

Banco de Capacitores



**ZEZ
SILKO**

2465 Executive Park Drive, Lakeside Executive Suites 651

Weston, FL, 33331, USA

Phone: +1-954-618-10-54, +1-352-358-00-65

email: marketing@eltechinternational.com

www.eltechinternational.com

FACTOR DE POTENCIA

La energía es un recurso fundamental para el progreso y la expansión industrial que no escapa de la tendencia al aumento de su costos.

Esta situación ha encaminado a la industria eléctrica a la definición de políticas que conlleven a un uso más racional y eficiente de la energía eléctrica.

Una de las medidas para conocer el grado de eficiencia con el cual está siendo utilizando la energía es el llamado factor de potencia, el cual ha sido de alta relevancia ligados al ahorro de energía y al mejor uso de la electricidad.

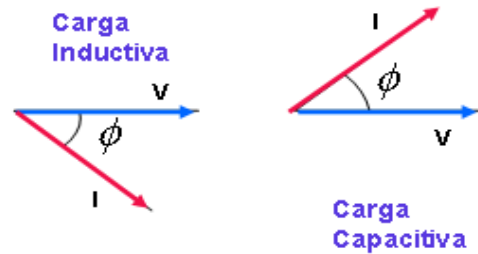
DEFINICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia de una corriente alterna se define como la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S) que puede verse como un valor utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.

La potencia activa (P) medida en vatios (W) representa la capacidad del circuito para realizar un trabajo.

La potencia reactiva (Q) medida en voltio ampere reactivo (Var) es la encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos inductivos como los motores y transformadores.

La potencia aparente (S) medida en voltio ampere (VA) es la suma geométrica de las potencias activa y reactiva o el producto de la corriente y el voltaje.



Debido a que las cargas reactivas retornan a la fuente y no son útiles para realizar trabajo en la carga, un circuito con un bajo factor de potencia tendrá que transferir corrientes más altas para una potencia dada que un circuito con un factor de potencia alto.

Por definición, el factor de potencia es un número adimensional, comprendido entre 0 y 1. Cuando el factor de potencia es igual a 0, la energía que fluye es enteramente reactiva. Cuando el factor de potencia es igual a 1, toda la demanda suministrada por la fuente es consumida en potencia útil por la carga.

Los factores de potencia son expresados normalmente como "adelanto" o "retraso", para indicar el signo del ángulo de fase para cargas capacitivas e inductivas respectivamente.

Las pérdidas eléctricas en las líneas de transmisión aumentan con el incremento de la intensidad. Cuando una carga tiene un factor de potencia menor que 1, se requiere más corriente para conseguir la misma cantidad de energía útil. Por tanto, las compañías que prestan el servicio eléctrico para conseguir una mayor eficiencia de su red requieren que los usuarios, especialmente aquellos que utilizan grandes potencias, mantengan los factores de potencia de sus respectivas cargas dentro de límites especificados con el fin de evitar pagos adicionales por energía reactiva.

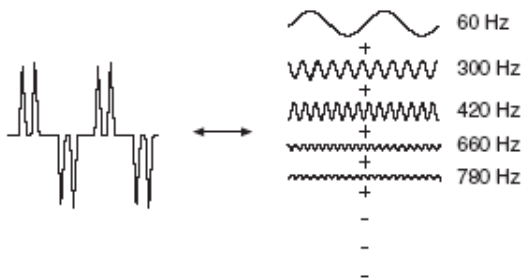
A menudo es posible ajustar el factor de potencia de un sistema a un valor muy próximo a la unidad. Esta práctica es conocida como corrección del factor de potencia.

Ahora los ingenieros están también enfrentados a otras cargas no lineales. Equipos de electrónica de potencia, por ejemplo unidades de variadores de velocidad, suministro no interrumpido de potencia (UPS) y altos hornos de inducción son los tipos más corrientes de cargas no lineales. Cargas de formación de un arco eléctrico, por ejemplo altos hornos por arco y soldadura por arco son también cargas no lineales.

En los circuitos que tienen corrientes y voltajes completamente sinusoidales el efecto del factor de potencia se presenta simplemente como la diferencia en fase entre la corriente y el voltaje (cos j), este concepto se puede generalizar a una distorsión total o a un verdadero factor de potencia donde la potencia aparente incluye todos los componentes armónicos y se define con el nombre de “Desplazamiento del factor de potencia”.

Las cargas no lineales degradan el cos j y devuelven potencia al sistema suministrador. El sistema de potencia envía corriente a cargas no lineales a la frecuencia fundamental (por ejemplo 60 Hz) y la carga devuelve algo de esta corriente a una mayor frecuencia armónica.

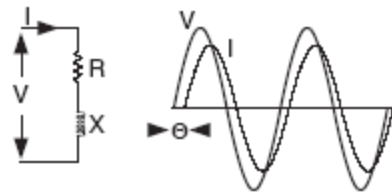
La forma de la onda de la corriente contiene múltiples frecuencias y por lo tanto no es sinusoidal como se muestra en la figura 2.



Los métodos tradicionales para analizar factores de potencia no son apropiados cuando se trata con cargas no lineales.

TRIANGULO DE POTENCIA

El triángulo de potencia ha sido generalmente utilizado para describir el factor de potencia para motores y otras cargas lineales. Aunque no es aplicable a cargas no lineales este es un concepto útil para entender. El triángulo de potencia puede ser ilustrado usando el ramal R-X como se muestra a continuación en la figura 3. Si en el ramal el voltaje es perfectamente sinusoidal la corriente debe ser igualmente sinusoidal y esta estará desfasada con respecto al voltaje en un ángulo “θ” llamado “ángulo de desfase” o ángulo del factor de potencia.

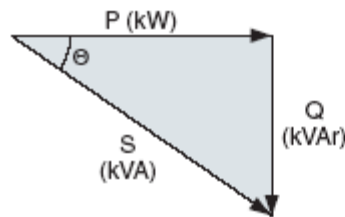


Las fórmulas para potencia aparente S, y potencia activa P, producen la bien sabida fórmula de factor de potencia:

$$P = R \cdot I^2$$

$$S = V \cdot I^2 \Rightarrow \frac{P}{S} = \cos \Theta = DPF$$

El término de desplazamiento del factor de potencia (DPF) es utilizado para recalcar que el factor de potencia ha sido calculado usando un ángulo de desplazamiento diferente al verdadero factor de potencia (TPF), que es el coeficiente entre P y S. Esta distinción normalmente no se hace porque cuando solo están presentes fuentes lineales DPF = TPF.



$$P = S \cdot \cos \theta = S \cdot DPF$$

$$Q = S \cdot \sin \theta = P \cdot \tan \theta$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\theta = \arctan \frac{Q}{P}$$

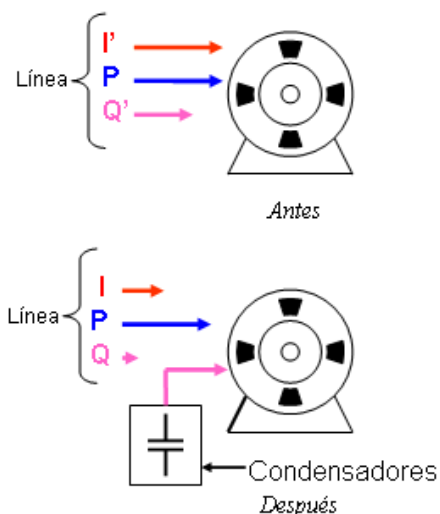
EL DPF = TPF es el comúnmente utilizado como parámetro de medición y es análogo al TPF solo que incluye los efectos de una distorsión armónica. Hay ahora contadores eléctricos disponibles, que son aptos para registrar TPF con precisión.

El tercer lado del triángulo designado como "Q", ilustra la potencia reactiva y es medido en kVar.

¿POR QUÉ EXISTE UN BAJO FACTOR DE POTENCIA?

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos pero es necesaria para el funcionamiento de elementos tales como motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros, puede volverse apreciable en una industria y si no se vigila apropiadamente hace disminuir el factor de potencia. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Red eléctrica y equipos de la industria en mal estado.



¿POR QUÉ SE PENALIZA EL BAJO FACTOR DE POTENCIA?

El hecho de que exista un bajo factor de potencia en su industria produce los siguientes inconvenientes:

1. Al suscriptor:

- Aumento de la intensidad de corriente.
- Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión.
- Incrementos de potencia de las plantas, transformadores y reducción de capacidad de conducción de los conductores.
- La temperatura de los conductores aumenta y disminuye la vida de su aislamiento.
- Aumentos en sus facturas por consumo de electricidad.

2. A la compañía de electricidad:

- Mayor inversión en los equipos de generación ya que su capacidad en kVA debe ser mayor.
- Mayores capacidades en líneas de transmisión y transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva.
- Caídas y baja regulación de voltajes los cuales pueden afectar la estabilidad de la red eléctrica.

Una forma de que las empresas de electricidad a nivel nacional e internacional hagan reflexionar a las industrias sobre la conveniencia de generar o controlar su consumo de energía reactiva ha sido a través de un cargo por demanda facturado Bs./KVA, es decir, cobrándole por capacidad suministrada en kVA.

Las industrias pueden evitar estos cargos tarifarios si ellas mismas suministran en sus propios sitios de consumo la energía reactiva que ellas requieren, la cual puede ser producida localmente a través de condensadores eléctricos estáticos o motores sincrónicos realizando una inversión relativamente baja y favorable desde el punto de vista Técnico-económico.

¿POR QUÉ DEBE EL FACTOR DE POTENCIA SER MEJORADO?

El efecto de compensar el factor de potencia en circuitos monofásicos y trifásicos proporciona los siguientes beneficios:

- Ahorro en el pago de la factura de electricidad.
- Mejoramiento en la eficiencia eléctrica.
- Liberación de capacidad del sistema.
- Mejoramiento de las condiciones de voltaje.
- Reducción de las pérdidas de potencia.

Ahorro en el pago de la factura de electricidad.

El objetivo principal de la utilización de los condensadores industriales es la reducción de los costos de la energía comprada a compañías de electricidad, eliminando la penalización por bajo factor de potencia que es parte de nuestras tarifas de electricidad.

Normalmente la inversión en condensadores se recupera en un periodo de 1 a 3 años lo cual representa una tasa de retorno del capital mayor del 30%. La tasa de retorno dependerá del costo de los capacitores y el nivel de voltaje requerido y la cláusula de penalización por bajo factor de potencia.

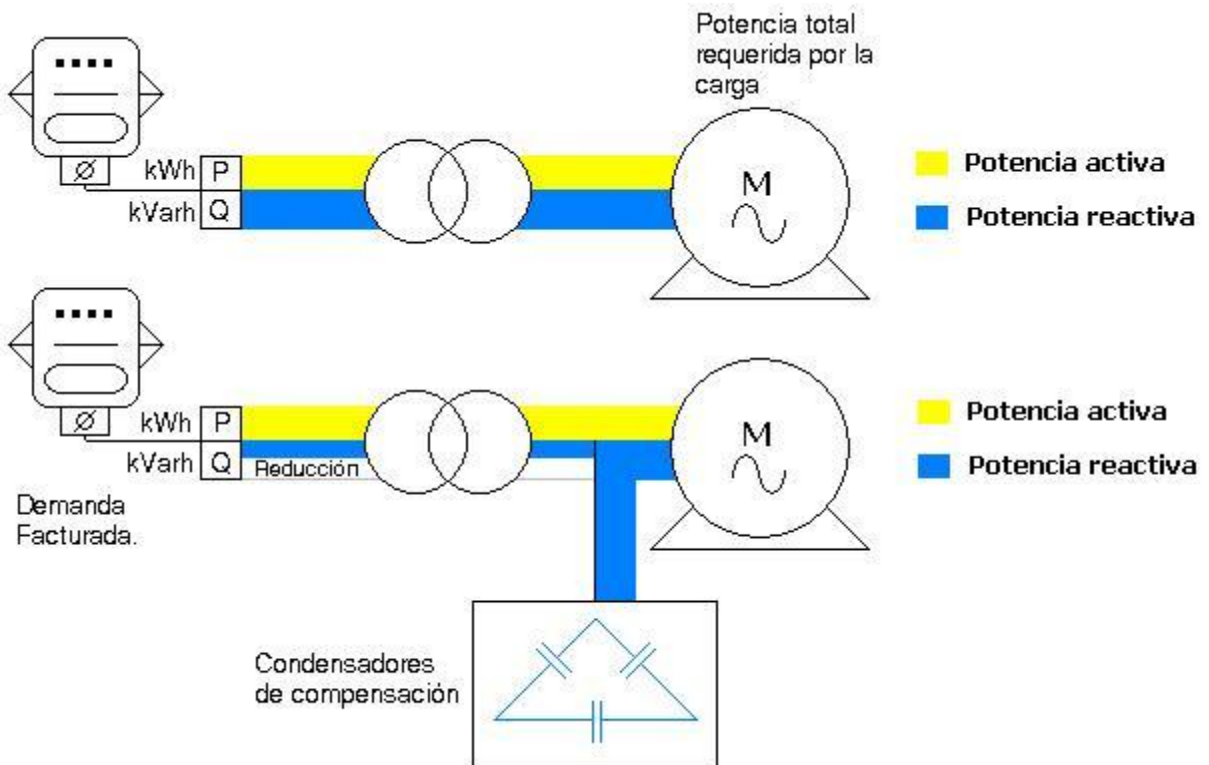
Una regla bastante utilizada es mejorar el factor de potencia a valores entre 90 y 95%, sin embargo, la mejor forma de determinar los kVar de los condensadores es calcular la rata de retorno y ahorro de Bs. para varios valores del factor de potencia.

Mejora de la eficiencia eléctrica.

Otra ventaja de la corrección del factor de potencia se relaciona con el mejor comportamiento del equipo eléctrico al trabajar sin grandes cargas con exceso de potencia reactiva.

Liberación de capacidad del sistema.

La potencia reactiva usada por circuitos inductivos consiste de una corriente reactiva o magnetizante multiplicada por el voltaje del sistema. La potencia reactiva total (y la corriente) aumentan mientras el factor de potencia decrece cuando la cantidad de elementos inductivos que requieren potencia reactiva se incrementa. Cada elemento inductivo añadido al sistema contribuye a los requerimientos de potencia reactiva totales.



Cuando se mejora el factor de potencia la cantidad de corriente reactiva que fluye a través de los transformadores, alimentadores, tableros y cables se reduce. Los condensadores para la corrección de factor de potencia conectados directamente a los terminales de las cargas inductivas tales como los motores, generan la mayor o toda la potencia reactiva necesaria para crear el campo magnético de los motores y así reduce o elimina la necesidad de suplir potencia desde el sistema de distribución.

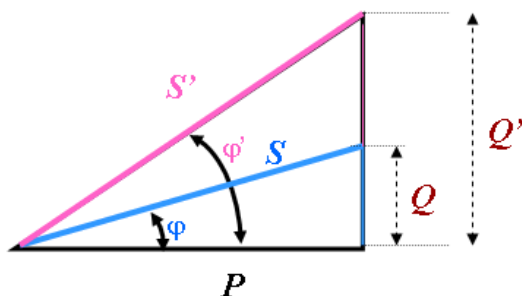
Por ejemplo, si cuatro motores operan a un factor de potencia de 75%, la corriente del factor de potencia a 95% liberará suficiente capacidad del sistema para instalar un motor adicional del mismo tamaño.

Donde los transformadores y circuitos estén sobrecargados instalar condensadores de potencia en varias fuentes de carga inductiva puede liberar capacidad del sistema y permitir servicios o aumentos de cargas.

La instalación de condensadores de potencia puede en algunas circunstancias eliminar la necesidad de instalar grandes transformadores de potencia, recablear una planta o posiblemente ambas cosas.

Mejoramiento de las condiciones de voltaje.

Un bajo factor de potencia puede reducir voltajes en la planta cuando los kVar son tomados del sistema de distribución. Cuando el factor de potencia decrece la corriente total se incrementa (mayormente corriente reactiva), causando grandes caídas de voltaje a través de la impedancia de línea. Esto



se debe a que la caída de voltaje en una línea es igual a la corriente que fluye multiplicada por la impedancia de la línea. Para mayores corrientes mayor será la caída de voltaje.

Reducción de las pérdidas de potencia.

El bajo factor de potencia también puede causar pérdidas de potencia en el sistema de distribución interno de la planta. La corriente en los alimentadores es alta debido a la presencia de la corriente reactiva. Cualquier reducción en esta corriente resulta en menos kW perdidos en la línea.

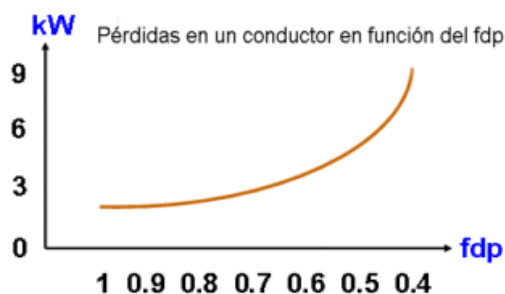
Los condensadores de potencia pueden ahorrar una cantidad significativa de dinero al disminuir o eliminar la corriente reactiva en los alimentadores, lo que implica la reducción en la facturación de los kWh.

MÉTODOS DE COMPENSACIÓN REACTIVA

1) Condensadores

Por la naturaleza del campo electrostático, el condensador almacena energía cuando el voltaje que se le suministra está alejándose de cero y este entrega energía cuando el voltaje baja a cero. Esta secuencia es la opuesta del campo magnético ya que el condensador puede ser usado para suministrar corriente magnetizada, que de otra manera sería dada por la fuente de la compañía que presta el servicio eléctrico.

Los condensadores son generalmente la fuente más económica de compensación reactiva. Otras ventajas incluyen:



- Bajas pérdidas (inferiores a 1/4 Watt/kVar)
- Esencialmente bajo mantenimiento
- Unidades compactas que pueden ser combinadas cuando sea necesario haciendo equipos de condensadores más grandes.

Motores Sincrónicos

Los motores sincrónicos también están en capacidad de actuar como generadores de kVar en función de su excitación y de la carga conectada. Cuando operan en baja excitación no genera los suficientes kVar para suplir sus propias necesidades y en consecuencia los toman de la red eléctrica.

Cuando operan sobrecitados (operación normal) suplen sus requerimientos de kVar y pueden además entregar kVar a la red; en este caso son utilizados como compensadores de bajo factor de potencia.

Sistema estático voltio amperio reactivo

Las grandes cargas como hornos-arco y soldadura por arco presentan corrientes rápidamente variables en el tiempo. Esta puede tener como efecto una variación no aceptable de la tensión, llamado efecto flicker. Una manera de eliminar el problema del flicker es usar un sistema controlador que puede igualar las cargas instantáneamente según la demanda de corriente reactiva. Solo los controladores estáticos emplean un conmutador semiconductor que puede proveer la velocidad requerida para cumplir esto.

SISTEMAS DE COMPENSACIÓN

Corrección individual

La compensación individual es aplicable sobre todo a motores grandes de operación continua y a transformadores. En la mayoría de estos casos los condensadores se pueden conectar al equipo sin necesidad de aparatos de maniobras ni fusibles y se maniobran y protegen junto con él.

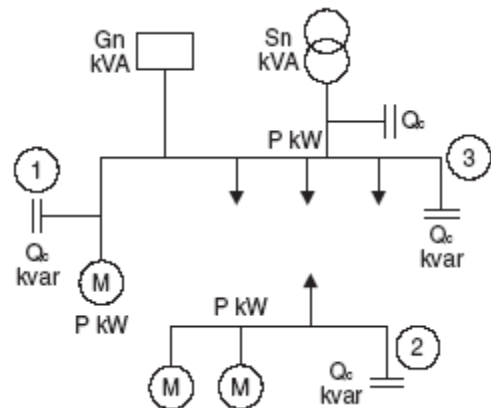
Corrección por grupos

Un grupo de cargas como por ejemplo: motores o lámparas fluorescentes operados por un mismo contactor o interruptor, puede ser compensado por un solo capacitor.

Corrección centralizada

La solución para corregir el factor de potencia para un gran número de pequeños consumidores con consumo de potencia variable es una compensación centralizada principal usando equipo automático y regulador. Esta permitirá de activar y desactivar los escalones automáticos según las necesidades de la instalación. Un controlador programable es usado para monitorizar el factor de potencia y para conmutar los contactores de acuerdo con la potencia reactiva circulante.

Cuando se efectúa la compensación central se facilitan los trabajos de mantenimiento, al contrario de lo que ocurre en la compensación individual donde los condensadores están distribuidos por separado como por ejemplo en las lámparas fluorescentes.



Se debe tener en cuenta que en la compensación central la potencia reactiva es transmitida desde el tablero de comunicación hasta los equipos a través del sistema de distribución interno de la planta, sobrecargándolo.

Los componentes esenciales de un sistema de compensación central son:

- Condensadores.
- Un regulador de la potencia reactiva que mide a través de transformadores de intensidad el consumo de potencia reactiva en la acometida y transmite los órdenes de conexión o desconexión a los contactores de maniobra de los condensadores.
- Fusibles para las derivaciones de los condensadores.
- Contactores para maniobrar los condensadores.
- Un dispositivo para descargar los condensadores una vez desconectados de la red.

En el caso de regulación automática el regulador de potencia reactiva conecta automáticamente los condensadores.

Corrección Mixta

Solución que aplica a la vez tanto la corrección centralizada como la corrección individual o en grupos. Dependiendo de los casos se utiliza para ahorrar los montos asociados a las inversiones en la instauración de un sistema de corrección de factor de potencia.

DETERMINACIÓN DE CAPACITORES REQUERIDOS

Las cargas conectadas a un sistema trifásico presentan una característica inductiva que causa la absorción de potencia activa y reactiva. Esta potencia reactiva es una carga indeseada para la línea de alimentación y conlleva a unos gastos mayores en la factura eléctrica. La potencia reactiva puede ser compensada por la presencia de condensadores correctores del factor de potencia.

Cuando se van a realizar estudios del factor de potencia es imprescindible contar con suficiente cantidad de datos o en su defecto, tomarlos en las instalaciones. Si el estudio es solo para propósitos de disminución tarifaria es suficiente con la información de su factura para determinar los kVar requeridos.

Basándonos en la factura tenemos la siguiente información:

$$\begin{aligned} \text{kW} &= 497 \\ \text{kWh} &= 73.968 \\ \text{kVarh} &= 107088 \end{aligned}$$

A partir de los valores de los kWh y los kVarh se determina el factor de potencia:

$$\tan j_1 = \text{kVarh} / \text{kWh} = 107.088 / 73.968 = 1,45$$

Este valor, $\tan j_1$ corresponde a $\cos j_1 = 0.57$. Pero se desea tener un $\cos j_2 = 0.9$ que equivale a $\tan j_2 = 0.4843$.

$$\text{kVar originales} = \text{kW} * \tan j_1 = 497 * 1.45 = 720.6$$

$$\text{KVAR mejorado} = \text{KW} * \tan j_2 = 497 * 0.4843 = 240.7$$

Luego los kVar necesarios para mejorar el factor de potencia son:

$$\Delta \text{kVar} = \text{kW} (\tan j_1 - \tan j_2) = 497 (1.45 - 0.4843) = 480$$

En la siguiente tabla se indican los valores de $(\text{tg} j_1 - \text{tg} j_2)$ para un amplio rango de condiciones de operación. En el presente ejemplo resulta que para un valor existente de $\cos j_1 = 0.57$ y uno deseado de $\cos j_2 = 0.9$, un factor $M = 0.958$

En tal caso, la potencia del condensador necesaria es:

$$\Delta \text{kVar} = \text{kW} * M = 497 * 0.958$$

$$\Delta \text{kVar} = 476$$

Se eligen los condensadores en los rangos existentes normalizados hasta completar la magnitud exacta inmediata superior, en nuestro caso 500 kVar.

Tabla para la determinación del factor M

Actual	Factor de Potencia															
	Deseado															
	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
0,45	1,37	1,39	1,42	1,45	1,47	1,50	1,53	1,56	1,59	1,62	1,66	1,69	1,73	1,78	1,84	1,99
0,46	1,31	1,34	1,36	1,39	1,42	1,45	1,48	1,50	1,54	1,57	1,60	1,64	1,68	1,73	1,79	1,93
0,47	1,26	1,29	1,31	1,34	1,37	1,39	1,42	1,45	1,48	1,52	1,55	1,59	1,63	1,68	1,74	1,88
0,48	1,21	1,23	1,26	1,29	1,32	1,34	1,37	1,40	1,43	1,47	1,50	1,54	1,58	1,63	1,69	1,83
0,49	1,16	1,19	1,21	1,24	1,27	1,30	1,32	1,35	1,38	1,42	1,45	1,49	1,53	1,58	1,64	1,78
0,50	1,11	1,14	1,17	1,19	1,22	1,25	1,28	1,31	1,34	1,37	1,40	1,44	1,48	1,53	1,59	1,73
0,51	1,07	1,09	1,12	1,15	1,17	1,20	1,23	1,26	1,29	1,32	1,36	1,40	1,44	1,48	1,54	1,69
0,52	1,02	1,05	1,08	1,10	1,13	1,16	1,19	1,22	1,25	1,28	1,31	1,35	1,39	1,44	1,50	1,64
0,53	0,98	1,01	1,03	1,06	1,09	1,12	1,14	1,17	1,21	1,24	1,27	1,31	1,35	1,40	1,46	1,60
0,54	0,94	0,97	0,99	1,02	1,05	1,07	1,10	1,13	1,16	1,20	1,23	1,27	1,31	1,36	1,42	1,56
0,55	0,90	0,93	0,95	0,98	1,01	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,23	1,27	1,32	1,38	1,52
0,56	0,86	0,89	0,91	0,94	0,97	1,00	1,02	1,05	1,08	1,12	1,15	1,19	1,23	1,28	1,34	1,48
0,57	0,82	0,85	0,88	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,05	1,08	1,11	1,15	1,19	1,24	1,30	1,44
0,58	0,79	0,81	0,84	0,87	0,89	0,92	0,95	0,98	1,01	1,04	1,08	1,11	1,15	1,20	1,26	1,41
0,59	0,75	0,78	0,80	0,83	0,86	0,88	0,91	0,94	0,97	1,01	1,04	1,08	1,12	1,17	1,23	1,37
0,60	0,71	0,74	0,77	0,79	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97	1,01	1,04	1,08	1,13	1,19	1,33
0,61	0,68	0,71	0,73	0,76	0,79	0,82	0,84	0,87	0,90	0,94	0,97	1,01	1,05	1,10	1,16	1,30
0,62	0,65	0,67	0,70	0,73	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,94	0,97	1,02	1,06	1,12	1,27
0,63	0,61	0,64	0,67	0,69	0,72	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,94	0,98	1,03	1,09	1,23
0,64	0,58	0,61	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87	0,91	0,95	1,00	1,06	1,20
0,65	0,55	0,58	0,60	0,63	0,66	0,69	0,71	0,74	0,77	0,81	0,84	0,88	0,92	0,97	1,03	1,17
0,66	0,52	0,55	0,57	0,60	0,63	0,65	0,68	0,71	0,74	0,78	0,81	0,85	0,89	0,94	1,00	1,14
0,67	0,49	0,52	0,54	0,57	0,60	0,62	0,65	0,68	0,71	0,75	0,78	0,82	0,86	0,91	0,97	1,11
0,68	0,46	0,49	0,51	0,54	0,57	0,59	0,62	0,65	0,68	0,72	0,75	0,79	0,83	0,88	0,94	1,08
0,69	0,43	0,46	0,48	0,51	0,54	0,57	0,59	0,62	0,65	0,69	0,72	0,76	0,80	0,85	0,91	1,05
0,70	0,40	0,43	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,59	0,63	0,66	0,69	0,73	0,77	0,82	0,88	1,02
0,71	0,37	0,40	0,43	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,70	0,74	0,79	0,85	0,99
0,72	0,34	0,37	0,40	0,42	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,64	0,67	0,71	0,76	0,82	0,96
0,73	0,32	0,34	0,37	0,40	0,42	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73	0,79	0,94
0,74	0,29	0,32	0,34	0,37	0,40	0,43	0,45	0,48	0,51	0,55	0,58	0,62	0,66	0,71	0,77	0,91
0,75	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,59	0,63	0,68	0,74	0,88
0,76	0,24	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,56	0,61	0,65	0,71	0,86
0,77	0,21	0,24	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,54	0,58	0,63	0,69	0,83
0,78	0,18	0,21	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,51	0,55	0,60	0,66	0,80
0,79	0,16	0,18	0,21	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,45	0,48	0,53	0,57	0,63	0,78
0,80	0,13	0,16	0,18	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,36	0,39	0,42	0,46	0,50	0,55	0,61	0,75
0,81	0,10	0,13	0,16	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43	0,47	0,52	0,58	0,72
0,82	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24	0,27	0,30	0,34	0,37	0,41	0,45	0,50	0,56	0,70
0,83	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,38	0,42	0,47	0,53	0,67
0,84	0,03	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,32	0,35	0,40	0,44	0,50	0,65
0,85	0,00	0,03	0,05	0,08	0,11	0,14	0,16	0,19	0,23	0,26	0,29	0,33	0,37	0,42	0,48	0,62
0,86	-	0,00	0,03	0,05	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,34	0,39	0,45	0,59
0,87	-	-	0,00	0,03	0,05	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,42	0,57
0,88	-	-	-	0,00	0,03	0,06	0,08	0,11	0,15	0,18	0,21	0,25	0,29	0,34	0,40	0,54
0,89	-	-	-	-	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,22	0,26	0,31	0,37	0,51
0,90	-	-	-	-	-	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	0,16	0,19	0,23	0,28	0,34	0,48

LOS ARMÓNICOS

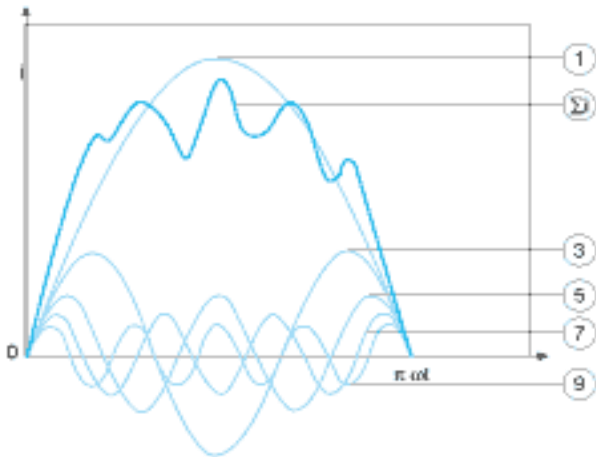
¿Qué son los armónicos?

Con la demanda siempre creciente de la industria y del comercio junto con el gran desarrollo de la electrónica de potencia se produjo un aumento en el uso de diversos equipos de características no lineales que han ocasionado un aumento del nivel de armónicas presentes en las redes.

Los armónicos presentes en los equipos son, por ejemplo:

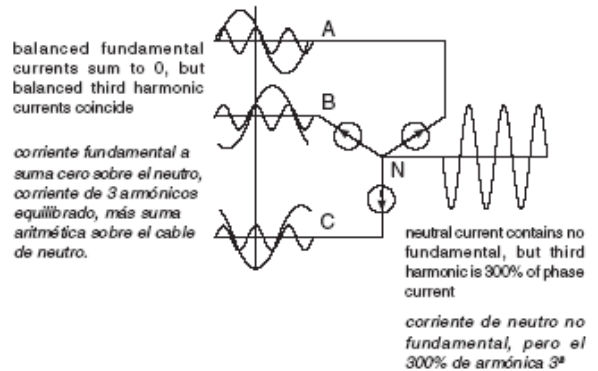
- Equipos de Oficina (ordenadores, fotocopiadoras, etc.).
- Lámparas de descarga en gases.
- UPS,
- Motores mandados por convertidores estáticos.
- Convertidores estáticos.
- Hornos de arco.

Los armónicos producen una forma de onda de tensión y corriente no sinusoidal como se indica en la figura.



La forma de onda de la corriente, aunque distorsionada, es usualmente idéntica de un ciclo al siguiente. Esto significa que todas las frecuencias en la forma de onda son armónicos (múltiplo entero) de la onda fundamental. Por ejemplo, los armónicos contenidos en la forma de onda de la figura 9 son 1, 5, 7, 11... ¿Porqué solo estos armónicos? La onda de corriente con medio periodo positivo idéntico al medio periodo negativo nunca tienen armónicos pares (2, 4, 6...).

Los armónicos impares múltiplos de 3 (3, 9, 15...) son habitualmente perjudiciales para las cargas trifásicas no lineales que generalmente se encuentran en el sector industrial. También pueden ser muy significativas en el caso de carga monofásica. La figura 10 muestra las razones de este efecto.



Un efecto importante de la presencia de armónicos es la reducción del factor de potencia total de la instalación.

Las componentes armónicas de frecuencias altas dan lugar a mayores pérdidas por histéresis y corrientes parásitas en los circuitos magnéticos; también, un mayor efecto pelicular en los conductores eléctricos.

Las máquinas rotativas originan campos giratorios de secuencia inversa (por ejemplo la 5ª armónica).

Las armónicas pueden ocasionar una perturbación inaceptable sobre la red de distribución de energía eléctrica y causar el recalentamiento de motores, cables y transformadores, el disparo de los interruptores automáticos, el sobrecalentamiento (y posible explosión) de capacitores, y también el mal funcionamiento de distintos equipos como computadoras, sistemas de comunicaciones, máquinas de control numérico y equipos de control, protección y medición en general.

Las armónicas pueden ocasionar una perturbación inaceptable sobre la red de distribución de energía eléctrica y causar el recalentamiento de motores, cables y transformadores, el disparo de los interruptores automáticos, el sobrecalentamiento (y posible explosión) de capacitores, y también el mal funcionamiento de distintos equipos como computadoras, sistemas de comunicaciones, máquinas de control numérico y equipos de control, protección y medición en general.

Esto último se agrava por el hecho que los equipos modernos se diseñan con tolerancias mucho más estrechas a fin de reducir costos, el resultado es que los equipos son menos capaces de tolerar armónicas.

Otro aspecto a tener en cuenta en presencia de armónicas es que los instrumentos de medición y los sensores de las protecciones deben estar diseñados para considerar valores eficaces verdaderos (True RMS).

Cabe señalar que en los sistemas trifásicos las tensiones compuestas de línea que se obtienen por diferencia de las tensiones de fase, no contienen armónicas de orden múltiplo de 3.

Además, al aplicar tensiones poli-armónicas trifásicas a una carga simétrica en estrella con neutro, por éste circularán las armónicas de orden múltiplo de 3 pudiendo dar lugar a corrientes excesivas que generan calentamiento.

Para mantener la calidad de la tensión y la corriente de red dentro de un nivel aceptable para el mercado eléctrico moderno, las reglamentaciones vigentes exigen trabajar con armónicas que no superen ciertos valores límites establecidos (por ejemplo, IEEE 519, Tabla 1 y Tabla 2 - Resoluciones 465/96 y 99/97 del ENRE), y con valores del factor de potencia superiores a 0,90 ó a 0,95 dependiendo del ente regulador correspondiente. Esto trajo consigo la instalación de equipos correctores del factor de potencia reactiva capacitiva superiores a las que se requerían cuando la exigencia vigente solicitaba sólo un valor del factor de potencia superior a 0,85.

Cuando un equipo de compensación de potencia reactiva se instala en redes en las que parte de la carga esta constituida por equipos que son generadores de armónicas, se pueden formar lazos resonantes en varias regiones de la línea que generando tensiones y corrientes armónicas, pueden dañar tanto a los capacitores como a la instalación eléctrica.

Dadas las consecuencias destructivas que una inadecuada evaluación de este tema puede originar, resulta conveniente alertar sobre esta situación y brindar criterios de evaluación generales, así como también presentar las soluciones habitualmente adoptadas en la práctica. Todo esto crea nuevos desafíos para el proyectista actual que está obligado a efectuar una serie de análisis y evaluaciones previas antes de determinar las características del equipo a instalar que antes no se contemplaban.

MEDIDA DE LA DISTORSION ARMONICA:

Existen muchos modos para indicar el contenido de armónicos de una forma de onda. La más utilizada es la tasa de distorsión armónica total (THD) que puede ser calculada para voltaje o corriente:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (M_h)^2}}{M_1}$$

Donde M_h es la amplitud de la componente armónica de orden h y M_1 es la amplitud de la componente fundamental.

La THD así como el verdadero valor eficaz de una forma de onda y están ligados por la siguiente relación:

$$rms = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (M_h)^2} = M_1 \cdot \sqrt{1 + THD^2}$$

REDUCCIÓN DE ARMÓNICOS

Elección de condensadores y verificación del fenómeno de resonancia

En muchos casos, los armónicos pueden ser eliminados o al menos evitados eligiendo los condensadores adecuados para no causar problemas de resonancia.

En el caso de una batería automática la potencia de cada escalón debe ser seleccionada para evitar la resonancia. Esta técnica no funciona en todos los casos; en un primer momento los picos de resonancia pueden ser tan elevados que un condensador no los soportaría. Por otro lado si los condensadores son controlados automáticamente la variedad de condiciones del funcionamiento puede hacer imposible eliminar el fenómeno.

Cuando un equipo de compensación de potencia reactiva se instala en redes en las que parte de la carga esta constituida por equipos que son generadores de armónicas, se pueden formar lazos resonantes en varias regiones de la línea que generando tensiones y corrientes armónicas, pueden dañar tanto a los capacitores como a la instalación eléctrica.

Dadas las consecuencias destructivas que una inadecuada evaluación de este tema puede originar, resulta conveniente alertar sobre esta situación y brindar criterios de evaluación generales, así como también presentar las soluciones habitualmente adoptadas en la práctica. Todo esto crea nuevos desafíos para el proyectista actual que está obligado a efectuar una serie de análisis y evaluaciones previas antes de determinar las características del equipo a instalar que antes no se contemplaban.

MEDIDA DE LA DISTORSION ARMONICA:

Existen muchos modos para indicar el contenido de armónicos de una forma de onda. La más utilizada es la tasa de distorsión armónica total (THD) que puede ser calculada para voltaje o corriente:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (M_h)^2}}{M_1}$$

Donde M_h es la amplitud de la componente armónica de orden h y M_1 es la amplitud de la componente fundamental.

La THD así como el verdadero valor eficaz de una forma de onda y están ligados por la siguiente relación:

$$rms = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (M_h)^2} = M_1 \cdot \sqrt{1 + THD^2}$$

FACTOR DE POTENCIA

La energía es un recurso fundamental para el progreso y la expansión industrial que no escapa de la tendencia al aumento de su costos.

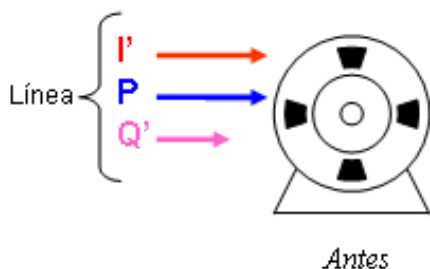
Esta situación ha encaminado a la industria eléctrica a la definición de políticas que conlleven a un uso más racional y eficiente de la energía eléctrica.

Una de las medidas para conocer el grado de eficiencia con el cual está siendo utilizando la energía es el llamado **factor de potencia**, el cual ha sido de alta relevancia ligados al ahorro de energía y al mejor uso de la electricidad.

El factor de potencia de una corriente alterna se define como la relación entre la **potencia activa (P)** y la **potencia aparente (S)** que puede verse como un valor utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.

La potencia activa (P) medida en vatios (W) representa la capacidad del circuito para realizar un trabajo.

La potencia reactiva (Q) medida en voltio ampere reactivo (Var) es la encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos inductivos como los motores y transformadores.



¿POR QUÉ EXISTE UN BAJO FACTOR DE POTENCIA?

puede producirse como consecuencia principalmente de:

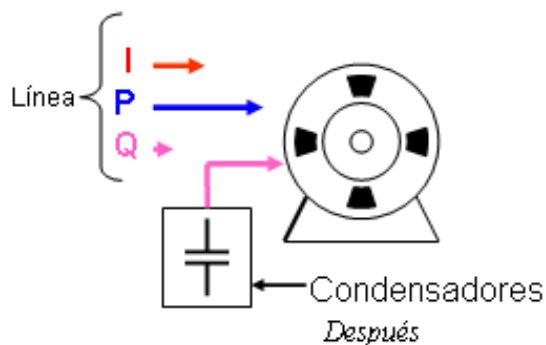
- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Red eléctrica y equipos de la industria en mal estado.

Una carga eléctrica industrial en su naturaleza física es reactiva pero su componente de reactividad puede ser controlado y compensado con amplios beneficios técnicos y económicos.

¿POR QUÉ DEBEMOS MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA?

Aumentar el factor e potencia es una de las técnicas para mejorar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica. Con ello reducimos corrientes de cargas, sobrecalentamientos en conductores y pérdidas innecesarias en general.

Una forma de que las empresas de electricidad a nivel nacional e internacional hagan reflexionar a las industrias sobre la conveniencia de generar o controlar su consumo de energía reactiva ha sido a través de un cargo por demanda facturado Bs./KVA, es decir, cobrándole por capacidad suministrada en kVA.



Aplicaciones

Los capacitores están diseñados para una compensación individual, grupal o central del factor de potencia en redes de baja tensión.



Construcción

Construidos bajo el sistema MKP, el cual esta compuesto por laminas metálicas de propileno con bajas perdidas dieléctricas con un sistema de dieléctrico autogenerarle.

El dieléctrico esta compuesto por un gas inerte, ecológico, sin riesgo de contaminación al medio ambiente.

Instalación

El capacitor puede ser instalado en cualquier posición. Deben ser colocados de forma contigua sin requerir distancias mínimas de separación entre las unidades.

Para la protección del capacitor es recomendable el uso de fusibles con características gG con corriente nominal de 1,6 a 1,8 la corriente del capacitor.

Información técnica para capacitores con carcasa cilíndrica

Voltaje nominal	U_N	230, 480, 525
Frecuencia		50/60 Hz
Normas		IEC 60831-1: 1996 IEC 60831-2: 1996
Sobrevoltaje max.	U_{max}	$U_N + 10\%$ (hasta 8 horas diarias) $U_N + 15\%$ (hasta 30 min diarios) $U_N + 20\%$ (hasta 5 min) $U_N + 30\%$ (hasta 1 min)
Sobrecorriente	I_S	$1,3 * I_N$
Tolerancia cap.		-5 / +10 %
Voltaje medido, terminal/terminal	U_{TT}	$2,15 * U_N$, AC, 2 s
Corriente de Inrush		max. $400 * I_N$
Pérdidas dieléctricas Pérdidas capacitivas totales:	$\tan \delta$ $\tan \delta_0$	cca 0,2 W/kvar cca 0,4 W/kvar
Vida esperada estadísticamente		De 150.000 a 200.000 horas
Grado de protección, cobertura		IP 20, por requerimiento IP 54, montaje interior
Temperatura ambiente		- temperatura máxima: 60 °C - temperatura máxima en un período de 24h: 45 °C - temperatura máxima media en un año: 35 °C - temperatura mínima: -40 °C
Enfriamiento		Natural o forzado
Humedad relativa permisible		IP 20 - max. 95 %, IP 54 - max. 95 %
Altitud máxima relativa		4.000 m sobre el nivel del mar
Posición de montaje		Cualquier posición
Montaje		Ajustado al fondo de la carcasa a través de un tornillo M12 (momento max. 5 Nm)
Carcasa		Cilíndrica de aluminio
Sistema dieléctrico		MKP – película de polipropileno metalizada
Absorción		Tipo seco
Terminales		1/ Doble, trifásico (conectado al terminal por un tornillo M5 con momento max de 2 Nm) 2/ Terminales M10 max. Momento de torque de 8Nm
Resistencia de descarga		Incluida. 3 min, 75 V

Capacitor trifásico 230 ó 480 VAC, 60Hz, IP20. Conexión Delta

Características técnicas y modelos

Tipo	Voltaje de Operación. [V]	Potencia QN [kvar]	Corriente IN [A]	Capacitancia CN [μF]	Dimensiones D x H [mm]	Peso [kg]
CSADG 1-0,525/12,5	480	12,5	13,7	3x48,1	85x245	1,1
CSADG 1-0,525/15	480	15	16,5	3x57,7	85x245	1,3
CSADG 1-0,525/20	480	20	22	3x77,0	110x245	1,9
CSADG 1-0,525/25	480	25	27,5	3x96,2	110x245	2,1
CSADG 1-0,525/30	480	30	33,0	3x115,5	136x220	3,3
CSADG 1-0,525/50	480	50	55,0	3x192,5	136x355	5,5
CSADG 1-0,23/12,5	230	12,5	31,4	3x209,0	110x245	2,6
CSADG 1-0,23/15	230	15	37,7	3x250,8	136x220	2,9



www.eltechinternational.com

www.eltechinternational.com

2465 Executive Park Drive, Lakeside Executive Suites 651

Weston, FL, 33331, USA

Phone: +1-954-618-10-54, +1-352-358-00-65

email: marketing@eltechinternational.com

www.eltechinternational.com