

Corrección del

Factor de Potencia

Aspectos claves en la selección de los componentes



Av. Einstein 1153 Santiago
(2) 398 8100

El uso racional de la energía eléctrica demanda una generación económicamente rentable, su transmisión y distribución con bajas pérdidas, además de garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones. Lo anterior significa restringir todos los factores que causan pérdidas en las redes eléctricas, siendo uno de estos factores, la energía reactiva de tipo inductiva.

Las cargas en las redes eléctricas industriales y públicas, son principalmente de naturaleza resistiva-inductiva, por lo tanto, el propósito de los sistemas para la corrección de factor de potencia es compensar esta energía reactiva de tipo inductiva, mediante la inyección de energía reactiva de tipo capacitiva, en algunos nodos bien definidos de la red. Mediante esta solución, también evitamos grandes caídas de tensión y mayores pérdidas óhmicas. La energía reactiva capacitiva requerida, se logra mediante capacitores en paralelo a la fuente de la red, tan cerca como sea posible del consumidor inductivo. Una forma de suministrar a la red esta energía reactiva de tipo capacitiva, es por etapas, agregando o quitando capacitores (CFP regulado).

Los beneficios obtenidos al corregir el factor de potencia, los podemos resumir en:

- **Amortización entre 8 a 24 meses.** Por ahorros en la operación del sistema, como por el no pago de multas a la compañía suministradora de energía.

- **Uso efectivo de la instalación** Un factor de potencia mejorado hace que las instalaciones eléctricas trabajen más económicamente (mayor potencia activa para la misma potencia aparente)

- **Mejora de la tensión de red**

- **Dimensionamiento óptimo de los cables**

La sección de los cables puede ser reducida mejorando el factor de potencia (menos corriente total). En instalaciones existentes, puedo aumentar la capacidad de transporte de las líneas de distribución.

- **Reducción de las pérdidas de transmisión**

Pérdidas por efecto Joule

Componentes claves

Capacitor

La función del capacitor es producir la energía reactiva de tipo capacitiva para compensar la energía reactiva de tipo inductiva de la red. Los capacitores empleados para la corrección del factor de potencia deben ser capaces de soportar altas corrientes de inserción (*inrush*), causadas por operaciones de conmutación (*switching*) ($>100 \times I_N$). Si los capacitores están conectados en paralelo (bancos o baterías), la corriente de inserción (*inrush*) se incrementa ($= 150 \times I_N$), por la contribución de la red como del resto de los capacitores que han conmutado. Los capacitores responden a la norma IEC 60831-1.

Hoy en día, la mayoría de los capacitores emplean como dieléctrico polipropileno metalizado de bajas pérdidas, ecológico y biodegradable, con características de autoregeneración, que les confieren larga vida y confiabilidad. Asimismo, cuentan con un desconector de sobrepresión, el cual, frente a una sobrepresión interna, desconecta el capacitor. Entre las causas de esta sobrepresión podemos mencionar el cumplimiento de la vida útil del producto, sobrecargas térmicas y defectos internos producto de sobretensiones transitorias



Controlador de factor de potencia (CFP)

Hoy en día la gran mayoría de estos equipos son microprocesados. El microprocesador analiza las señales provenientes de los transformadores de corriente, y a partir de este análisis envía órdenes de conmutación a los contactores de control, de tal forma de agregar o sacar etapas de capacitores. El control inteligente, por microprocesador, de los CFP asegura una utilización uniforme de los capacitores que forman las etapas, minimiza el número de conmutaciones y optimiza el ciclo de vida de los capacitores. Este tipo de dispositivos responde a la norma IEC



Contactora

Los contactores son elementos de conmutación electromecánicos, usados para la conexión de los capacitores o reactores. La operación de conmutación puede ser realizada por contactos mecánicos ó un conmutador electrónico (semiconductor). Esta última solución es preferible para cargas sensibles, las cuales requieren una conmutación rápida.

Cuando una capacitancia es conmutada con tensión alterna, el resultado es un circuito amortiguado en mayor o menor grado. Ahora, aparte de la corriente nominal, los capacitores están sometidos a corrientes

transitorias, que son múltiplos (tanto como 200 veces) de la corriente nominal, por lo tanto, los contactores deberán ir equipados de resistencias de pre-inserción para limitar ($<70 \times I_N$) las corrientes de inserción (*inrush*), prolongando así la vida útil de éstos. Los contactores, para este tipo de aplicaciones, responden a la norma IEC 60947-4-1 e IEC 60947-5-1.

Reactor (compensación y filtrado)

Las redes de distribución de potencia están cada vez más afectadas por la contaminación armónica, provocada por las llamadas cargas no lineales, tales como: arrancadores suaves, UPS, ballast electrónicos, etc. Estas armónicas son peligrosas para los capacitores conectados a los circuitos de un banco de compensación de factor de potencia, especialmente si la capacitancia del banco, junto a la reactancia de los transformadores de alimentación, forma un circuito resonante.

La experiencia muestra que las frecuencias autoresonantes de los circuitos, se encuentran típicamente entre 250 y 500 Hz, es decir, en la región de la quinta (5ª) y séptima (7ª) armónica.

La resonancia puede llevar asociados los siguientes efectos indeseables:

- Sobrecarga de los capacitores
- Sobrecarga de los transformadores y equipos de transmisión.
- Interferencias con sistemas de control y medida, computadores, etc.
- Aumento de la resonancia (amplificación de los armónicos).
- Distorsión de la tensión

El fenómeno de resonancia arriba descrito puede ser evitado conectando, en serie con los capacitores, reactancias de filtrado (filtro desintonizado ó de rechazo). Como regla general, debiera emplearse un filtro de rechazo, en lugar de un banco de compensación convencional, siempre que la distorsión armónica total (THD) de la tensión de red, supere un 2,5 a 3 %.

Fusibles

Un fusible de alta capacidad de ruptura (HRC) o un interruptor automático tipo caja moldeada, se empleará para protección contra cortocircuitos. Teniendo presente las siguientes precauciones:

- Los fusibles no protegen al capacitor contra sobrecargas, ellos proveen protección contra los cortocircuitos solamente.

- El rango de los fusibles de protección, debe ser entre 1,6 a 1,8 veces la corriente nominal del capacitor, tipo gG.
- No se deben utilizar los fusibles para conmutar, ya que existe riesgo de arco.

Temperatura ambiente

Los capacitores están divididos según clases de temperatura.

Cada clase esta representada por un número seguido de una letra, por ejemplo -40°/D. El número es la temperatura más baja a la cual el capacitor puede operar, y el límite de temperatura superior está indicado por la letra. Para este caso, la letra D corresponde a 55 °C. Para mayores temperaturas ambiente se requiere de ventilación forzada.

La temperatura es uno de los principales factores que afectan la vida útil del capacitor, ya que someten a una fuerte exigencia al proliopileno.

Clases de temperatura (según norma IEC 831-1)

Clase de temperatura	Temperatura ambiente alrededor del capacitor		
	Máxima	Media máxima por 24 h	Media máxima por un año
B	45 °C	35 °C	25 °C
C	50 °C	40 °C	30 °C
D	55 °C	45 °C	35 °C

Mantenimiento

-Periódicamente verificar las conexiones y terminales.

-Regularmente limpiar terminales / bushing para evitar cortocircuitos por acumulación de polvo.

-Chequear los fusibles de protección de cortocircuito.

-Hacer una lectura de corrientes dos veces al año, para verificar que las condiciones de diseño no han variado.

-Considerar una actualización o modificación del controlador de factor de potencia, si las condiciones ambientales han cambiado.

Equipos de compensación de reactiva

Para la compensación de la energía reactiva de tipo inductiva se emplean capacitores conectados en paralelo con las cargas que generan dicha energía. Existen varias posibles soluciones en cuanto a la forma de implantación, dependiendo del entorno de que se trate. Desde el punto de vista de eficiencia, los capacitores de compensación deberían conectarse lo más próximo posible a las cargas que generan energía reactiva inductiva, pero en general, se suele agrupar la compensación de varias cargas.

En el caso de equipos de compensación globales, la potencia reactiva total se suele fraccionar en varios escalones, formados por capacitores de potencias adecuadas, de forma que la suma sea el total de la potencia reactiva a compensar, y en caso de desconectar cargas, pueden desconectarse también grupos de capacitores, para adaptar la compensación a la demanda de cada momento. Los distintos escalones se conectan y desconectan mediante contactores o interruptores estáticos, bajo el control de un regulador automático.



El número de escalones y la potencia de cada uno suelen escogerse en la fase de diseño del equipo de compensación y pueden darse diversas combinaciones. En primer lugar, daremos algunas definiciones que nos ayudarán a centrar el problema:

Número de escalones (NE): Entenderemos como tal, el número de grupos en que se ha fraccionado la potencia total de un equipo de compensación de reactiva. Estos grupos podrán ser de igual potencia o no, tal como se explica a continuación.

Programa de regulación:

Las potencias de los distintos grupos o escalones suelen seguir ciertos patrones, denominados "programas".

El programa indica la relación que existe entre las potencias de los distintos escalones. A continuación, se indican los programas más frecuentes:

Programa 1:1:1. Todos los escalones tienen la misma potencia. Por ejemplo, un equipo de 100 kVAr y cinco (5) pasos, estaría formado por cinco (5) escalones iguales de 20 kVAr y se describiría como equipo de (5x20) Kva. Obsérvese que la potencia del primer escalón (regulación mínima), P_1 , y el número de escalones, N_E , están relacionados por la relación:

$$P_1 = P_{tot} / N_E$$

Programa 1:2:2. Todos los escalones, a partir del segundo, tienen doble potencia que el primero. Por ejemplo, un equipo de 180 kVAr y 5 escalones estaría formado por un primer escalón de 20 kVAr y 4 escalones iguales de 40 kVAr y se describiría como equipo de 20 + (4 x 40) Kvar. Obsérvese que la potencia del escalón menor de regulación P_1 , y el número de escalones, N_E , están relacionados por la relación:

$$P_1 = P_{tot} / (2N_E - 1)$$

Otros programas. Pueden utilizarse otros programas, como el 1:2:2:4 o el 1:1:2:2, etc. El significado los números, como se habrá deducido de los casos anteriores, da la proporción de las potencias entre el primer escalón, al que se asigna valor 1 y los siguientes (2 significa doble potencia, 4 significa 4 veces más, etc.).

Número de pasos (NP). El término **número de pasos** significa el número de valores intermedios en que está fraccionada la potencia total. A veces se confunde el número de pasos con el número de escalones, pero en realidad sólo coinciden en el programa 1:1:1. En general, el número de pasos se obtiene de la siguiente fórmula:

$$N_P = \sum N_E \times \text{pasos} = P_{tot} / P_1$$

Elección del número de pasos

Es frecuente que para regular un equipo de reactiva, se conecten y desconecten pasos que pueden representar un 20 o 25 % de la potencia total. Puede parecer que estos pasos tan grandes darán lugar a una regulación pobre o a un mal comportamiento del sistema, haciendo que la corriente total sufra grandes variaciones, pero el ejemplo siguiente pone de manifiesto que esto no es cierto y que cuatro o cinco pasos suelen ser suficientes para obtener una buena regulación. El aumentar excesivamente el número de pasos puede, por el contrario, generar inconvenientes por el elevado número de maniobras que debe hacer el equipo de compensación, causando como consecuencia un envejecimiento prematuro de los contactores. El ejemplo siguiente permite tener una idea cuantificada de los saltos que comporta la regulación por escalones.

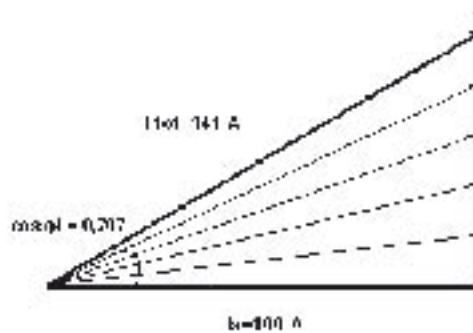
Ejemplo: Para un conjunto de cargas que consumen 141 A con un $\cos \varphi = 0,707$, calcular cuales serían los valores de $\cos \varphi$ y de la corriente total, al ir compensando con un equipo dividido en 5 escalones.

La solución se da en la tabla siguiente, y está basada en los cálculos geométricos de los triángulos de potencias dibujados en la figura de la misma tabla.

La corriente reactiva I_r , es de 100 A inicialmente, y se compensa en 5 escalones, por tanto, cada vez que introducimos un escalón, la I_r desciende en 20 A (100 A/5). Una vez conocida I_r y puesto que I_a es fija, también de 100 A, se puede obtener el $\cos \varphi$ y la corriente total I_{tot} por las ecuaciones siguientes

$$\cos \varphi = \frac{I_a}{\sqrt{I_a^2 + I_r^2}}$$

$$I_{tot} = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} = \frac{I_a}{\cos \varphi}$$



Escalones conectados	I_r (A)	$\cos \varphi$	I_{tot} (A)
0	100	0,707	141
1	80	0,781	128
2	60	0,857	117
3	40	0,930	108
4	20	0,981	102
5	0	1	100

Obsérvese, por ejemplo, que entre conectar 4 o 5 escalones, la diferencia en la corriente total es sólo de 2 A, y el $\cos \varphi$ resultante varía sólo de 1 a 0,98. En términos porcentuales, estas proporciones se mantienen para cualquier potencia, dependiendo sólo del número de pasos. Es decir, al fraccionar la potencia en 5 pasos, el último paso sólo haría variar la corriente total en un 2 % y el $\cos \varphi$ de 1 a 0,98. Es por esto que el excesivo fraccionamiento del número de pasos no aporta ventajas y en cambio, comporta un mayor número de maniobras y consecuentemente mayor desgaste del equipo.

www.electricistas.cl

Señor Ins tal ador este v igente l as

24

hrs

INTEGRATE A ESTE GRUPO DE PROFESIONALES ¡NO TE QUEDES ATRAS!

Electricistas.CL
Fono:56 2 552 7021
Fax:56 2 552 7021
Santiago Chile

Somos Instaladores Electricistas autorizados por S.E.C.; Técnicos e Ingenieros individuales y autónomos. Cada uno de nosotros es o tiene un Profesional Autorizado por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles SEC, con licencia vigente y clase según corresponda.

- Nuestros Principales Servicios son:
- Instalaciones
- Proyectos
- Asesorías Técnicas
- Anexo 1 SEC
- Certificaciones
- Empalmes
- Factor de Potencia
- Otros....

Electricistas.cl Pone a su disposición listados de profesionales con diferentes especialidades en el área eléctrica, que satisfarán sus necesidades en el

- Hogar,
- Comercio
- Industria.