

CAPITULO I

CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

1.1 INTRODUCCIÓN

Todos los aparatos eléctricos que suministran energía ya sea en forma de luz, calor, sonido, rotación, movimiento, etc. Consumen una cantidad de energía eléctrica equivalente a la entregada directamente de la fuente de electricidad a la cual están conectados. Esta energía consumida se denomina Activa, la cual se registra en los medidores y es facturada al consumidor por las respectivas empresas de suministro eléctrico. Algunos aparatos, debido a su principio de funcionamiento, toman de la fuente de electricidad una cantidad de energía mayor a la que registra el medidor: una parte de esta energía es la ya mencionada energía Activa, y la parte restante no es en realidad consumida sino entretenida entre el aparato y la red de electricidad. Esta energía entretenida se denomina Reactiva y no es registrada por los medidores del grupo tarifario al cual pertenecen los consorcios. La energía total (formada por la Activa y la Reactiva) que es tomada de la red eléctrica se denomina Aparente y es la que finalmente debe ser transportada hasta el punto de consumo. La energía que toman los aparatos de la fuente es de una corriente alterna que tiene que ser convertida a corriente continua, esta conversión provoca un desfase de la corriente y que pierda su forma senoidal originando un factor de potencia bajo.

El hecho de transportar una energía mayor a la que realmente se consume, impone la necesidad de que los conductores, transformadores y demás dispositivos que participan en el suministro de esta energía sean más robustos, por lo tanto se eleva el costo del sistema de distribución.

Además, el efecto resultante de una enorme cantidad de usuarios en esta condición, provoca que disminuya en gran medida la calidad del servicio de electricidad (altibajos de tensión, cortes de electricidad, etc.). Por estos motivos, las compañías de distribución, toman medidas que tienden a compensar económicamente a esta situación (penalizando o facturando la utilización de energía Reactiva) o bien a regularizarla (induciendo a los usuarios a que corrijan sus instalaciones y generen un mínimo de energía Reactiva).

1.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE POTENCIA

1.2.1 POTENCIA REACTIVA

Además de utilizar potencia activa para producir un trabajo, los motores, transformadores y demás equipos similares requieren un suministro de potencia reactiva para generar el campo magnético necesario para su funcionamiento.

La potencia reactiva no produce por si misma ningún trabajo; se simboliza con la letra **Q** y sus unidades son los **volts-ampers reactivos (VAR)**.

1.2.2 POTENCIA APARENTE

La potencia total o aparente es la suma geométrica de las potencias activa y reactiva, o bien, el producto de la corriente y el voltaje; su símbolo es **S** y sus unidades se expresan en **volts-ampers (VA)**.

1.2.3 TRIÁNGULO DE POTENCIAS

La figura 1.1 puede ser usada para ilustrar las diferentes formas de potencia eléctrica.

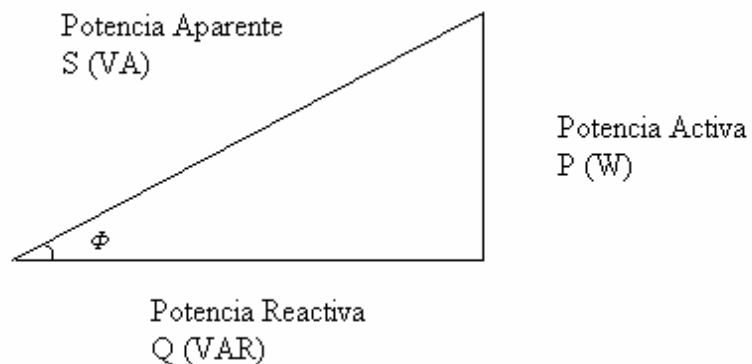


Figura 1.1 Triángulo de potencias eléctricas

De la figura anterior se observa: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Por lo que se puede conocer la potencia aparente a partir del teorema de pitagoras aplicado en el tringulo de potencias.

1.2.4 FACTOR DE POTENCIA (FP)

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa (en watts, W), y la potencia aparente (en volts-ampers, VA) y describe la relación entre la potencia de trabajo o real y la potencia total consumida.

El Factor de Potencia (FP) está definido por la siguiente ecuación:

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

El factor de potencia expresa en términos generales, el desfaseamiento o no de la corriente con relación al voltaje y es utilizado como indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual puede tomar valores entre 0 y 1.0 siendo la unidad (1.0) el valor máximo de FP y por tanto el mejor aprovechamiento de energía.

1.2.5 CAUSAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

Las cargas inductivas como motores, balastos, transformadores, etc., son el origen del bajo factor de potencia ya que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica, en este tipo de equipos el consumo de corriente se desfasa con relación al voltaje lo que provoca un bajo factor de potencia.

1.2.6 CONSECUENCIAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

Las instalaciones eléctricas que operan con un factor de potencia menor a 1.0, afectan a la red eléctrica tanto en alta tensión como en baja tensión, además, tiene las siguientes consecuencias en la medida que el factor de potencia disminuye:

1.- Incremento de las pérdidas por efecto joule

La potencia que se pierde por calentamiento está dada por la expresión I^2R donde I es la corriente total y R es la resistencia eléctrica de los equipos (bobinados de generadores y transformadores, conductores de los circuitos de distribución, etc.). Las pérdidas por efecto Joule se manifestarán en:

Calentamiento de cables

Calentamiento de embobinados de los transformadores de distribución, y

Disparo sin causa aparente de los dispositivos de protección

Uno de los mayores problemas que causa el sobrecalentamiento es el deterioro irreversible del aislamiento de los conductores que, además de reducir la vida útil de los equipos, puede provocar cortos circuitos.

2.- Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución.

El exceso de corriente debido a un bajo factor de potencia, ocasiona que los generadores, transformadores y líneas de distribución, trabajen con cierta sobrecarga y reduzcan su vida útil, debido a que estos equipos, se diseñan para un cierto valor de corriente y para no dañarlos, se deben operar sin que éste se rebase.

3.- Aumento de la caída de tensión

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones de origen y la que lo canaliza, resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas (motores, lámparas, etc.); estas cargas sufren una reducción en su potencia de salida. Esta caída de voltaje afecta a:

Los embobinados de los transformadores de distribución

Los cables de alimentación, y a los

Sistemas de protección y control

4.- Incremento en la facturación eléctrica

Debido a que un bajo factor de potencia implica pérdidas de energía en la red eléctrica, el productor y distribuidor de energía eléctrica se ve en la necesidad de penalizar al usuario haciendo que pague más por su electricidad.

1.2.7 CARGOS Y BONIFICACIONES POR FACTOR DE POTENCIA

En México, de acuerdo a la tarifa y al Diario Oficial de la Federación del día 10 de noviembre de 1991, cuando el factor de potencia tenga un valor inferior a 0.9, el suministrador de energía eléctrica tendrá derecho a cobrar al usuario una penalización o cargo por la cantidad que resulte de aplicar al monto de la facturación el porcentaje de recargo que se determine según la siguiente ecuación:

$$\text{Penalización (\%)} = \frac{3}{5} \times \left[\frac{0.9}{FP} - 1 \right] \times 100$$

En el caso de que el factor de potencia tenga un valor superior a 0.9, el suministrador tendrá la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según la siguiente ecuación:

$$\text{Bonificación (\%)} = \frac{1}{4} \times \left[1 - \frac{0.9}{FP} \right] \times 100$$

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal, por defecto o por exceso, según sea o no menor que 5 (cinco) el segundo decimal. En ningún caso se aplicarán porcentajes de penalización superiores a 120 % (ciento veinte por ciento), ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5 %. Los cargos o bonificaciones se aplican a usuarios domésticos, residenciales o industriales.

1.3 CORRECTOR DE FACTOR DE POTENCIA CFP

La finalidad de corregir el factor de potencia es reducir o aún eliminar el costo de energía reactiva en la factura de electricidad. Para lograr esto, es necesario distribuir las unidades capacitivas, dependiendo de su utilización, en el lado del usuario del medidor de potencia. Existen varios métodos para corregir o mejorar el factor de potencia, entre los que destacan la instalación de capacitores eléctricos o bien, la aplicación de motores sincrónicos que finalmente actúan como capacitores.

Compensación individual en motores

Compensación por grupo de cargas

Compensación centralizada

Compensación combinada

Los capacitores eléctricos o bancos de capacitores, pueden ser instalados en varios

puntos en la red de distribución en una planta, y pueden distinguirse cuatro tipos principales de instalación de capacitores para compensar la potencia reactiva (figura 1.2). Cada una de las instalaciones observadas en la figura 1.2 corresponden a una aplicación específica, no obstante, es importante mencionar que antes de instalar capacitores eléctricos, se deben tomar en cuenta los siguientes factores: tipos de cargas eléctricas, variación y distribución de las mismas, factor de carga, disposición y longitud de los circuitos, tensión de las líneas de distribución, entre otros.

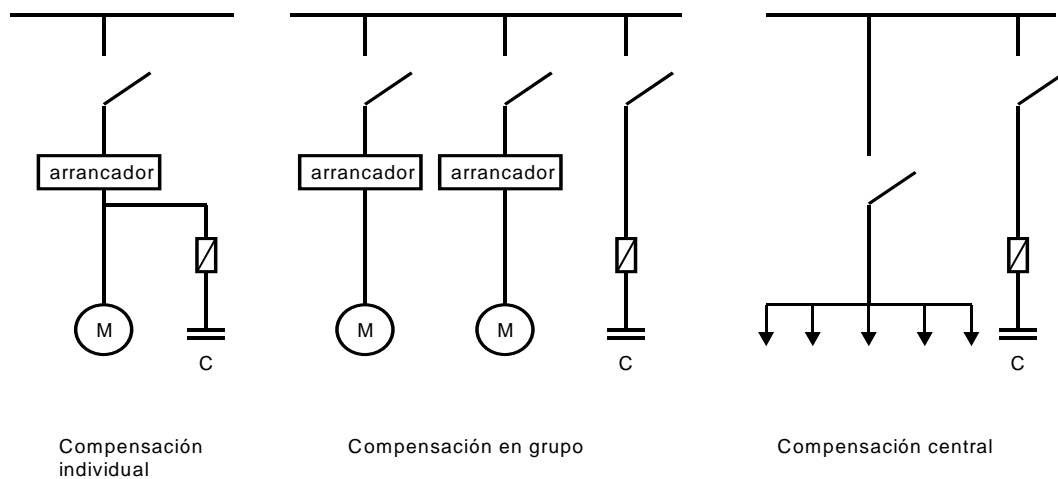


Figura 1.2 Tipos de instalaciones de capacitores para corregir el factor de potencia

1.3.1 COMPENSACIÓN INDIVIDUAL

La compensación individual se refiere a que cada consumidor de carga inductiva se le asigna un capacitor que suministre potencia reactiva para su compensación. La compensación individual es empleada principalmente en equipos que tienen una operación continua y cuyo consumo de la carga inductiva es representativo. A continuación se describen dos métodos de compensación individual:

1. Compensación individual en motores eléctricos

El método de compensación individual es el tipo de compensación más efectivo ya que el capacitor se instala en cada una de las cargas inductivas a corregir, de manera que la potencia reactiva circule únicamente por los conductores cortos entre el motor y el capacitor. La compensación individual presenta las siguientes ventajas:

Los capacitores son instalados cerca de la carga inductiva, la potencia reactiva es confinada al segmento más pequeño posible de la red.

El arrancador para el motor puede también servir como un interruptor para el capacitor eliminando así el costo de un dispositivo de control del capacitor solo.

El uso de un arrancador proporciona control semiautomático para los capacitores, por lo que no son necesarios controles complementarios.

Los capacitores son puestos en servicio sólo cuando el motor está trabajando.

Todas las líneas quedan descargadas de la potencia reactiva.

No obstante, este método presenta las siguientes 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.

Es importante mencionar que para no incurrir en una sobre compensación en la carga inductiva que provoque alteraciones en el voltaje que puedan dañar la instalación eléctrica, la potencia del banco de capacitores deberá limitarse al 90% de la potencia reactiva del motor en vacío.

2. Compensación individual en transformadores de distribución

Otro método para corregir el factor de potencia es compensar la potencia reactiva en los transformadores de distribución. La potencia total del banco de capacitores se calcula para compensar la potencia reactiva absorbida por el transformador en vacío, que es del orden del 5 al 10% de la potencia nominal.

De acuerdo con las normas técnicas para instalaciones eléctricas, con el fin de evitar fenómenos de resonancia y sobretensión en vacío, la potencia total del banco de capacitores no debe exceder el 10% de la potencia nominal (en VA) del transformador.

1.3.2 COMPENSACIÓN EN GRUPO

Es aconsejable compensar la potencia inductiva de un grupo de cargas, cuando éstas se conectan simultáneamente y demandan potencia reactiva constante, o bien cuando se tienen diversos grupos de cargas situados en puntos distintos.

La compensación en grupo presenta las siguientes ventajas:

Se conforman grupos de cargas de diferente potencia pero con un tiempo de operación similar, para que la compensación se realice por medio de un banco de capacitores común con su propio interruptor.

Los bancos de capacitores pueden ser instalados en el centro de control de motores.

El banco de capacitores se utilizan únicamente cuando las cargas están en uso.

Se reducen costos de inversión para la adquisición de bancos de capacitores.

Es posible descargar de potencia reactiva las diferentes líneas de distribución de energía eléctrica.

En las líneas de alimentación principal se presenta la desventaja de que la sobrecarga de potencia reactiva no se reduce, es decir, que seguirá circulando energía reactiva entre el centro de control de motores y los motores.

1.3.3 COMPENSACIÓN CENTRAL CON BANCO AUTOMÁTICO

Este tipo de compensación ofrece una solución generalizada para corregir el factor de potencia ya que la potencia total del banco de capacitores se instala en la acometida, cerca de los tableros de distribución de energía, los cuales, suministran la potencia reactiva demandada por diversos equipos con diferentes potencias y tiempos de operación.

La potencia total del banco de capacitores se divide en varios bloques que están conectados a un regulador automático de energía reactiva, que conecta y desconecta los bloques que sean necesarios para obtener el factor de potencia previamente programado en dicho regulador.

La compensación centralizada presenta las siguientes ventajas:

- Mejor utilización de la capacidad de los bancos de capacitores.
- Se tiene una mejora en la regulación del voltaje en sistema eléctrico.
- Suministro de potencia reactiva según los requerimientos del momento.
- Es de fácil supervisión.

La desventaja de corregir el factor de potencia mediante la compensación centralizada, es que las diversas líneas de distribución no son descargadas de la potencia reactiva,

además, se requiere de un regulador automático el banco de capacitores para compensar la potencia reactiva, según las necesidades de cada momento.

1.4 IMPORTANCIA DE UN CORRECTOR DE FACTOR DE POTENCIA.

La compensación del factor de potencia trae como consecuencia los siguientes beneficios energéticos y económicos:

- a) Eliminación del cargo por factor de potencia
- b) Bonificación por parte de la compañía suministradora
- c) Disminución de la caída de tensión en cables

Se sabe que la caída de tensión en cables provoca la pérdida de potencia, al tener una disminución de caída de tensión inducirá a que las pérdidas de potencia sean mínimas ya que:

$$\Delta V = I (R \cos \phi + WL \sin \phi)$$

Donde:

ΔV = Disminución en la caída de voltaje en volts (V)

L = Inductancia en Henry (H)

$W = 2 \pi f$; La frecuencia W esta en rad/seg.

f = Frecuencia en Hertz (Hz)

1.5 CONCLUSIONES

Considerando lo expuesto, surge el planteo acerca de la conveniencia de corregir el Factor de Potencia en una instalación. Una instalación no compensada, seguramente ya está pagando o muy pronto deberá comenzar a pagar los recargos de hasta el 20% de su facturación por consumo de electricidad. El costo total de la compensación, es prácticamente despreciable frente al costo de la instalación propiamente dicha y de los artefactos conectados a la misma, además el trabajo completo incluyendo materiales se amortiza en unos pocos meses con el ahorro del pago del recargo. De lo anterior, surge que la corrección del Factor de Potencia requiere cálculos de ingeniería precisos y la experiencia de profesionales adecuados.