

Capacitores y corrección del Factor de Potencia

El factor de potencia se define como el cociente de la relación de la potencia activa entre la potencia aparente; esto es:

$$FP = \frac{P}{S}$$

Comúnmente, el factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.

El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo.

Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

Potencia Activa

La potencia efectiva o real es la que en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo.

Unidades: Watts (W)

Símbolo: P

Potencia Reactiva

La potencia reactiva es la encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos inductivos como los motores y transformadores.

Unidades: VAR

Símbolo: Q

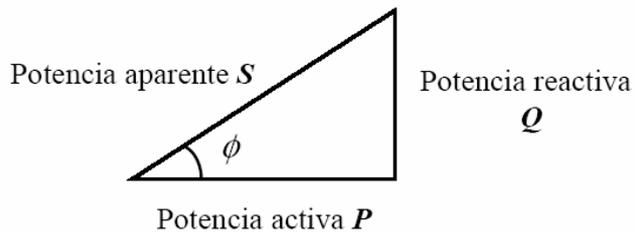
Potencia Aparente

La potencia aparente es la suma geométrica de las potencias efectiva y reactiva; es decir:

Unidades: VA

Símbolo: S

El triángulo de Potencias



De la figura se observa:

$$\frac{P}{S} = \cos \phi$$

Por lo tanto:

$$FP = \cos \phi$$

El ángulo ϕ

En electrotecnia, el ángulo ϕ nos indica si las señales de voltaje y corriente se encuentran en fase.

Dependiendo del tipo de carga, el factor de potencia ($FP = \cos \phi$) puede ser:

- adelantado
- retrasado
- igual a 1

Tipos de cargas

Cargas Resistivas

En las cargas *resistivas* como las lámparas incandescentes, el voltaje y la corriente están en fase.

En este caso, se tiene un factor de potencia *unitario*.

Cargas Inductivas

En las cargas *inductivas* como los motores y transformadores, la corriente se encuentra retrasada respecto al voltaje.

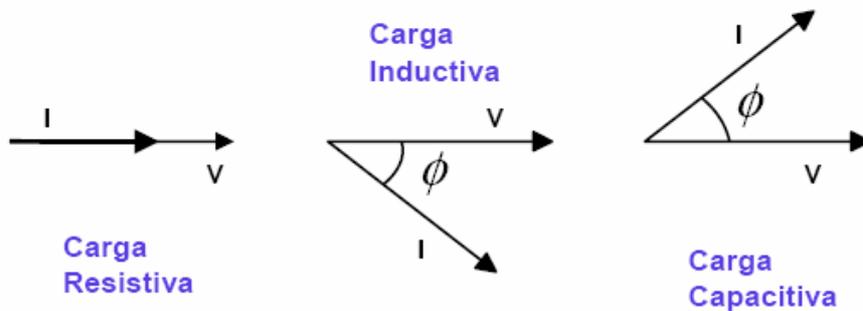
En este caso se tiene un factor de potencia *retrasado*.

Cargas Capacitivas

En las cargas *capacitivas* como los condensadores, la corriente se encuentra adelantada respecto al voltaje. Factor de potencia *adelantado*.

Diagramas fasoriales del voltaje y la corriente

Según el tipo de carga, se tienen los siguientes diagramas:

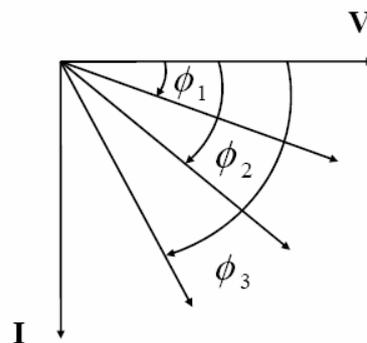


Causas del Bajo Factor de Potencia

Para producir un trabajo, las cargas eléctricas requieren de un cierto consumo de energía, cuando este consumo es en su mayoría energía reactiva, el valor del ángulo se incrementa y disminuye el factor de potencia.

Factor de potencia vs ángulo ϕ

ϕ	FP = $\cos \phi$
0	1
30	0.866
60	0.5
90	0

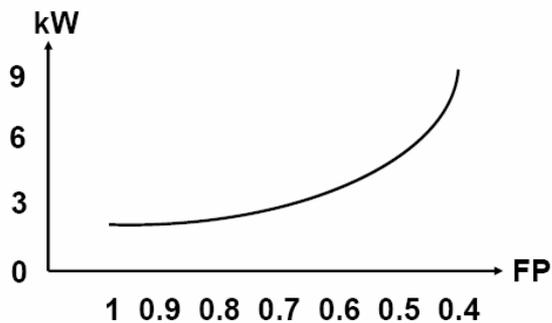


Problemas por bajo factor de potencia

Problemas técnicos:

- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de las pérdidas en conductores.
- Sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución.
- Incremento de las caídas de voltaje.

Pérdidas en un conductor vs factor de potencia



Problemas económicos:

- Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente.
- Penalización de hasta un 120 % del costo de la facturación.

Beneficios por corregir el factor de potencia

Beneficios en los equipos:

- Disminución de las pérdidas en conductores.
- Reducción de las caídas de tensión.
- Incremento de la vida útil de las instalaciones.
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.

Beneficios económicos:

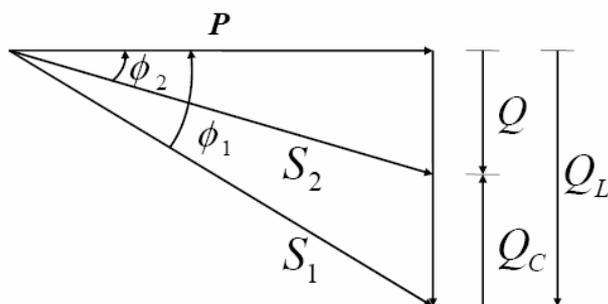
- Reducción de los costos por facturación eléctrica.
- Eliminación del cargo por bajo factor de potencia.

Compensación del factor de potencia

Las cargas inductivas requieren potencia reactiva para su funcionamiento.

Esta demanda de reactivos se puede reducir e incluso anular si se colocan capacitores en paralelo con la carga.

Cuando se reduce la potencia reactiva, se mejora el factor de potencia.



En la figura anterior se tiene:

- Q_L es la demanda de reactivos de un motor y la potencia aparente correspondiente.

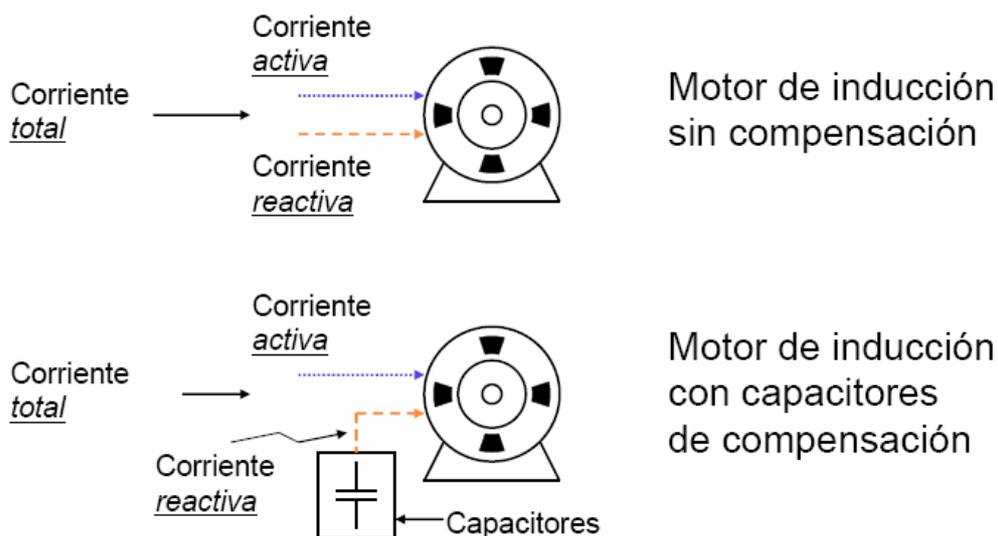
- Q_C es el suministro de reactivos del capacitor de compensación

La compensación de reactivos no afecta el consumo de potencia activa, por lo que P es constante.

Como efecto del empleo de los capacitores, el valor del ángulo ϕ_1 se reduce a ϕ_2

La potencia aparente S_1 también disminuye, tomando el valor de S_2

Al disminuir el valor del ángulo ϕ se incrementa el factor de potencia.



Métodos de compensación

Son tres los tipos de compensación en paralelo más empleados:

- a) Compensación individual
- b) Compensación en grupo
- c) Compensación central

Compensación individual

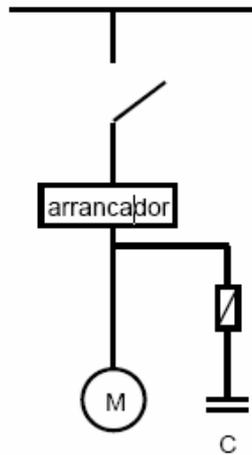
Aplicaciones y ventajas

- Los capacitores son instalados por cada carga inductiva.
- El arrancador para el motor sirve como un interruptor para el capacitor.
- El uso de un arrancador proporciona control semiautomático para los capacitores.
- Los capacitores son puestos en servicio sólo cuando el motor está trabajando.

Desventajas

- El costo de varios capacitores por separado es mayor que el de un capacitor individual de valor equivalente.
- Existe subutilización para aquellos capacitores que no son usados con frecuencia.

Diagrama de conexión



Compensación en grupo

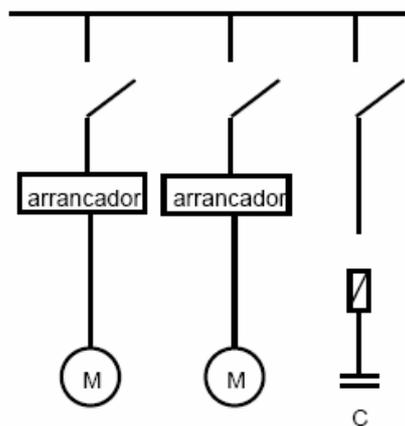
Aplicaciones y ventajas

- Se utiliza cuando se tiene un grupo de cargas inductivas de igual potencia y que operan simultáneamente.
- La compensación se hace por medio de un banco de capacitores en común.
- Los bancos de capacitores pueden ser instalados en el centro de control de motores.

Desventaja

La sobrecarga no se reduce en las líneas de alimentación principales

Diagrama de conexión



Compensación central

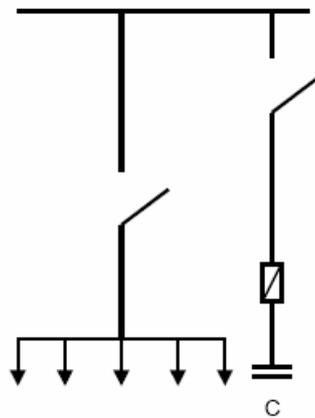
Características y ventajas

- Es la solución más general para corregir el factor de potencia.
- El banco de capacitores se conecta en la acometida de la instalación.
- Es de fácil supervisión.

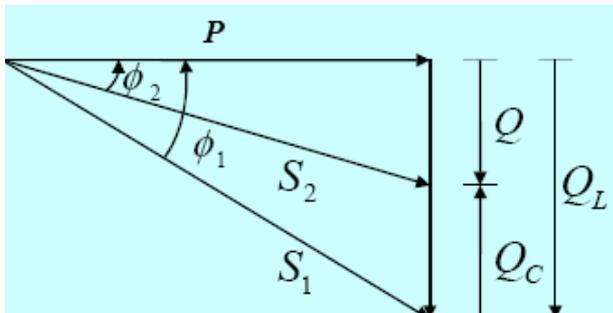
Desventajas

- Se requiere de un regulador automático del banco para compensar según las necesidades de cada momento.
- La sobrecarga no se reduce en la fuente principal ni en las líneas de distribución.

Diagrama de conexión



Cálculo de los kVARs del capacitor



De la figura siguiente se tiene:

$$Q_C = Q_L - Q$$

Como:

$$Q = P \cdot \tan \phi$$

$$Q_C = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

Por facilidad,

$$Q_C = P \cdot K$$

Cálculo de los kVARs del capacitor: *Coficiente K*

	FP deseado				
FP actual	0.8	0.85	0.9	0.95	1
0.3	2.43	2.56	2.695	2.851	3.18
0.4	1.541	1.672	1.807	1.963	2.291
0.5	0.982	1.112	1.248	1.403	1.732
0.6	0.583	0.714	0.849	1.005	1.333
0.7	0.27	0.4	0.536	0.692	1.02
0.8		0.13	0.266	0.421	0.75
0.9				0.156	0.484

Consideraciones del FP Cargas máximas

FP = 0.30 Penalización máxima 120%

Compensación individual de transformadores

De acuerdo con las normas técnicas para instalaciones eléctricas, la potencia reactiva (kVAR) de los capacitores, no debe exceder al 10% de la potencia nominal del transformador.

Compensación individual de motores

- Generalmente no se aplica para motores menores a 10 kW.
- Rango del capacitor
 - En base a tablas con valores normalizados, o bien,
 - multiplicar los HP del motor por 1/3
 - El 40% de la potencia en kW.

Bancos automáticos de capacitores

Cuenta con un regulador de VARS que mantiene el FP prefijado, ya sea mediante la conexión o desconexión de capacitores conforme sea necesario

Pueden suministrar potencia reactiva de acuerdo a los siguientes requerimientos:

- constantes
- variables
- instantáneos
- Se evitan sobretensiones en el sistema.

Elementos de los bancos automáticos:

- Capacitores fijos en diferentes cantidades y potencias reactivas (kVAR)
- Relevador de factor de potencia
- Contactores
- Fusibles limitadores de corriente
- Interruptor termomagnético general

Los bancos de capacitores pueden ser fabricados en cualquier No. De pasos hasta 27 (pasos estándar 5,7,11 y 15).

El valor de los capacitores fijos depende del número de pasos previamente seleccionado, así como, de la cantidad necesaria en kVAR's para compensar el FP a 1.0

A mayor número de pasos, el ajuste es más fino, dado que cada paso del capacitor es más pequeño, permitiendo lograr un valor más cercano a 1.0, no obstante ocasiona un mayor costo.

La conmutación de los contactores y sus capacitores individuales es controlada por un regulador (vármetro).

Esquema de un banco automático de capacitores.

