



Referencias	Descripción
VLVIP54KIT01	Kit para envoltentes talla VLV*W0N,VLV*W1N
VLVIP54KIT02	Kit para envoltentes talla VLV*W2N,VLV*W3N
VLVIP54KIT02	Kit para envoltentes talla VLVF5N
2 x VLVIP54KIT02	Kit para envoltentes talla VLVF7N
VLVIP54KIT03	Kit para envoltentes talla VLV*F2P, VLVAF3P, VLVAF5P, VLVAF6P
2 x VLVIP54KIT03	Kit para envoltentes talla VLVAF8P

VarSet Premium automática SAH



Armario VLVAF6P

Schneider Electric, siempre, hace referencia a la potencia útil a la tensión de servicio, independientemente de la tensión de dimensionamiento de los condensadores.

Con interruptor automático en cabecera

Presentación

Las baterías VarSet Premium son equipos de compensación automática que se presentan en cofret o armario, según la potencia del equipo.

Características

- Tensión asignada: 400 V trifásicos a 50 Hz
- Tensión nominal del condensador: 480 V
- Tolerancia sobre la capacidad: - 5, + 10%
- Escalón formado por:
 - Condensador VarplusCan HDuty con:
 - Sistema de sobrepresión
 - Resistencia de descarga: 50 V 1 minuto
 - Contactores específicos para la maniobra de condensadores
 - Fusibles tipo gG
 - Inductancia antiarmónica, sintonización 189 Hz (3,78)
- Regulador energía reactiva serie Varplus Logic, con comunicación Modbus integrada
- Interruptor automático Compact
- Nivel de aislamiento:
 - 0,69 kV, hasta 200 kVAr y 0,8 kV para > 200 kVAr
 - Resistencia 50 Hz 1 minuto: 8 kV
- Corriente máxima admisible: 1,19 In (400 V)
- Tensión máxima admisible (8 h sobre 24 h, según IEC 60831): 1,1Un
- Valor de la Icc del embarrado: 35 kA
- Grado de protección: IP31
- Grado de resistencia mecánica: IK10
- Perdidas: inferiores a 6 W/kVAr
- Categoría de temperatura (400 V):
 - Temperatura máxima: 40 °C
 - Temperatura media sobre 24 h: 35 °C
 - Temperatura mínima: - 5 °C
- Humedad: hasta el 95%
- Altitud máxima: 2.000 m.
- Autotransformador 400/230 V integrado
- Protección contra contactos directos (puerta abierta). IPxxB
- Color: RAL 7035
- Normas: IEC 61439-1/2, IEC 61921
- Fijación:
 - Armario: fijación al suelo
- Conexión del cableado de potencia por la parte inferior mediante tapa pasacables
- El TI (5 VA s 5 A) no se suministra, a instalar aguas arriba de la batería y de las cargas
- No es necesario prever tensión auxiliar 230 V/50 Hz para alimentar las bobinas de los contactores

Los equipos de más de 600 kVAr, son 2 armarios independientes (maestro – esclavo) cada uno con su acometida de potencia; y cada acometida con el interruptor automático correspondiente.

VarSet Premium automática SAH

Referencias	Q (kVAr)	Escalón más pequeño	Regulación	Núm. de pasos eléctricos	Núm. de pasos físicos	Icu	Interruptor de cabecera	Armario
Fijación suelo - acometida inferior								
VLVAF2P03506AA	50	12.5	12.5 + 12.5 + 25	4	3	50 kA	NSX250N 250A	VLVAF2P
VLVAF2P03507AA	75	25	25 + 50	3	2		NSX250N 250A	
VLVAF2P03508AA	100	25	25 + 25 + 50	4	3		NSX250N 250A	
VLVAF2P03509AA	125	25	25 + 50 + 50	5	3		NSX250N 250A	
VLVAF2P03531AA	137.5	12.5	12.5 + 25 + 50 + 50	11	4		NSX250N 250A	
VLVAF2P03510AA	150	25	25 + 25 + 50 + 50	6	4		NSX400N 400A	
VLVAF2P03511AA	175	25	25 + 50 + 100	7	3	NSX400N 400A	VLVAF3P	
VLVAF2P03512AA	200	50	50 + 50 + 100	4	3	NSX400N 400A		
VLVAF3P03513AA	225	25	25 + 50 + 50 + 100	9	4	NSX630N 630A	VLVAF3P	
VLVAF3P03514AA	250	50	50 + 2x100	5	3	NSX630N 630A		
VLVAF3P03515AA	275	25	25 + 50 + 2x100	11	4	NSX630N 630A	VLVAF5P	
VLVAF3P03516AA	300	50	50 + 50 + 2x100	6	4	NSX630N 630A		
VLVAF5P03517AA	350	50	50 + 3x100	7	4	NS800N	VLVAF5P	
VLVAF5P03518AA	400	50	50 + 50 + 3x100	8	5	NS800N		
VLVAF6P03519AA	450	50	50 + 4x100	9	5	NS1000N	VLVAF6P	
VLVAF6P03520AA	500	50	50 + 50 + 4x100	10	6	NS1250N		
VLVAF6P03521AA	550	50	50 + 5x100	11	6	NS1250N		
VLVAF6P03522AA	600	50	6 x 100	6	6	NS1600N		
VLVAF8P03534AA	700	50	50 + 50 + 6x100	14	8	NS630BH+NS1000H	VLVAF8P (2 acometidas)	
VLVAF8P03535AA	800	50	50 + 50 + 7x100	16	9	NS630BH+NS1000H		
VLVAF8P03536AA	900	50	50 + 50 + 8x100	18	10	NS800H+NS1000H		
VLVAF8P03537AA	1000	50	50 + 50 + 9x100	20	11	NS800H+NS1000H		
VLVAF8P03538AA	1100	50	50 + 50 + 10x100	22	12	NS1000H+NS1250H		
VLVAF8P03539AA	1150	50	50 + 11x100	23	12	2xNS1250H		

Kit para pasar de IP31 a IP54



Referencias	Descripción
VLVIP54KIT01	Kit para envoltentes talla VLV*W0N,VLV*W1N
VLVIP54KIT02	Kit para envoltentes talla VLV*W2N,VLV*W3N
VLVIP54KIT02	Kit para envoltentes talla VLVF5N
2 x VLVIP54KIT02	Kit para envoltentes talla VLVF7N
VLVIP54KIT03	Kit para envoltentes talla VLV*F2P, VLVAF3P, VLVAF5P, VLVAF6P
2 x VLVIP54KIT03	Kit para envoltentes talla VLVAF8P

VarSet Premium automática SAH

Sin interruptor automático en cabecera

Presentación

Las baterías VarSet Premium son equipos de compensación automática que se presentan en cofret o armario, según la potencia del equipo.

Características

- Tensión asignada: 400 V trifásicos a 50 Hz
- Tensión nominal del condensador: 480 V
- Tolerancia sobre la capacidad: - 5, + 10%
- Escalón formado por:
 - Condensador VarplusCan HDuty con:
Sistema de sobrepresión
Resistencia de descarga: 50 V 1 minuto
 - Contactores específicos para la maniobra de condensadores
 - Fusibles tipo gG
 - Inductancia antiarmónica, sintonización 189Hz (3,78)
- Regulador energía reactiva serie Varplus Logic, con comunicación Modbus integrada
- Nivel de aislamiento:
 - 0,69 kV, hasta 200 kVAr y 0,8 kV para > 200 kVAr
 - Resistencia 50 Hz 1 minuto: 8 kV
- Corriente máxima admisible: $1,19 I_n$ (400 V)
- Tensión máxima admisible (8 h sobre 24 h, según IEC 60831): $1,1 U_n$.
- Valor de la Icc del embarrado: 35 kA (según envolvente)
- Grado de protección: IP31
- Grado de resistencia mecánica: IK10
- Perdidas: inferiores a 6 W/kVAr
- Categoría de temperatura (400 V):
 - Temperatura máxima: 40 °C
 - Temperatura media sobre 24 h: 35 °C
 - Temperatura mínima: - 5 °C
- Humedad: hasta el 95%
- Altitud máxima: 2.000 m.
- Autotransformador 400/230 V integrado
- Protección contra contactos directos (puerta abierta). IPxxB
- Color: RAL 7035
- Normas: IEC 61439-1/2, IEC 61921
- Fijación:
 - Armario: fijación al suelo
- Conexión del cableado de potencia por la parte inferior mediante tapa pasacables
- El TI (5 VA s 5 A) no se suministra, a instalar aguas arriba de la batería y de las cargas
- No es necesario prever tensión auxiliar 230 V/50 Hz para alimentar las bobinas de los contactores

Los equipos de más de 600 kVAr, son 2 armarios independientes (maestro – esclavo) cada uno con su acometida de potencia.

Schneider Electric, siempre, hace referencia a la potencia útil a la tensión de servicio, independientemente de la tensión de dimensionamiento de los condensadores.



Armario VLVA5P

VarSet Premium automática SAH

Referencias	Q (kVAr)	Escalón más pequeño	Regulación	Núm. de pasos eléctricos	Núm. de pasos físicos	I _{cw}	Armario
Fijación suelo - acometida inferior							
VLVAF2P03506AB	50	12.5	12.5 + 12.5 + 25	4	3	35 kA/1s	VLVAF2P
VLVAF2P03507AB	75	25	25 + 50	3	2		
VLVAF2P03508AB	100	25	25 + 25 + 50	4	3		
VLVAF2P03509AB	125	25	25 + 50 + 50	5	3		
VLVAF2P03531AB	137.5	12.5	12.5 + 25 + 50 + 50	11	4		
VLVAF2P03510AB	150	25	25 + 25 + 50 + 50	6	4		
VLVAF2P03511AB	175	25	25 + 50 + 100	7	3		
VLVAF2P03512AB	200	50	50 + 50 + 100	4	3		
VLVAF3P03513AB	225	25	25 + 50 + 50 + 100	9	4	35 kA/1s	VLVAF3P
VLVAF3P03514AB	250	50	50 + 2x100	5	3		
VLVAF3P03515AB	275	25	25 + 50 + 2x100	11	4		
VLVAF3P03516AB	300	50	50 + 50 + 2x100	6	4	35 kA/1s	VLVAF5P
VLVAF5P03517AB	350	50	50 + 3x100	7	4		
VLVAF5P03518AB	400	50	50 + 50 + 3x100	8	5		
VLVAF6P03519AB	450	50	50 + 4x100	9	5		
VLVAF6P03520AB	500	50	50 + 50 + 4x100	10	6	65 kA/1s	VLVAF5P
VLVAF6P03521AB	550	50	50 + 5x100	11	6		
VLVAF6P03522AB	600	50	6 x 100	6	6		
VLVAF8P03534AB	700	50	50 + 50 + 6x100	14	8		
VLVAF8P03535AB	800	50	50 + 50 + 7x100	16	9	65 kA/1s	VLVAF8P (2 acometidas)
VLVAF8P03536AB	900	50	50 + 50 + 8x100	18	10		
VLVAF8P03537AB	1000	50	50 + 50 + 9x100	20	11		
VLVAF8P03538AB	1100	50	50 + 50 + 10x100	22	12		
VLVAF8P03539AB	1150	50	50 + 11x100	23	12		

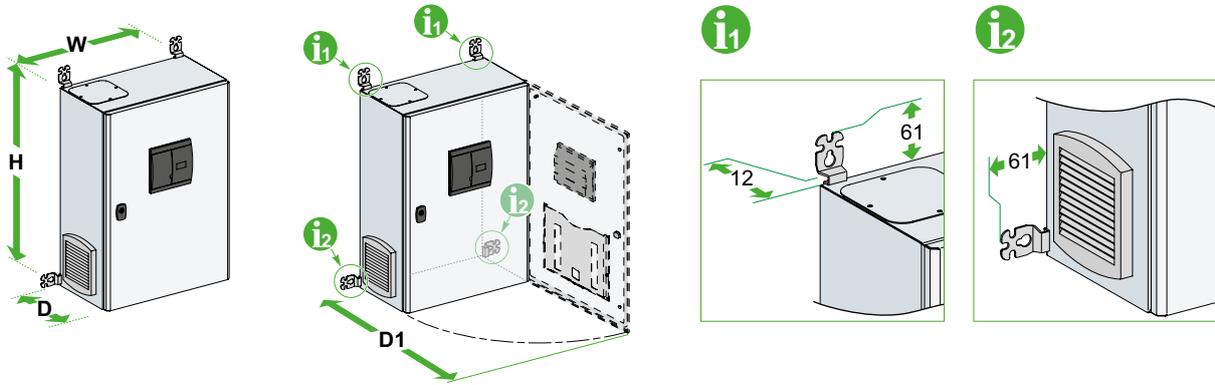
Kit para pasar de IP31 a IP54



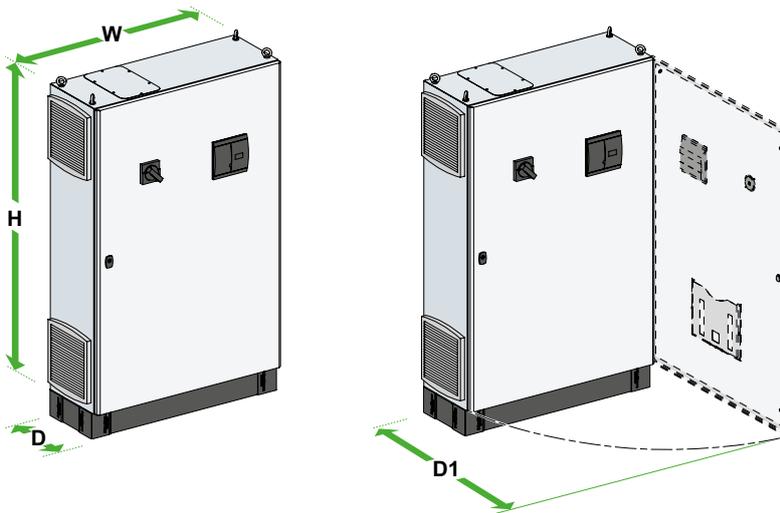
Referencias	Descripción
VLVIP54KIT01	Kit para envoltentes talla VLV*W0N,VLV*W1N
VLVIP54KIT02	Kit para envoltentes talla VLV*W2N,VLV*W3N
VLVIP54KIT02	Kit para envoltentes talla VLVF5N
2 x VLVIP54KIT02	Kit para envoltentes talla VLVF7N
VLVIP54KIT03	Kit para envoltentes talla VLV*F2P, VLVA3P, VLVA5P, VLVA6P
2 x VLVIP54KIT03	Kit para envoltentes talla VLVA8P

Dimensiones

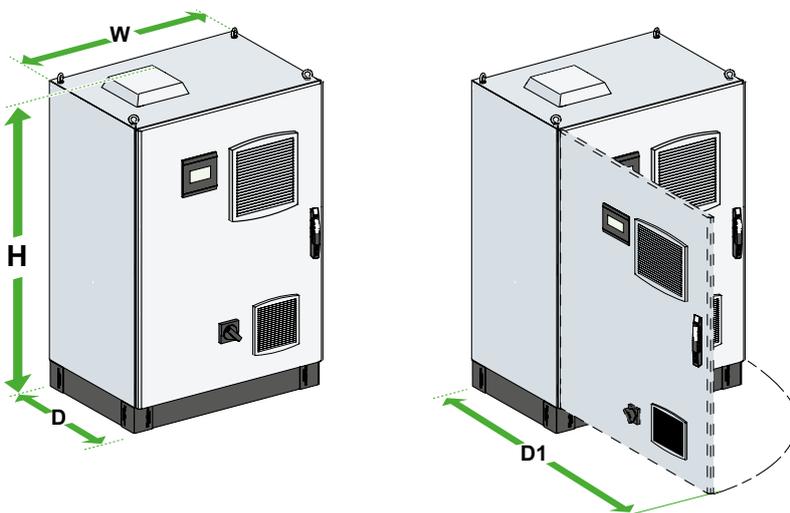
VLVAW0N, VLFW0N, VLVAW1N y VLFW1N



VLV*2N, VLVAW3N y VLVAF3N

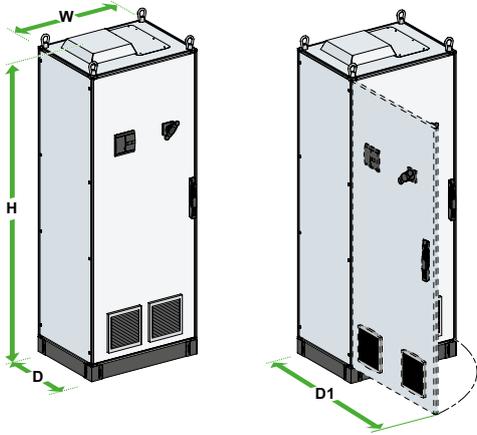


VLV*F2P y VLVAF3P

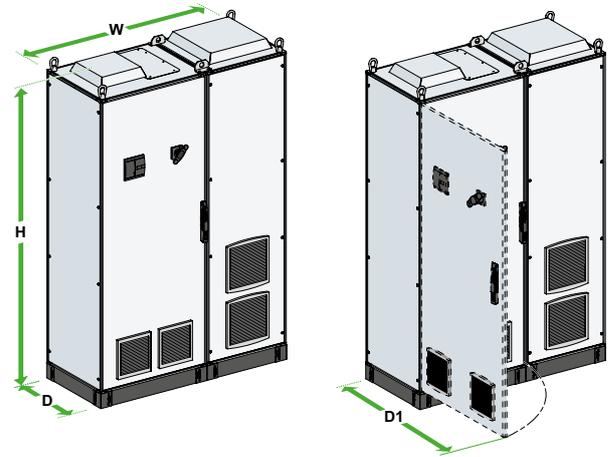


Dimensiones

VLVAF5L, VLVAF5N, VLVAF5P



VLVAF6P



Dimensiones (mm) y pesos máximos (kg)

Tipo	Cofret (fijación mural)						
Modelo	VLVAW0N	VLVFW0N	VLVAW1N	VLVFW1N	VLVAW2N	VLVFW2N	VLVAW3N
H	650	650	700	700	1200 ⁽¹⁾	1200 ⁽¹⁾	1200 ⁽¹⁾
W	450	450	600	600	800	800	1000
D	250	250	300	300	300	300	300
D1	686	686	886	886	1086	1086	1286
Peso	57	48	73	64	131	117	175

(1) Con zócalo + 100 m.

Tipo	Armario (fijación suelo)						
Modelo	VLV*F2P	VLVAF3L	VLVAF3P	VLVAF5N/VLVAF5L	VLVAF6P	VLVA7N	VLVAF8P
H	1400	1100	2000	2200	2200	2200	2200
W	800	800	800	800	1400	1600 ⁽²⁾	2800 ⁽²⁾
D	600	400	600	600	600	600	600
D1	1361	1161	1361	1361	1361	1361	1361
Peso	350	140	400	434	952	868	1904

(2) Los armarios VLVAF7N y VLVAF8P son armarios dobles, suministrados por separado, compuestos por:

VLVAF7N 2 x VLVAF5N

VLVAF8P 2 x VLVAF6P





06. Filtros activos

Principio de funcionamiento de los equipos electrónicos para la mejora de la calidad de onda	116
Aplicación de los filtros activos	117
AccuSine PCSn	122
AccuSine PCS+	124
AccuSine PFV+	126
AccuSine PCSn, AccuSine PCS+, AccuSine PFV+	128
Dimensiones	130

Principio de funcionamiento de los equipos electrónicos para la mejora de la calidad de onda

Los equipos electrónicos para la mejora de la calidad de onda están diseñados para medir la corriente de la carga, calcular los errores desde los objetivos definidos por el usuario, e inyectar la cantidad exacta de corriente para alcanzar los niveles objetivos de armónicos, $\cos \phi$, o el equilibrado de cargas.

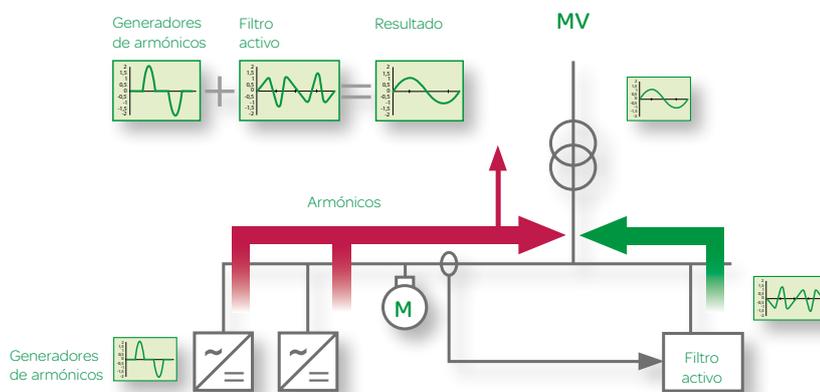
Cuando se requiere la reducción de los armónicos, se mide la corriente de la carga y se calcula el espectro de corrientes armónicas - que es la amplitud y ángulo de fase de cada armónico hasta el rango 50. Entonces se determina la amplitud que se debe de inyectar en el ángulo de fase opuesto para cada orden armónico seleccionado para la reducción armónica. A continuación, se genera una señal de control y los semiconductores (IGBT) duplican la señal de control con la corriente inyectada la fuente. De esta forma la corriente armónica se reduce considerablemente.

La velocidad de la respuesta es controlada por:

- El método de cálculo lógico
- La velocidad de conmutación de los IGBT (también identificado como frecuencia portadora)
- La velocidad del microprocesador de la lógica de control. Las frecuencias portadoras y los microprocesadores son generalmente lo suficientemente rápidos como para proporcionar una respuesta por ciclo

Los filtros activos se diseñan con dos tipos de esquemas de control. La lógica discreta que puede utilizar las transformadas rápidas de Fourier (FFT), u otros medios digitales, para calcular las amplitudes y el ángulo de fase de cada rango armónico. Los dispositivos de potencia están dirigidos a producir una corriente de igual amplitud pero de ángulos de fase opuesta para rangos armónicos específicos. Los modelos AccuSine PCSn y AccuSine PCS+ emplean esta lógica.

El otro esquema de control se denomina cancelación del espectro total. Este esquema de control no realiza la FFT. Los algoritmos de control son analógicos. El controlador recibe la muestra de corriente captada por el transformador, elimina el componente de la frecuencia fundamental y comienza a inyectar la corrección. De este modo, se elimina todo el "ruido" no fundamental (50 Hz) de la fuente eléctrica. Este "ruido" puede contener frecuencias no enteras, también conocidas como interarmónicos.



Principio de funcionamiento

La corrección del $\cos \phi$ calcula el desfase de la corriente fundamental de la tensión de la red para cada ciclo. La lógica de control calcula la amplitud y el cambio de fase necesario para cumplir los objetivos seleccionados por el usuario para la corrección del $\cos \phi$. El IGBT a continuación inyecta la corriente fundamental con el cambio de fase adecuada para alcanzar el objetivo. Tanto el $\cos \phi$ inicial como el objetivo pueden ser en adelanto (capacitivo) o en retraso (inductivo). Valores objetivos próximos a la unidad se pueden cumplir sin inconveniente alguno para la red. Todos los modelos AccuSine realizan la corrección del $\cos \phi$.

De manera similar, la corriente necesaria para corregir el desequilibrio de carga medido (secuencia de corriente negativa) se calcula y se inyecta para equilibrar la carga. Los AccuSine PCS+ y PFV disponen de la función equilibrado de cargas.

Aplicación de los filtros activos



Armónicos

Los armónicos son una preocupación creciente en la gestión de los sistemas eléctricos actuales. Las ingenierías durante el proceso de diseño se ven obligadas a prestar una mayor atención al ahorro de energía y a una mayor disponibilidad de energía eléctrica. En este contexto, el tema de los armónicos es a menudo un tema de discusión.

Pero todavía es necesario explicar y hablar más, con el fin de disipar cualquier duda y evitar malas interpretaciones.

La presencia de los dispositivos de electrónica de potencia se ha incrementado hoy en día debido al aumento de sus capacidades para el control de los procesos industriales y los beneficios del ahorro de energía. Sin embargo, también traen inconvenientes a los sistemas de distribución eléctrica: los armónicos.

La presencia de armónicos en los sistemas eléctricos significa que la corriente y el voltaje se distorsionan y se desvían de la forma de onda sinusoidal.

Origen, efectos y consecuencias

Las corrientes armónicas son causadas por las cargas no lineales conectadas a la red. Una carga se dice que es lineal cuando la corriente dibujada no tiene la misma forma de onda que la tensión de suministro.

El flujo de corrientes armónicas a través de la impedancia del sistema a su vez crea distorsión de tensión que distorsiona la tensión de alimentación.

Equipos que tienen circuitos electrónicos de potencia son típicas cargas no lineales. Este tipo de cargas son cada vez más abundante en todas las instalaciones industriales, comerciales e instalaciones residenciales y su porcentaje en relación a la carga total está creciendo constantemente.

Algunos ejemplos

- Equipos en la industria (soldadores, hornos de inducción, cargadores de baterías, fuentes de alimentación CC)
- Variadores de velocidad para motores CA y CC
- Sistemas de alimentación interrumpida (UPS)
- Equipos de oficina (ordenadores, impresoras, servidores, monitores, etc.)
- Los aparatos electrodomésticos (televisores, hornos microondas, fluorescentes, lavadoras y secadoras, reguladores de luz)

Las corrientes armónicas aumentan la corriente RMS en las instalaciones eléctricas y deterioran la calidad de la tensión de suministro. Producen estrés en la red eléctrica y, potencialmente, daños a los equipos. Pueden interferir en el normal funcionamiento de los dispositivos y aumentar los costos de operación.

Los síntomas de un nivel problemáticos de armónicos incluyen el sobrecalentamiento de los transformadores, motores y cables, el disparo de los dispositivos de protección térmica, y los fallos de la lógica dispositivos digitales. Además, la vida de muchos dispositivos se reduce por el aumento de la temperatura de funcionamiento.

Aplicación de los filtros activos

Bajo factor de potencia (DPF)



La corrección del $\cos \phi$ (o factor de desplazamiento), permite la reducción de los recargos en las facturas eléctricas por el consumo de energía reactiva, y reduce el valor de la corriente RMS de los diferentes dispositivos de potencia, que están presentes en una instalación. Sin embargo la corrección del $\cos \phi$ se está convirtiendo en una misión difícil debido al aumento considerable de las cargas no lineales. Utilizar condensadores de potencia en una instalación eléctrica, donde las cargas no lineales estén presentes puede resultar peligroso tanto para los condensadores como para cualquier otro equipo que esté instalado.

Los condensadores de potencia pueden sufrir daños a consecuencia de un sobrecalentamiento o puede producirse una resonancia. La resonancia puede causar picos muy elevados de tensión que pueden perjudicar a todas las cargas presentes. Esto puede significar disparos intempestivos en los interruptores de potencia y fallos o incluso la destrucción de los equipos. En cualquier caso, se producen paros en la producción.

Cuando en una instalación hay cargas no lineales que superen el 50% de la carga total, la solución para corregir el $\cos \phi$, ya no es viable únicamente con los condensadores de potencia. La corrección del $\cos \phi$, debe conseguirse por otros medios alternativos. Uno de estos métodos es utilizar los filtros activos de armónicos u otro dispositivo de electrónica de potencia que inyecte la corriente reactiva para corregir los $\cos \phi$ bajos.



Otras circunstancias que propician el uso de dispositivos de electrónica de potencia para la corrección del $\cos \phi$ son las cargas con fluctuaciones rápidas.

Dado que los dispositivos de electrónica de potencia miden e inyectan la cantidad exacta de corriente necesaria para cumplir con el $\cos \phi$ deseado por cada ciclo, el continuo cambio de niveles de carga se corrige muy fácilmente. La demanda instantánea de carga se cumple sin dificultad.

La flexibilidad en la instalación de los filtros activos no requiere invertir tiempo para la realización de estudios armónicos para determinar la idoneidad de los equipos de corrección del factor de potencia.

Aplicación de los filtros activos

Equilibrado de cargas



En muchas industrias y edificios, las cargas se instalan utilizando una sola fase o dos fases de potencia. Esto crea desequilibrios de carga por fase en sistemas trifásicos; no importa cuán juiciosamente se hayan organizado las cargas para crear un equilibrio en la distribución de la carga total. El resultado es la creación de una corriente reactiva identificada como una secuencia de corriente negativa.

Una secuencia de corriente negativa no trabaja igual que la corriente de fase desplazada ($\cos \phi$), pero se produce dentro del sistema eléctrico. Esto reduce la capacidad general del sistema - transformadores, cables, y se pierde capacidad en el embarrado. Se pueden producir desconexiones intempestivas a consecuencia que una de las fases tiene una corriente más alta respecto a las otras.



La secuencia de corriente negativa provocará un desequilibrio de tensión (conocido como secuencia de tensión negativa). Del mismo modo, un desequilibrio de tensión trifásico provocará un desequilibrio de corriente en otras cargas. Una provoca a la otra.

Motores de arranque directo (DOL) y generadores asíncronos experimentarán los principales efectos del calentamiento ante muy pequeños desequilibrios de tensión. Un desequilibrio de tensión del 3% puede crear un aumento de la temperatura del 20% en un motor debido al desequilibrio de corriente. Un aumento de temperatura del 10% puede reducir la vida útil de un motor de CA en un 50%.

La secuencia de corriente negativa produce un par negativo en los motores DOL. En algunas aplicaciones, este par negativo puede causar fallos mecánicos de los ejes o acoplamientos, detener la producción durante un período prolongado para su reparación; y adicionalmente los operarios pueden sufrir accidentes ocasionados por piezas que puedan salir despedidas.

En alterna, el desequilibrio en tensión hace que las cargas no lineales dibujen un desequilibrio de corriente. Esto puede provocar fallos prematuros en los dispositivos rectificadores, el disparo intempestivo de los dispositivos de seguridad, o causar picos de corriente que excedan de los límites para los condensadores CC. El resultado es la reducción de la vida útil de las cargas no lineales y fallos intermitentes de los dispositivos de seguridad.

Aplicación de los filtros activos

Fluctuaciones de energía reactiva



Equipos tales como soldadores, hornos de arco, trituradoras, destructoras de papel, acerías, molinos de bolas, etc. operan con variaciones de cargas rápidas y frecuentes. Esto se traduce en cambios rápidos en las necesidades de potencia activa y reactiva. La corriente real debe ser suministrada por la red eléctrica y por lo general es la base del diseño de la red. El aumento de la demanda de potencia reactiva puede provocar que la tensión de la red disminuya significativamente y, a menudo a niveles que producen fallos en las cargas sensibles o que parpadee la iluminación (flicker).

En el caso de la soldadura, los huecos de tensión harán que las soldaduras sean de mala calidad. Por lo que la calidad del producto final (automóviles, tuberías, etc.) se ve seriamente afectada e incrementa la chatarra. Los responsables de la producción deben de tomar acciones correctivas lo que aumenta los costos de producción. La capacidad y la calidad la producción se reduce.



El parpadeo (flicker) es un problema fisiológico que provoca diferentes grados de estrés en los trabajadores. Algunos pueden sufrir problemas de visión, mientras que otros pueden tener graves dolores de cabeza, y algunos incluso pueden llegar a tener vómitos. En todos los casos, los trabajadores, padecen y se produce una pérdida de producción.

El parpadeo también puede verse en los vecinos en la red de suministro eléctrico. Se puede manifestar como parpadeo en el alumbrado, o interferencias en equipos electrónicos, la reinicialización a su posición inicial de relojes. Cualquiera de estos sucesos es motivo de preocupación para la empresa del suministro eléctrico. La compañía eléctrica, por contrato, está obligada a la entregar la energía "limpia" a los usuarios de la red.

Además, muchas de estas cargas emplean fase independiente de la fase de control. El resultado es un desequilibrio de corriente en la red eléctrica que también causa un desequilibrio de tensión.

Este tipo de inyección de corriente reactiva se define como el soporte VAR.



Aplicación de los filtros activos

Tabla resumen de aplicaciones



Aplicaciones	Prestaciones	Ventajas
Contaminación débil + corrección neutro		
Data centers, servidores, hospitales, fabricantes microelectrónica, equipos de rayos X, y resonancia magnética	<p>Aumentar el tiempo de funcionamiento crítico cuando se utilizan generadores y UPS</p> <p>Injectar rápidamente corriente reactiva para evitar sobretensiones</p> <p>Detiene la conexión del neutro antes de fundirse y el neutro del transformador se sobrecarga</p>	<p>Al reducir los armónicos, los grupos y los UPS, tendrán una mayor expectativa de vida útil y un funcionamiento más fiable</p> <p>Aporte en tiempo real de la corriente reactiva para los Blade servers</p> <p>Elimina el consumo de reactiva</p> <p>Mayor vida útil para los transformadores de potencia</p>
Contaminación moderada		
Agua y tratamiento de aguas residuales, fabricas textiles, papeleras, farmaceuticas, plantas de procesado, plantas de embalajes, maquinaria de impresión	<p>THDV < 5%</p> <p>THDi/TDD < 5%</p> <p>cos ϕ 0,95 o mejor</p> <p>Los generadores funcionan eficientemente</p> <p>Elimina la posible resonancia con los condensadores de potencia</p>	<p>Cumplir con la normativa de la industria para THDu y/o THDi /TDD</p> <p>Mejora del cos ϕ; se puede conseguir la unidad</p> <p>Aumento de la capacidad del sistema</p> <p>Aumento de la vida útil de los equipos, al reducirse el calentamiento</p> <p>Aumento de la vida útil de los grupos, por reducción de la corriente RMS</p>
Aplicaciones para Marina: barcos, plataformas petrolíferas	<p>Reducción del THDu y THDi /TDD a < 5%</p> <p>Corrección del cos ϕ a un valor objetivo</p> <p>Equilibrado de cargas</p> <p>Evita las condiciones de resonancia</p>	<p>Cumplimiento de las normas off-shore</p> <p>Detiene las inestabilidades de los grupos</p> <p>Reduce el calentamiento de los grupos, aumentando su vida útil</p> <p>Reduce el estrés de los embarrados y cables</p> <p>Incrementa la capacidad de los grupos</p>
Contaminación fuerte		
Grúas de puertos, acerías, equipos de corriente continua y fuentes de alimentación	<p>Dinámico y continuo soporte para obtener un TDD < 5%</p> <p>Dinámico y continuo soporte para obtener un cos ϕ > 0,95</p> <p>Reduce los huecos de tensión como consecuencia de las corrientes inversas (cargas regeenrativas)</p> <p>No interacción con los condensadores de potencia</p>	<p>Cumplir con la normativa</p> <p>Aumento de la vida utilil de los equipos de BT, reducción del valor de la RMS</p> <p>Incremento de la producción</p>
Contaminación extrema		
Soldadores de arco (industria automóvil y tuberías), Hornos de arco (acero y fundición de reciclaje), Motores lineales de inducción (parques de atracciones), Trituradoras (reciclaje), Molinos de bolas (trituradoras de rocas)	<p>Compensación ultrarapida, inyección en 1 ciclo</p> <p>Reducción flickers</p> <p>Reducción de los huecos de tensión, producidos por los picos de corriente</p>	<p>Alcanzar la normativa en industria para el nivel de armónicos, cos ϕ y flickers</p> <p>Elimina el estrés de los componentes, mayor vida, un funcionamiento más fiable</p> <p>Mejor calidad de los productos</p> <p>Mejora la capacidad de producción</p>

AccuSine PCSn

La solución de Schneider Electric para el filtrado activo de armónicos en edificios e instalaciones comerciales.



AccuSine PCSn mural IP21



Modulo AccuSine PCSn en rack (unidad principal)

Características	
Especificaciones técnicas	
Rango de corrientes de salida (RMS)	Chasis IP00: 20 A, 30 A, 50 A, 60 A Mural IP21: 20 A, 30 A, 50 A, 60 A Rack: 30 A, 60 A
Características de la instalación eléctrica	
Tensión nominal	208 - 415 VAC, -15%/+10%
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz, ± 3 Hz detección automática
Número de fases	3 fases/3 hilos o 3 fases/4 hilos
Tipo de compensación	3 fases o 3 fases + neutro
Tipos de tierra admitidos	TT, TN-C, TN-S, TN-C-S, IT
Distorsión tensión en red	Max. 20% fase a fase (hasta el H30)
Límite huecos tensión	Profundidad del hueco: 10%, Área del hueco (AN): 13,667 V μ s @ 400 V según IEEE 519-2014, Anexo C
Características técnicas del equipo	
Electrónica de potencia	IGBT; inversor de 3 niveles
Topología	Digital armónicos FFT (Transformada rápida de Fourier) Digital energía reactiva instantánea
Eficiencia y pérdidas	400 - 415 Vac $\geq 97\%$ Compensación 3F: ≤ 20.4 W/A Compensación 3F+N: ≤ 22.6 W/A
Transformadores de intensidad (TI)	Cualquier relación, con 1 o 5 amperios en el secundario Precisión tipo 1; 50/60 o 400 Hz Conectado a tierra; Pueden compartirse con otros equipos.
CT VA	1 A: 0.04 VA 5 A: 1 VA
TIs necesarios	2 o 3 TIs para cargas trifásicas 3 TIs para cargas monofásicas o con cargas conectadas al neutro
Posición TIs	TI en sentido red o TI en sentido carga
Forma de control	Lazo cerrado o lazo abierto
Cancelación espectro	Del H2 al H51, discreta; totalmente seleccionable por orden armónico (amplitud % y on/off)
Modos de trabajo	De forma simultánea o individual - Corrección armónico por fase - Corrección de la corriente del neutro con límite ajustable por el usuario hasta 3 veces la corriente nominal del equipo - Corrección del factor de potencia (cos ϕ) - Equilibrio de carga de red
Características operacionales	THDi % objetivo THDv % objetivo PF objetivo
Atenuación armónica	THDi < 3% en lazo cerrado; max 20:1 THDi (con la carga armónica alrededor del 50% de la corriente nominal del equipo) Requiere una impedancia del 3% o mayor para cada carga no lineal
Corrección del FP	Capacitivo (Leading) o inductivo (lagging), para conseguir el Cos phi objetivo
Equilibrado de cargas	Secuencia negativa o cero; seleccionable individualmente o simultáneamente
Exceso inyección armónica	Se detiene la inyección armónica de un rango específico, si hay resonancia o se detecta falta de impedancia; también se puede detener manualmente
Características técnicas del equipo	
Equipos en paralelo	Hasta 12 unidades por cada conjunto de TIs, se pueden combinar unidades de cualquier tamaño
Posibilidades de funcionamiento en paralelo	Maestro/Maestro, Maestro/Eslavo, Multi-Maestros/multi-esclavos (los maestros reciben los TIs)
Arquitectura paralelo	Redundancia distribuida sin necesidad de un controlador independiente
Opciones de secuencias en paralelo	Load Share: Todas las unidades funcionan con el mismo porcentaje de inyección (salida) Cascada: lLead/lag con rotación de equipo: un equipo inyecta la capacidad total, antes que la siguiente unidad inyecte; rotación programada
Asignación de ID a cada unidad	Capacidad de la asignación de ID en paralelo automática, también es posible configurarla manualmente.
Redundancia paralela	Cualquier equipo con conexión a los TI se convierte de forma automática en maestro, si el equipo definido inicialmente como maestro queda fuera de servicio. Aumento automático en la inyección en todos los equipos para compensar la capacidad del equipo fuera de servicio
Control por HMI en las unidades en paralelo	Cualquier equipo permite la visualización y el cambio de configuración de los parámetros del conjunto o de un equipo que forme parte del conjunto

AccuSine PCSn



AccuSine PCSn mural IP21



Modulo AccuSine PCSn en rack (unidad principal)

Control y comunicaciones	
Comunicaciones en paralelo	Propietario COM Bus entre las unidades en servicio.
Tiempo de respuesta	40 - 60 μ s
Tiempo corrección armónicos	≤ 2 ciclos
Tiempo corrección reactiva	$\leq 1/2$ ciclo
Comunicaciones	Modulos base: Modbus RTU y Modbus TCP/IP Extensiones: Modbus RTU
Entradas / salidas	4 entradas y 4 salidas, contactos secos; asignables
Condiciones ambientales	
Temperaturas de funcionamiento	Entre 0 °C y 45 °C Reducción de la capacidad nominal un 2% por cada grado centigrado hasta los 50 °C
Humedad relativa	Hasta un 95%, sin condensación
Altitud de funcionamiento	1.000 m (Reducción de la capacidad nominal un 1%/ cada 100 m), máx 4.800 m. Por encima de 3000 m requiere una base sólida
Parada por temperatura ambiente	Parada del equipo si la temperatura de entrada de aire alcanza 51 °C
Limites de salida predefinidos (rms)	Límite establecido programable por altitud o temperatura ambiente - se convierte en límite de salida fija
Condiciones de almacenaje (con el embalaje original)	Temperatura: -20 °C a 60 °C Humedad relativa: hasta el 95%, sin condensación Limpio, seco y protegido No están permitidas partículas conductoras
"Niveles de contaminación en funcionamiento (IEC 60721-3-3)"	Química, clase 3C2 Mecánica, clase 3S2 No están permitidas partículas conductoras
"Niveles de contaminación - transporte y almacenaje (IEC 60721-3-3)"	Química, clase 3C3 Mecánica, clase 3S3 Cuando se encuentra embalado con su embalaje original No están permitidas partículas conductoras
Normativa	
Diseño	IEC 62477-1, IEC 61439-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4 Class A, ISO 9001, IEEE Std 519-2014
EMC conformidad	EN 61000-6-4 Class A (Emissions), EN 61000-6-2 (Immunity)
Cumplimiento sísmico	IBC 2015, ICC-ES AC156 ($S_{DS} = 2.47$ g)
Certificación de producto	CE , RCM, EAC, RoHS, IBC
Instalación	
Instalación	Interior Vertical: chasis IP00 y mural IP21. Horizontal: montaje en bastidor de 19"
IP	Chasis: IP00, Mural: IP20, Rack IP20
Protecciones	No incluida; prever protección externa para cada unidad. Recomendable protección diferencial: 500 mA
Entrada cables	Parte inferior para modelos murales o suelo y frontal para los modulos rack
Configuración refrigeración	Ventilación forzada controlada de velocidad variable. Flujo de aire: 560 m ³ / hr Equipos en chasis y mural: de abajo a arriba Equipos tipo rack: de adelante hacia atrás No están permitidas partículas conductoras
Ruido	63 dB(A)
Dimensiones (mm) alto x ancho x fondo	Chasis y mural 960 x 440 x 265 mm Rack: 265 x 440 x 960 mm (6 U) (1 U = 1.75" = 44.45 mm)
Color y envoltorio	Carcasa de acero galvanizado Revestimiento en polvo Lt. gris RAL7035 para montaje en pared, rejilla frontal para montaje en bastidor
Prestaciones	
Display	MHMI (Magelis STU), alta definición, pantalla en color y táctil TFT QVGA 64 k
Interfaz del usuario	Chasis IP00: 144 mm (5.7") suministrado para montaje remoto Mural IP20: 144 mm (5.7") Rack: 90 mm (3.5") Unidades de expansión: no se requiere HMI
Opciones de interfaz de usuario	Lenguaje sencillo, sin código críptico. Varios idiomas: inglés, francés, español, portugués, chino y coreano
Puerto de servicio	2 x puertos USB para actualización de firmware, archivo de diagnóstico y descarga de registro de eventos, conexión a PC. Los diagnósticos se pueden descargar a través de un PC incluso si la unidad está desactivada
Puesta en marcha	Protocolo de puesta en marcha paso a paso a través de HMI. Informe de puesta en servicio a bordo para descargar, no se requiere software adicional. Calibración automática de TC, detección de polaridad y corrección. Secuencia de fases no identificable. Control de conexión neutra de la unidad automática

AccuSine PCS+

La solución de Schneider Electric para filtrado activo de armónicos en las instalaciones industriales



Características	
Especificaciones técnicas	
Rango de corrientes de salida (RMS)	60 A, 120 A, 200 A, 300 A - 380 V CA a 480 V CA 47 A, 94 A, 157 A, 235 A - 480-600 V CA 40 A, 80 A, 133 A, 200 A - 600-690 V CA
Características de la instalación eléctrica	
Tensión nominal	380-480 V CA; +10%/-15% 480-600 V CA; +10%/-15% 600-690 V CA; +10%/-15%
Frecuencia nominal	50/60 Hz, ± 3 Hz detección automática
Número de fases	3-fases, con o sin neutro
Funcionamiento con cargas monofásicas	Si; ningún efecto sobre la corriente de neutro
Características técnicas del equipo	
Electrónica de potencia	IGBT; inversor de 3 niveles
Topología	Digital armónicos FFT (Transformada rápida de Fourier) Digital energía reactiva
Pérdidas	A 480 V CA < 3%; y a 690 V CA < 5%
Transformadores de intensidad (TI)	Cualquier relación, con 1 o 5 amperios en el secundario Precisión tipo 1 50/60 o 400 Hz Conectado a tierra
Cantidad de TIs	2 o 3 para instalaciones de 3 hilos 3 para instalaciones de 4 hilos
VA del TI con carga	15 m Ω
Cancelación espectro	Del H2 al H51, discreta; totalmente seleccionable por orden armónico (amplitud y on/off)
Forma de control	Lazo cerrado para nuevas instalaciones ⁽¹⁾ Lazo abierto compatible para la renovación / actualización de aplicaciones
Posición TIs	Lazo cerrado: TI en sentido red o TI en sentido carga para un único equipo ⁽²⁾ Lazo abierto: TI en sentido de la carga o TI sentido red, para un único equipo ⁽³⁾
Atenuación armónica	Lazo cerrado: < 3% THD(i); máx 20:1 THD(i) reducción con carga armónica de corriente superior al 50% del valor del filtro activo AccuSine PCS+ Lazo abierto: < 5% TDD Requiere una impedancia inductiva del 3% o mayor para cada carga no línea
Características operacionales	THDi % objetivo THDv % objetivo
Exceso inyección armónica	Se detiene la inyección armónica de un rango específico, si hay resonancia o se detecta falta de impedancia; también se puede detener manualmente
Equipos en paralelo	Hasta 10 unidades por cada conjunto de TI (hasta H51), con cualquier combinación de tamaño y compatibles con gamas anteriores de filtros AccuSine PCS. Si hay necesidad de más de 10 unidades en paralelo, consultar
Posibilidades de funcionamiento en paralelo	Maestro/Maestro Maestro/Esclavo Multi-Maestros/multi-esclavos Igual que AccuSine PCS para ampliaciones / sustituciones
Opciones de secuencias en paralelo	Lead/lag con rotación de equipo: un equipo inyecta la capacidad total, antes que la siguiente unidad inyecte; rotación programada. Load Share: Todas las unidades funcionan con el mismo porcentaje de inyección (salida)
Redundancia paralela	Cualquier equipo con conexión a los TI se convierte de forma automática en maestro, si el equipo definido inicialmente como maestro queda fuera de servicio. Aumento automático en la inyección en todos los equipos para compensar la capacidad del equipo fuera de servicio.
Control por HMI en las unidades en paralelo	Cualquier equipo permite la visualización y el cambio de configuración de los parámetros del conjunto o de un equipo que forme parte del conjunto
Comunicaciones en paralelo	Proprietario COM Bus entre las unidades en servicio
Corrección del factor de potencia	Capacitivo (Leading) o inductivo (lagging), para conseguir el Cos ϕ objetivo
Equilibrado de cargas	Inyección de corriente de secuencia negativa para equilibrar la corriente fundamental en la red como consecuencia del desequilibrio de las cargas (inherentemente también se corrige el Cos ϕ)
Tiempo de respuesta	25 μ s
Tiempo corrección armónico	2 ciclos
Tiempo corrección reactiva	1/4 ciclo
Pantalla	144 mm QVGA TFT 64k-pantalla táctil en color
Idiomas	Inglés
Interface	Magelis HMI STU pantalla táctil
Parámetros visualizados en pantalla	THDi, THDv, osciloscopio para la visualización de los parámetros seleccionados, diagrama de fases, potencia de la carga, corrientes medidas I _h , I _s , I _f , I secuencia negativa, PF (Cos ϕ), corrientes inyectadas I _h , I reactiva, I secuencia negativa, etc.

(1) Por defecto y método de control preferido.

(2) TIs auxiliares necesarios para equipos en paralelo con los TIs en sentido de la carga.

(3) TIs auxiliares necesarios para equipos en paralelo con los TIs en sentido de la red (fuente).

AccuSine PCS+



Control y comunicaciones	
Comunicaciones	Modbus RTU, Modbus TCP/IP
Entradas / salidas	4 entradas y 4 salidas, contactos secos; asignables
Nivel ruido (ISO3746)	<70 db a un metro del equipo
Color	RAL7035 Envoltorio; RAL7022 zócalo
Sistemas de Tierra	Soporta TT, TN, e IT Filtro EMC para sistemas IT
Condiciones ambientales	
Temperaturas de funcionamiento	Entre 0 °C y 40 °C Reducción de la capacidad nominal un 2% por cada grado centígrado hasta los 50 °C
Humedad relativa	Hasta un 95%, sin condensación
Calificación sísmica	Cumple con IBC y ASCE7
Altitud de funcionamiento	1.000 m (Reducción de la capacidad nominal un 1%/ cada 100 m), máx 4.800 m.
Reversión automática de salida	Ocurre cada vez que el sensor de temperatura del disipador de calor supera el límite de temperatura
Parada por temperatura ambiente	Parada del equipo si la temperatura de entrada de aire alcanza 51 °C
Límites de salida predefinidos (rms)	Límite establecido programable por altitud o temperatura ambiente - se convierte en límite de salida fija Temperatura: -20 °C a 60 °C
Condiciones de almacenaje (con el embalaje original)	Humedad relativa: hasta el 95%, sin condensación Limpio, seco y protegido No están permitidas partículas conductoras
"Niveles de contaminación en funcionamiento (IEC 60721-3-3)"	Química, clase 3C2 Mecánica clase 3S2 No están permitidas partículas conductoras
"Niveles de contaminación - transporte y almacenaje (IEC 60721-3-3)"	Química, clase 3C3 Mecánica clase 3S3 Cuando se encuentra embalado con su embalaje original No están permitidas partículas conductoras
Normativa	
Diseño	Certificación CE EMC , IEC/EN 60439-1, EN 61000-6-4 Class A, EN 61000-6-2
Índice protección	IP31, IP54
Normativa/ Certificaciones	cULus (UL508 , CSA 22.2 No. 14) Certificación CE , ABS, Lloyds
Instalación	
Suelo	IP31, IP54
Protecciones	Interruptor automático o fusibles (mínimo In 3 1,25)
AIC Rating	hasta 415 V CA - 200 kA cULus; 125 kA IEC hasta 480 V CA - 200 kA cULus; 75 kA IEC hasta 600 V CA - 100 kA cULus; 100 kA IEC hasta 690 V CA - no cULus rating; 100 kA IEC
Entrada cables	Parte superior o inferior con placa pasacables
Configuración refrigeración	Cámaras de aire independientes para la sección del disipador de calor y la sección de las PCBA. Disipador térmico, entrada por abajo salida por arriba. Todos los componentes clasificados para IP54 o superior => sin filtro requerido. La entrada de aire para las PCBA debe estar limpia y seca (puede ser necesario filtro). No están permitidas partículas conductoras
Prestaciones	
HMI (Magelis STU)	Salida con un lenguaje sencillo (no hay códigos crípticos). Puerto USB para la carga de nuevo software y transferencia de registros operacionales
Puerto de servicio	Puerto USB: puesta en servicio, programación, o diagnóstico a través de un ordenador portátil; (el portátil proporciona energía a la tarjeta de control cuando no hay alimentación en la unidad)
Puesta en marcha	En campo, proceso paso a paso; detección automática del TI, rotación de fases y polaridad; relación del transformador externo y cambio de fase, test de temperatura, etc.

Aplicaciones habituales



Oil and gas

- Plataformas petrolíferas y/o gasísticas
- Grúas para puertos
- Acerías
- Tratamiento de agua/aguas residuales



Water



Cement

- HVAC
- Automoción
- Plantas de procesamiento
- Tratamiento de papel



HVAC



Building

- Parques eólicos y solares
- Remontes, ascensores (esquí o edificios)
- Buques
- etc.



Wind mills

AccuSine PFV+

La solución de Schneider Electric para la compensación de corriente reactiva electrónica para soluciones específicas y de alto rendimiento



Características	
Especificaciones técnicas	
Rango de corrientes de salida (RMS)	60 A, 120 A, 200 A, 300 A - 380 V CA a 480 V CA 47 A, 94 A, 157 A, 235 A - 480-600 V CA 40 A, 80 A, 133 A, 200 A - 600-690 V CA
Características de la instalación eléctrica	
Tensión nominal	380-480 V CA; +10%/-15% 480-600 V CA; +10%/-15% 600-690 V CA; +10%/-15%
Frecuencia nominal	50/60 Hz, ±3 Hz detección automática
Número de fases	3-fases, con o sin neutro
Funcionamiento con cargas monofásicas	Sí; ningún efecto sobre la corriente de neutro
Características técnicas del equipo	
Electrónica de potencia	IGBT; inversor de 3 niveles
Topología	Digital, respuesta en 1/4 ciclo
Pérdidas	A 480 V CA < 3%; y a 690 V CA < 5%
Transformadores de intensidad (TI)	Cualquier relación, con 1 o 5 amperios en el secundario Precisión tipo 1 50/60 o 400 Hz Conectado a tierra
Cantidad de TIs	2 o 3 para instalaciones de 3 hilos 3 para instalaciones de 4 hilos
VA del TI con carga	15 mΩ
Forma de control	Lazo cerrado para nuevas instalaciones ⁽¹⁾ Lazo abierto compatible para la renovación / actualización de aplicaciones
Posición TIs	Lazo cerrado: TI en sentido red o TI en sentido carga para un único equipo ⁽²⁾ Lazo abierto: TI en sentido de la carga o TI sentido red, para un único equipo ⁽³⁾
Equipos en paralelo	Hasta 10 unidades por cada conjunto de TI (hasta H51), con cualquier combinación de tamaño y compatibles con gamas anteriores de filtros AccuSine PCS. Si hay necesidad de más de 10 unidades en paralelo, consultar
Posibilidades de funcionamiento en paralelo	Maestro/Maestro Maestro/Esclavo Multi-Maestros/multi-esclavos Igual que AccuSine PCS para ampliaciones / sustituciones
Opciones de secuencias en paralelo	Lead/lag con rotación de equipo: un equipo inyecta la capacidad total, antes que la siguiente unidad inyecte; rotación programada. Load Share: Todas las unidades funcionan con el mismo porcentaje de inyección (salida)
Redundancia paralela	Cualquier equipo con conexión a los TI se convierte de forma automática en maestro, si el equipo definido inicialmente como maestro queda fuera de servicio. Aumento automático en la inyección en todos los equipos para compensar la capacidad del equipo fuera de servicio.
Control por HMI en las unidades en paralelo	Cualquier equipo permite la visualización y el cambio de configuración de los parámetros del conjunto o de un equipo que forme parte del conjunto
Corrección del factor de potencia	Capacitivo (Leading) o inductivo (lagging), para conseguir el Cos φ objetivo
Equilibrado de cargas	Inyección de corriente de secuencia negativa para equilibrar la corriente fundamental en la red como consecuencia del desequilibrio de las cargas (inherentemente también se corrige el Cos φ)
Mantenimiento tensión (modo Volt-VAR)	Mantiene la tensión de red por la inyección de VAR: Mantiene un valor objetivo de tensión con la inyección de capacitiva VARs para aumentar la tensión e inductiva para bajarla. Incluye ajuste en la velocidad.
Tiempo de respuesta	25 μs
Tiempo corrección armónico	2 ciclos
Tiempo corrección reactiva	1/4 ciclo
Display	145 mm QVGA TFT 7- pantalla táctil
Pantalla	144 mm QVGA TFT 64k-pantalla táctil en color
Idiomas	Inglés
Gestión	Magelis HMISTU pantalla de panel táctil
Parámetros visualizados	THDi, THDv, osciloscopio para la visualización de los parámetros seleccionados, diagrama de fases, potencia de la carga, corrientes medidas I _h , I _s , I _f , I secuencia negativa, PF (Cos φ), corrientes inyectadas I _h , I reactiva, I secuencia negativa, etc.
Comunicaciones	Modbus RTU, Modbus TCP/IP
Entradas / salidas	4 entradas y 4 salidas, contactos secos; asignables
Nivel ruido (ISO3746)	< 75 db a un metro del equipo
Color	RAL7035 Envolvente; RAL7022 zócalo
Sistemas de tierra	Soporta TT, TN, e IT Filtro EMC para sistemas IT

(1) Por defecto y método de control preferido.

(2) TIs auxiliares necesarios para equipos en paralelo con los TIs en sentido de la carga.

(3) TIs auxiliares necesarios para equipos en paralelo con los TIs en sentido de la red (fuente).

AccuSine PFV+



Condiciones ambientales	
Temperaturas de funcionamiento	Entre 0 °C y 40 °C Reducción de la capacidad nominal un 2% por cada grado centígrado hasta los 50 °C
Humedad relativa	Hasta un 95%, sin condensación
Calificación sísmica	Cumple con IBC y ASCE7
Altitud de funcionamiento	1.000 m (Reducción de la capacidad nominal un 1%/ cada 100 m.)
Reversión automática de salida	Ocurre cada vez que el sensor de temperatura del disipador de calor supera el límite de temperatura
Parada por temperatura ambiente	Parada del equipo si la temperatura de entrada de aire alcanza 55 °C
Límites de salida predefinidos (rms)	Límite establecido programable por altitud o temperatura ambiente - se convierte en límite de salida fija
Condiciones de almacenaje (con el embalaje original)	Temperatura: -20 °C a 60 °C Humedad relativa: hasta el 95%, sin condensación Limpio, seco y protegido No están permitidas partículas conductoras
"Niveles de contaminación en funcionamiento (IEC 60721-3-3)"	Química, clase 3C2 Mecánica clase 3S2 No están permitidas partículas conductoras
"Niveles de contaminación - transporte y almacenaje (IEC 60721-3-3)"	Química, clase 3C3 Mecánica clase 3S3 Cuando se encuentra embalado con su embalaje original No están permitidas partículas conductoras
Normativa	
Diseño	Certificación CE EMC, IEC/EN 60439-1, EN 61000-6-4 Class A, EN 61000-6-2
Índice protección	IP31, IP54
Normativa/ Certificaciones	cULus (UL508 , CSA 22.2 No. 14) Certificación CE , ABS, Lloyds
Instalación	
Suelo	IP31, IP54, UL Tipo 2, & UL Tipo 12
Protecciones	Interruptor automático o fusibles (mínimo In 3 1,25)
AIC Rating	hasta 415 V CA - 200 kA cULus; 125 kA IEC hasta 480 V CA - 200 kA cULus; 75 kA IEC hasta 600 V CA - 100 kA cULus; 100 kA IEC hasta 690 V CA - no cULus rating; 100 kA IEC
Entrada cables	Parte superior o inferior con placa pasacables
Protección PCBA	Revestimiento de conformación en todas las PCBAs
Configuración refrigeración	Cámaras de aire independientes para la sección del disipador de calor y la sección de las PCBA. Disipador térmico, entrada por abajo salida por arriba. Todos los componentes clasificados para IP54 o superior => sin filtro requerido. La entrada de aire para las PCBAs debe estar limpia y seca (puede ser necesario filtro). No están permitidas partículas conductoras
Prestaciones	
HMI (Magelis STU)	Salida con un lenguaje sencillo (no hay códigos cripticos)
Puerto de servicio	Puerto USB: puesta en servicio, programación o diagnóstico a través de un ordenador portátil; (el portátil proporciona energía a la tarjeta de control cuando no hay alimentación en la unidad)
Puesta en marcha	En campo, proceso paso a paso; detección automática del T1, rotación de fases y polaridad; relación del transformador externo y cambio de fase, test de temperatura, etc.

Aplicaciones habituales



Oil and gas

- Plataformas petrolíferas y/o gasísticas
- Grúas para puertos
- Acerías
- Tratamiento de agua/aguas residuales



Water



Cement

- HVAC
- Automoción
- Plantas de procesamiento
- Tratamiento de papel



HVAC



Building

- Parques eólicos y solares
- Remontes, ascensores (esquí o edificios)
- Buques
- etc.



Wind mills

AccuSine PCSn, AccuSine PCS+, AccuSine PFV+



AccuSine PCSn



AccuSine PCS+



AccuSine PFV+

Tabla elección filtro activo por función

	Armónicos Neutro	Armónicos de Fase	Corrección $\cos \varphi$	Equilibrado cargas	Soporte tensión (vía inyección VAR)	Flicker	Condiciones entorno instalación
AccuSine PCSn	■	■	■	■			Terciario e industria ligera
AccuSine PCS+		■	■	■			Industria pesada
AccuSine PFV+			■	■	■	■	Industria pesada

AccuSine PCSn

Armónicos, corrección FP y equilibrado cargas

Tension / Frecuencia	Referencia	Descripción	Envolvente	Peso (kg)
208 - 415V, 50/60Hz	PCSN020Y4W20	AccuSine PCSn 20A 380-415V ph+N IP20	12	61
	PCSN030Y4W20	AccuSine PCSn 30A 380-415V ph+N IP20	12	61
	PCSN050Y4W20	AccuSine PCSn 50A 380-415V ph+N IP20	12	75
	PCSN060Y4W20	AccuSine PCSn 60A 380-415V ph+N IP20	12	75
	PCSN060Y4W20E	AccuSine PCSn 60A 380-415V ph+N IP20x	12	75

AccuSine PCSn, AccuSine PCS+, AccuSine PFV+



AccuSine PCS+

AccuSine PCS+

Armónicos, corrección FP y equilibrado cargas

Tension / Frecuencia	Referencia	Descripción	Envolvente	Peso (kg)
208 - 240V, 50/60Hz	PCSP060D2IP31	AccuSine PCS+ 60A 208-240V IP31	2	277
	PCSP060D2IP54	AccuSine PCS+ 60A 208-240V IP54	2	291
	PCSP120D2IP31	AccuSine PCS+ 120A 208-240V IP31	4	279
	PCSP120D2IP54	AccuSine PCS+ 120A 208-240V IP54	4	293
	PCSP200D2IP31	AccuSine PCS+ 200A 208-240V IP31	6	384
	PCSP200D2IP54	AccuSine PCS+ 200A 208-240V IP54	6	402
	PCSP300D2IP31	AccuSine PCS+ 300A 208-240V IP31	8	422
	PCSP300D2IP54	AccuSine PCS+ 300A 208-240V IP54	8	436
380 - 480V, 50/60Hz	PCSP060D5IP31	AccuSine PCS+ 60A 380-480V IP31	2	277
	PCSP060D5IP54	AccuSine PCS+ 60A 380-480V IP54	2	291
	PCSP120D5IP31	AccuSine PCS+ 120A 380-480V IP31	4	279
	PCSP120D5IP54	AccuSine PCS+ 120A 380-480V IP54	4	293
	PCSP200D5IP31	AccuSine PCS+ 200A 380-480V IP31	6	384
	PCSP200D5IP54	AccuSine PCS+ 200A 380-480V IP54	6	402
	PCSP300D5IP31	AccuSine PCS+ 300A 380-480V IP31	8	422
	PCSP300D5IP54	AccuSine PCS+ 300A 380-480V IP54	8	436
500 - 600V, 50/60Hz	PCSP047D6IP31	AccuSine PCS+ 47A 500-600V IP31	9	461
	PCSP047D6IP54	AccuSine PCS+ 47A 500-600V IP54	9	461
	PCSP094D6IP31	AccuSine PCS+ 94A 500-600V IP31	9	498
	PCSP094D6IP54	AccuSine PCS+ 94A 500-600V IP54	9	498
	PCSP157D6IP31	AccuSine PCS+ 157A 500-600V IP31	10	653
	PCSP157D6IP54	AccuSine PCS+ 157A 500-600V IP54	10	653
	PCSP235D6IP31	AccuSine PCS+ 235A 500-600V IP31	10	757
	PCSP235D6IP54	AccuSine PCS+ 235A 500-600V IP54	10	757
600 - 690V, 50/60Hz	PCSP040D7IP31	AccuSine PCS+ 40A 600-690V IP31	9	483
	PCSP040D7IP54	AccuSine PCS+ 40A 600-690V IP54	9	483
	PCSP080D7IP31	AccuSine PCS+ 80A 600-690V IP31	9	533
	PCSP080D7IP54	AccuSine PCS+ 80A 600-690V IP54	9	533
	PCSP133D7IP31	AccuSine PCS+ 133A 600-690V IP31	10	709
	PCSP133D7IP54	AccuSine PCS+ 133A 600-690V IP54	10	709
	PCSP200D7IP31	AccuSine PCS+ 200A 600-690V IP31	10	827
	PCSP200D7IP54	AccuSine PCS+ 200A 600-690V IP54	10	827



AccuSine PFV+

AccuSine PFV+

Corrección FP , equilibrado cargas y soporte tensión

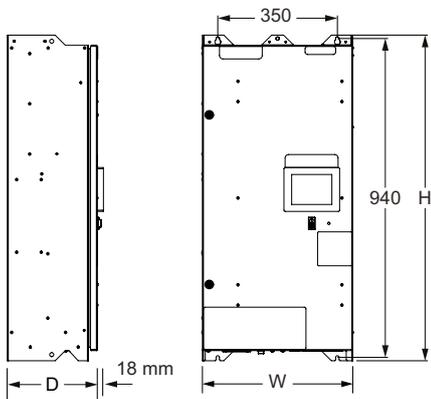
Tension / Frecuencia	Referencia	Descripción	Envolvente	Peso (kg)
208 - 240V, 50/60Hz	EVCP060D2IP31	AccuSine PFV+ 60A 208-240V IP31	2	277
	EVCP060D2IP54	AccuSine PFV+ 60A 208-240V IP54	2	291
	EVCP120D2IP31	AccuSine PFV+ 120A 208-240V IP31	4	279
	EVCP120D2IP54	AccuSine PFV+ 120A 208-240V IP54	4	293
	EVCP200D2IP31	AccuSine PFV+ 200A 208-240V IP31	6	384
	EVCP200D2IP54	AccuSine PFV+ 200A 208-240V IP54	6	402
	EVCP300D2IP31	AccuSine PFV+ 300A 208-240V IP31	8	422
	EVCP300D2IP54	AccuSine PFV+ 300A 208-240V IP54	8	436
380 - 480V, 50/60Hz	EVCP060D5IP31	AccuSine PFV+ 60A 380-480V IP31	2	277
	EVCP060D5IP54	AccuSine PFV+ 60A 380-480V IP54	2	291
	EVCP120D5IP31	AccuSine PFV+ 120A 380-480V IP31	4	279
	EVCP120D5IP54	AccuSine PFV+ 120A 380-480V IP54	4	293
	EVCP200D5IP31	AccuSine PFV+ 200A 380-480V IP31	6	384
	EVCP200D5IP54	AccuSine PFV+ 200A 380-480V IP54	6	402
	EVCP300D5IP31	AccuSine PFV+ 300A 380-480V IP31	8	422
	EVCP300D5IP54	AccuSine PFV+ 300A 380-480V IP54	8	436
500 - 600V, 50/60Hz	EVCP047D6IP31	AccuSine PFV+ 47A 500-600V IP31	9	461
	EVCP047D6IP54	AccuSine PFV+ 47A 500-600V IP54	9	461
	EVCP094D6IP31	AccuSine PFV+ 94A 500-600V IP31	9	498
	EVCP094D6IP54	AccuSine PFV+ 94A 500-600V IP54	9	498
	EVCP157D6IP31	AccuSine PFV+ 157A 500-600V IP31	10	653
	EVCP157D6IP54	AccuSine PFV+ 157A 500-600V IP54	10	653
	EVCP235D6IP31	AccuSine PFV+ 235A 500-600V IP31	10	757
	EVCP235D6IP54	AccuSine PFV+ 235A 500-600V IP54	10	757
600 - 690V, 50/60Hz	EVCP040D7IP31	AccuSine PFV+ 40A 600-690V IP31	9	483
	EVCP040D7IP54	AccuSine PFV+ 40A 600-690V IP54	9	483
	EVCP080D7IP31	AccuSine PFV+ 80A 600-690V IP31	9	533
	EVCP080D7IP54	AccuSine PFV+ 80A 600-690V IP54	9	533
	EVCP133D7IP31	AccuSine PFV+ 133A 600-690V IP31	10	709
	EVCP133D7IP54	AccuSine PFV+ 133A 600-690V IP54	10	709
	EVCP200D7IP31	AccuSine PFV+ 200A 600-690V IP31	10	827
	EVCP200D7IP54	AccuSine PFV+ 200A 600-690V IP54	10	827

Dimensiones

Envolvente tipo	Dimensiones exteriores		
	Alto mm	Ancho mm	Profundo mm
2	2092	800	500
4	2089	800	500
6	2089	900	600
8	2092	900	600
9	2100	1300	500
10	2100	1400	600
12	960	440	265

Envolvente tipo 12

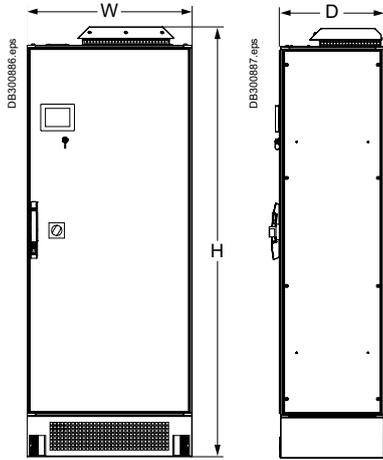
IP20



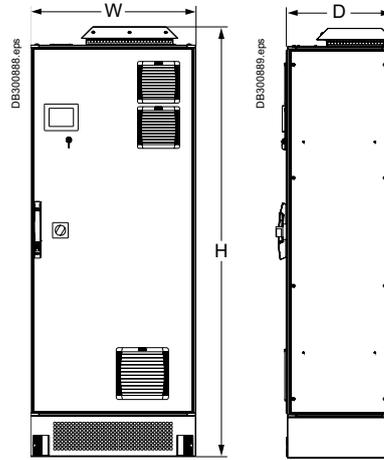
Dimensiones

Envolvente tipo 2 y 4

IP31

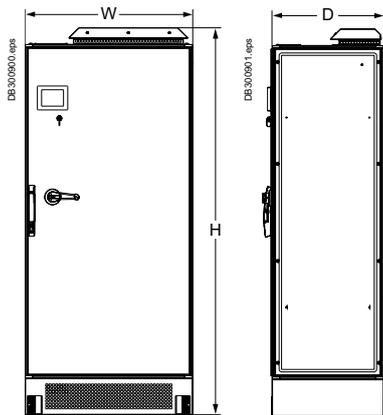


IP54

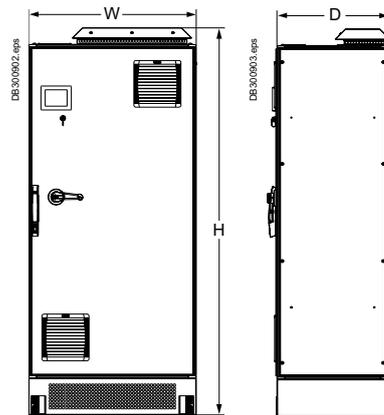


Envolvente tipo 6 y 8

IP31

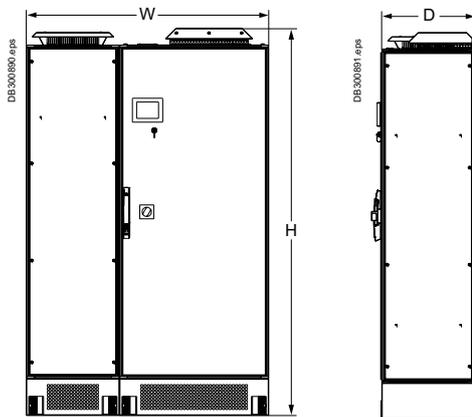


IP54

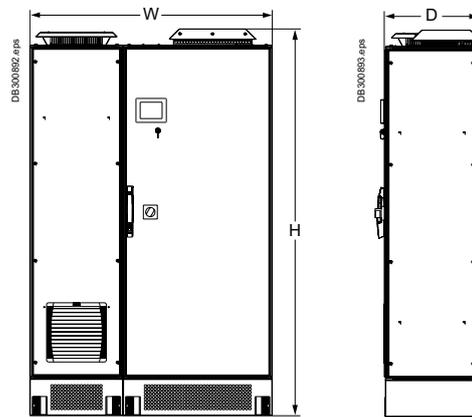


Envolvente tipo 9 y 10

IP31



IP54



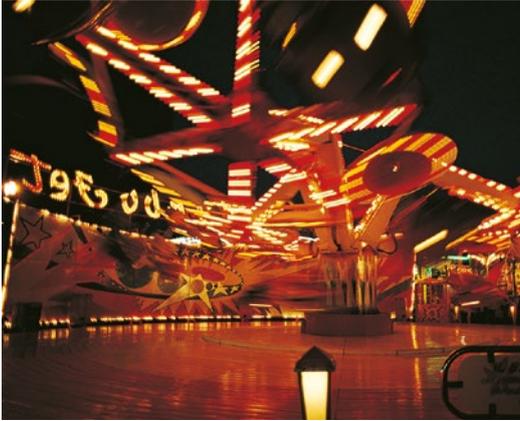




07. Calidad de energía

Introducción	134
Tablas guías de procesos y fenómenos de la no calidad	135
Ficha para la realización de un preestudio armónico	139

Introducción



La permanente optimización de las instalaciones eléctricas conlleva el empleo con más frecuencia de cargas no lineales. Al mismo tiempo el empleo de equipos más sensibles a las perturbaciones hace necesario que a la hora de diseñar los equipos de compensación se tomen en consideración factores que hasta ahora no eran relevantes.

En función de la naturaleza de los diferentes equipos eléctricos utilizados en los diversos procesos de producción, se pueden generar dentro de la instalación diferentes tipos de perturbaciones que se deben de conocer.

Por este motivo se hace necesario evaluar el nivel de calidad de la energía eléctrica de la instalación, y esta evaluación consiste en cuantificar los fenómenos electromagnéticos súbitos o generados que pueden llegar a perturbar la forma, la continuidad, el equilibrio o la estabilidad de la tensión y de la corriente.



Los parámetros más importantes que hay que conocer y cuantificar para poder adoptar la solución más apropiada son:

- $\cos \varphi$
- La tasa de distorsión armónica, THD, en tensión y en corriente
- La amplitud y la duración de los huecos y cortes de tensión
- Los valores y la duración de las sobretensiones (temporales o permanentes)
- La amplitud, la duración y la frecuencia de las fluctuaciones de tensión

Las perturbaciones más comunes que podemos encontrarnos son:

- Los huecos de tensión
- Las sobretensiones
- Los armónicos
- Desequilibrios
- Fluctuaciones de tensión

La manifestación dentro de las instalaciones de estos fenómenos de la no calidad de la energía eléctrica puede hacerse de formas muy diversas, más o menos penalizables y costosas para los usuarios:

- Parada de los procesos
- Pérdida de la fabricación
- Rotura de maquinaria
- Pérdida de datos
- Calidad irregular
- Costes de fabricación elevados
- Etc.

Tablas guías de procesos y fenómenos de la no calidad

Sector industria

Industria	Procesos	Cos φ bajo en BT	Cos φ bajo en MT	Armónicos	Sobretensiones transitorias	Fluctuaciones de tensión	Huecos de tensión	Cortes largos	Cortes breves
Agroalimentaria	Salas blancas, filtración, concentración, destilación, hornos eléctricos	●							
Textil	Telares, impresión, inducción	●	●	●					
Madera	Serrado	●	●						
Papelera	Rodaje, bombeo	●	●	●	●				
Imprenta	Impresión, fotoimpresión, grabación (CD-DVD-Vídeo)	●		●					
Química-farmacia	Dosificación, salas blancas, filtración, concentración, destilación	●	●						
Plásticos	Extrusión, termomoldeado	●	●	●	●	●	●		
Vidrio-cerámica	Laminación, hornos	●	●						
Siderurgia	Hornos de arco, laminados, trefilación, bombeo, corte	●	●	●		●	●		
Metalúrgica	Soldadura, horno, tratamiento superficies, estampación	●	●	●			●		
Automóvil	Soldadura, estampación	●	●	●			●		
Cementos	Hornos, ventilación, bombeo, elevación, trituración, transporte	●	●		●		●		
Minería	Trituración, transporte, elevación	●	●		●	●	●		
Refinerías	Ventilación, bombeo, PLC	●	●	●					
Microelectrónica	PLC, informática	●							

● Procesos fuertemente generadores de los fenómenos de la no calidad eléctrica.

● Procesos que pueden generar fenómenos de la no calidad eléctrica.

Industria	Procesos	Cos φ bajo en BT	Cos φ bajo en MT	Armónicos	Sobretensiones transitorias	Fluctuaciones de tensión	Huecos de tensión	Cortes largos	Cortes breves
Agroalimentaria	Salas blancas, filtración, concentración, destilación, hornos eléctricos	●		●		●	●	●	
Textil	Telares, impresión, inducción	●					●	●	
Madera	Serrado	●							
Papelera	Rodaje, bombeo	●	●		●	●	●	●	●
Imprenta	Impresión, fotoimpresión, grabación (CD-DVD-Vídeo)	●			●		●	●	●
Química-farmacia	Dosificación, salas blancas, filtración, concentración, destilación	●	●						●
Plásticos	Extrusión, termomoldeado	●	●		●	●	●	●	●
Vidrio-cerámica	Laminación, hornos	●	●				●	●	●
Siderurgia	Hornos de arco, laminados, trefilación, bombeo, corte	●	●				●	●	
Metalúrgica	Soldadura, horno, tratamiento superficies, estampación	●	●	●			●	●	
Automóvil	Soldadura, estampación	●	●	●			●	●	
Cementos	Hornos, ventilación, bombeo, elevación, trituración, transporte	●	●	●				●	
Minería	Trituración, transporte, elevación	●	●					●	
Refinerías	Ventilación, bombeo, PLC	●	●	●				●	
Microelectrónica	PLC, informática	●		●	●	●	●	●	●

● Procesos muy sensibles a los fenómenos de la no calidad eléctrica.

● Procesos que pueden verse afectados por los fenómenos de la no calidad eléctrica.

Tablas guías de procesos y fenómenos de la no calidad

Sector terciario

Industria	Procesos	Cos φ bajo en BT	Cos φ bajo en MT	Armónicos	Sobre-tensiones transitorias	Fluctuaciones de tensión	Huecos de tensión	Cortes largos	Cortes breves	Tensión de señalización
Banca	Informática, iluminación, climatización, ascensores	●		●						
Supermercados	Informática, iluminación, climatización, ascensores	●		●						
Hospitales	Informática, electrónica	●		●						
Estadios	Iluminación	●		●						
Parques de ocio	Iluminación, atracciones	●		●		●	●			
Hoteles	Informática, iluminación, climatización, ascensores	●		●						
Oficinas	Iluminación, ascensores	●		●						

● Procesos fuertemente generadores de los fenómenos de la no calidad eléctrica.
 ● Procesos que pueden generar fenómenos de la no calidad eléctrica.

Industria	Procesos	Cos φ bajo en BT	Cos φ bajo en MT	Armónicos	Sobre-tensiones transitorias	Fluctuaciones de tensión	Huecos de tensión	Cortes largos	Cortes breves	Tensión de señalización
Banca	Informática, iluminación, climatización, ascensores	●		●	●			●	●	
Supermercados	Informática, iluminación, climatización, ascensores	●		●				●	●	
Hospitales	Informática, electrónica	●		●	●	●	●	●	●	
Estadios	Iluminación	●		●				●	●	
Parques de ocio	Iluminación, atracciones	●		●				●	●	
Hoteles	Informática, iluminación, climatización, ascensores	●		●				●	●	
Oficinas	Iluminación, ascensores	●		●				●	●	

● Procesos muy sensibles a los fenómenos de la no calidad eléctrica.
 ● Procesos que pueden verse afectados por los fenómenos de la no calidad eléctrica.

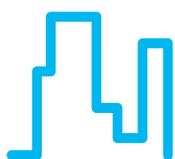
Tablas guías de procesos y fenómenos de la no calidad

Industria	Procesos	Cos φ bajo en BT	Cos φ bajo en MT	Armónicos	Sobre-tensiones transitorias	Fluctuaciones de tensión	Huecos de tensión	Cortes largos	Cortes breves	Tensión de señalización
Subestaciones	Distribución de energía	●	●							●
Distribución de agua	Bombeo		●							
Internet	Informática, electrónica	●		●						
Eólicos	Producción de energía		●							●
Ferrocarriles	Tracción eléctrica		●							
Aeropuertos	Iluminación, informática, transporte	●	●	●						
Metro	Tracción eléctrica, ventilación		●	●		●				
Puertos	Grúas	●	●	●			●			
Túneles	Ventilación, iluminación	●		●						

● Procesos fuertemente generadores de los fenómenos de la no calidad eléctrica.
 ● Procesos que pueden generar fenómenos de la no calidad eléctrica.

Industria	Procesos	Cos φ bajo en BT	Cos φ bajo en MT	Armónicos	Sobre-tensiones transitorias	Fluctuaciones de tensión	Huecos de tensión	Cortes largos	Cortes breves	Tensión de señalización
Subestaciones	Distribución de energía		●							●
Distribución de agua	Bombeo		●							
Internet	Informática, electrónica	●		●	●	●	●	●	●	●
Eólicos	Producción de energía		●		●	●				●
Ferrocarriles	Tracción eléctrica		●	●				●		
Aeropuertos	Iluminación, informática, transporte	●	●	●	●	●	●	●	●	
Metro	Tracción eléctrica, ventilación		●	●		●		●	●	
Puertos	Grúas	●	●	●				●		
Túneles	Ventilación, iluminación	●		●				●	●	

● Procesos muy sensibles a los fenómenos de la no calidad eléctrica.
 ● Procesos que pueden verse afectados por los fenómenos de la no calidad eléctrica.



Edificios



Aeropuertos



Ferrocarriles



Energía e Infraestructuras



Internet



Eólicos

Tablas guías de procesos y fenómenos de la no calidad

Las soluciones

Según lo visto en los apartados anteriores, y tras comprobar qué problemas se pueden presentar en una instalación eléctrica y en función de cuáles serán nuestras necesidades, se deberá buscar la solución más idónea para cada caso. En la siguiente tabla están las soluciones propuestas más utilizadas dentro de los diferentes sectores de actividad.

	Baterías condensadores BT		Filtros activos en BT	Filtros híbridos en BT	Compensadores híbridos en tiempo real	Baterías condensadores MT		Filtros pasivos en MT
	Estándar	SAH (filtros desintonizados)				Estándar	SAH	
Industria	Agroalimentaria	●	●	●	●	●	●	
	Textil		●	●	●	●	●	
	Madera	●	●			●	●	
	Papelera		●	●	●	●	●	
	Imprenta		●	●	●	●	●	
	Química-farmacia		●	●	●	●	●	
	Plásticos		●	●	●	●	●	
	Vidrio-cerámica		●	●	●	●	●	
	Siderurgia		●	●	●	●	●	●
	Metalúrgica		●	●	●	●	●	●
	Automóvil		●	●	●	●	●	●
	Cementos		●	●	●	●	●	●
	Minería		●	●	●		●	●
	Refinerías		●	●	●		●	●
	Microelectrónica			●	●			
	Terciario	Banca		●	●			
Supermercados		●	●	●	●			
Hospitales			●	●	●			
Estadios			●	●	●			
Parques de ocio			●	●	●			
Hoteles		●	●	●	●			
Oficinas		●	●	●	●			
Infraestructuras	Subestaciones					●		
	Distribución de agua		●			●		
	Eólicos				●	●		●
	Ferrocarriles		●				●	●
	Aeropuertos		●	●	●			
	Metro	●	●	●	●		●	●
	Puertos		●			●	●	
	Túneles		●	●	●			

● Equipo recomendado.

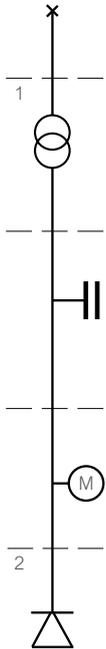
● Equipo óptimo.

● Ocasionalmente (en función de las necesidades).

Antes de validar la opción elegida, es preferible realizar mediciones sobre el terreno.

Ficha para la realización de un preestudio armónico

cliente:
obra:



Datos de la red										
Scc: MVA					Un: kV					
Importación de armónicos:					<input type="checkbox"/> Sí		<input type="checkbox"/> No			
Transformadores										
TRAFO 1		TRAFO 2		TRAFO 3		TRAFO 4				
Sn kVA		Sn kVA		Sn kVA		Sn kVA				
U2 V		U2 V		U2 V		U2 V				
Ucc%		Ucc%		Ucc%		Ucc%				
Conexión secundario en paralelo:					<input type="checkbox"/> Sí		<input type="checkbox"/> No			
Compensación de energía reactiva										
Existente <input type="checkbox"/>					Fija <input type="checkbox"/>		kVAr.....			
					Automática <input type="checkbox"/>		kVAr.....			
					SAH o filtros <input type="checkbox"/>		kVAr.....			
							Fs (Hz).....			
A calcular <input type="checkbox"/>					cos deseado:					
Cargas no generadoras de armónicos										
Datos nominales carga:					Pn:kW		cos φ :			
Funcionamiento habitual carga:										
					<input type="checkbox"/> 100%		<input type="checkbox"/> 75%		<input type="checkbox"/> 50%	<input type="checkbox"/> 25%
					Pn:kW		cos φ :			
Cargas generadoras de armónicos										
Tipo:		Modelo:		Pn: kW		N.º:				
Punto de medición: <input type="checkbox"/> 1					<input type="checkbox"/> 2					
h1 h3 h5 h7 h11 h13 h h h h h Σ THD										
In (A)										
Ih (%)										
Uh (%)										



Atención Comercial

Delegación Comercial Nordeste

Barcelona-Tarragona-Lleida-Girona-Baleares

Coto 2-8 Nave DC2 Park Prologis
08830 - Sant Boi de Llobregat - BARCELONA

Zaragoza-Teruel-Huesca

Bari, 33, Ed. 1, planta 3.ª · Pol. Ind. Plataforma Logística Plaza
50197 - ZARAGOZA

Delegación Comercial Levante

Valencia-Castellón-Albacete

Camino de Barranquet, 57
46133 - Meliana - VALENCIA

Alicante-Murcia

Los Monegros, s/n · Edificio A-7, 3.º, local 1
03006 - ALICANTE

Delegación Comercial Centro

Madrid-Cuenca-Guadalajara-Toledo-Ciudad Real

Avenida Tenerife, 4-6
28703 - San Sebastian de los Reyes - MADRID

Delegación Comercial Sur

Sevilla-Córdoba-Jaén-Cádiz-Cáceres-Badajoz

Málaga-Granada-Almería-Huelva

Avenida Charles Darwin, s/n Edificio Bogaris
Isla de la Cartuja
41092 - SEVILLA

Las Palmas-Tenerife

Ctra. del Cardón, 95-97, locales 2 y 3 · Edificio Jardines de Galicia
35010 - LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Delegación Comercial Norte

Vizcaya-Cantabria

Torre de Iberdrola, planta 5.ª · Plaza Euskadi
48009 - BILBAO

Guipúzcoa-Álava

Parque Empresarial Zuatzu · Edificio Urumea, planta baja, local 5
20018 - DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

Navarra-La Rioja

Ctra. Pamplona-Logroño, s/n
31100 - Puente la Reina - NAVARRA

Valladolid-Ávila-Segovia-Salmanca-Palencia-Zamora

Cobalto, 9, 1ª · Pol. Ind. San Cristóbal
47012 - VALLADOLID

Burgos-Soria

Pol. Ind. Gamonal Villimar · 30 de Enero de 1964, s/n, 2.º
09007 - BURGOS

Delegación Comercial Noroeste

Asturias-León

Parque Tecnológico de Asturias
Edif. Centroelena 2, parcela 45, oficina 0-AB (planta baja exterior)
33428 - Llanera - ASTURIAS

A Coruña-Lugo

Pol. Ind. Pocomaco, Quinta Avenida, 145
15190 - A CORUÑA

Pontevedra-Orense

Ctra. Vella de Madrid, 33 bajos
36211 - VIGO



Centro Atención
Clientes

Tel.: 934·84·31·00

Fax: 934·84·32·00

www.se.com/es/soporte

se.com/es

Centro Atención Clientes



934·84·31·00



mySchneider App



SchneiderElectricES



@SchneiderES



@Schneider_Electric_ES

ISEF

cursos específicos, material didáctico

se.com/es/isef

Soporte Técnico

elección, asesoramiento, diagnóstico

se.com/es/faqs

Servicio Posventa SAT

reparaciones e intervenciones, gestión de repuestos, asistencia técnica 24h

se.com/es/support

Schneider Electric España, S.A. Unipersonal

Bac de Roda, 52 Edificio A
08019 Barcelona

©2019 Schneider Electric. Todos los derechos Reservados

Todas las marcas registradas son propiedad de Schneider Electric Industries SAS o sus compañías afiliadas.



ESMKT01182E19