

ENERGÍA REACTIVA

Los artefactos eléctricos (electrodomésticos, televisores, computadoras, iluminación, acondicionamiento de aire, etc.) para funcionar necesitan tomar de la red de distribución una cierta cantidad de energía eléctrica que es una combinación de una componente llamada “activa” y otra “reactiva”.

La componente “activa”, que se mide en kWh (kilowatt hora), representa la energía eléctrica que se convierte en trabajo útil según el tipo de aparato del que se trate (luz, calor, frío, movimiento, etc.) siendo ésta la que se mide y factura.

La componente “reactiva”, que se mide en kVarh (kilovoltamper reactivo hora), representa la energía eléctrica que utiliza el artefacto para posibilitar su funcionamiento y sólo está presente en aquellos que tiene como componentes motores y/o bobinas (acondicionadores de aire, heladeras, lavarropas, licuadoras, balastos para iluminación fluorescente, etc.).

Esta energía reactiva debe ser transportada y distribuida a lo largo de todo el sistema eléctrico implicando un costo para la empresa distribuidora, por lo que se limita su uso y se penaliza su exceso, ya que puede ser disminuida mediante equipamiento adecuado.

FACTOR DE POTENCIA

La relación entre energía activa y aparente se la denomina “Factor de Potencia” o “Coseno Fi” siendo su valor indicativo de la eficiencia con que se utiliza la energía, puede variar entre 1 (valor máximo, eficiencia óptima, toda la energía absorbida de la red se transforma en trabajo útil) y 0 (valor mínimo, no se obtiene ningún trabajo útil de la energía absorbida de la red).

CAPACITORES

Existe un dispositivo eléctrico llamado “capacitor” o “condensador” que al ser conectado a la red eléctrica compensa la energía reactiva que demandan los artefactos con factor de potencia menor que 1. Eligiendo correctamente el valor del capacitor se puede modificar el factor de potencia llevándolo hasta valores cercanos a 1 logrando de esta forma un uso eficiente de la energía y aprovechando al máximo la capacidad del sistema de distribución ya que sólo se transporta energía eléctrica activa.

El Reglamento de Comercialización de la Energía Eléctrica, en su punto 2.2.5 exige al usuario mantener el Factor de Potencia medio como mínimo en 95 centésimas (0,95) caso contrario prevé la aplicación de recargos proporcionales al apartamiento. Para el caso en que el valor del Factor de Potencia sea inferior a 50 centésimas (0,50) se intimará al usuario a corregirlo dentro de un plazo no mayor a 30 días, suspendiendo el suministro eléctrico en caso de no verificarse la corrección solicitada.

COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Como ya se dijo, para la compensación del Factor de Potencia se utilizan capacitores cuyo valor debe determinarse en función de la cantidad de energía reactiva en juego. Existen diversos métodos de cálculo, ya sean gráficos o en base a fórmulas matemáticas, para lo cual son necesarios ciertos datos que se pueden obtener en su mayoría de la propia factura de energía, relevarlos del medidor de energía que cada usuario tiene instalado en su suministro o en base a mediciones realizadas por un electricista.

A continuación se indicarán algunos procedimientos simples para la determinación del valor de capacidad necesaria para compensar el Factor de Potencia de una instalación modelo. Cabe aclarar que los ejemplos que se muestran son ilustrativos y su objeto es suministrar una guía para calcular la potencia reactiva necesaria, en los casos reales debe participar personal idóneo tanto para el cálculo como para la instalación definitiva de los condensadores requiriendo estudiar la configuración del circuito, la distribución de cargas, etc.

DEFINICIONES Y FÓRMULAS

Sin profundizar en el tema y honrando la brevedad de esta publicación, diremos que todo usuario de energía eléctrica es servido con una cierta tensión de alimentación U (Volt) que aplicada a los artefactos eléctricos hará circular una cierta corriente I (Amper). El producto de estas magnitudes dará como resultado la potencia eléctrica que integrada a lo largo del tiempo será la energía eléctrica. Según el tipo de carga que se alimenta aparecerá una componente de potencia activa P (Watt) y una reactiva Q (Volt Amper reactivo) que producirá un cierto ángulo o desfase, que dependerá del tipo de carga considerada y que para nombrarlo se usa la letra griega Phi (Φ).

Potencia Activa P: Es la que efectivamente se aprovecha como potencia útil en el eje de un motor, la que se transforma en calor en la resistencia de una plancha, estufa eléctrica, etc.

$$P = U \times I \times \cos \phi$$

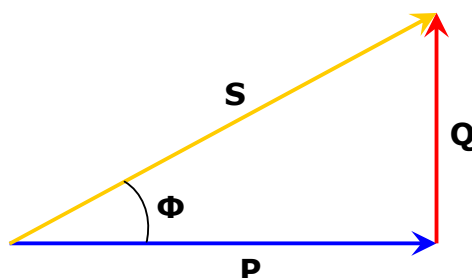
Potencia Reactiva Q: Es la que los campos magnéticos de los motores, de los reactores ó balastos de iluminación etc. intercambian con la red sin significar un consumo de potencia activa en forma directa.

$$Q = U \times I \times \text{sen}\phi$$

Potencia Aparente S: Es la que resulta de considerar la tensión aplicada al consumo y la corriente que éste demanda, esta potencia es lo que limita la utilización de transformadores, líneas de alimentación y demás elementos componentes de los circuitos eléctricos.

$$S = U \times I$$

Para representar gráficamente las magnitudes indicadas se utilizan vectores o, más propiamente fasores.

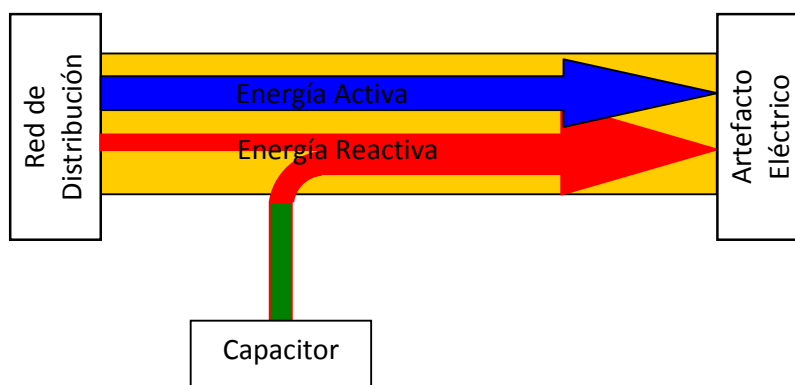


El proceso de compensación implica la disminución de energía reactiva tomada de la red, esto se logra mediante el agregado de capacitores que funcionan como generadores de energía reactiva, obteniendo como resultado que el conjunto “artefacto eléctrico + capacitor” represente para la red un nuevo dispositivo con un Factor de Potencia mejor (más cercano a 1).

Esto se podría representar como sigue:

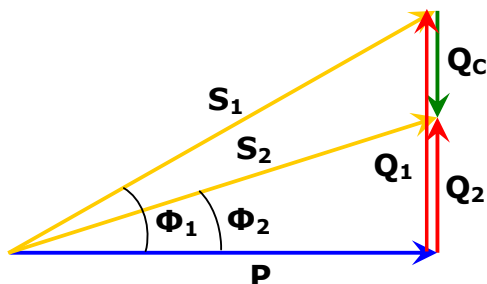


Artefacto sin compensar



Artefacto compensado

- S1: Potencia aparente sin compensar.
- S2: Potencia aparente compensada.
- Q1: Potencia reactiva sin compensar.
- Q2: Potencia reactiva compensada.
- QC: Potencia reactiva del capacitor.
- Φ1: Ángulo sin compensar.
- Φ2: Ángulo compensado.
- P: Potencia Activa



MÉTODOS DE CÁLCULO

Los datos necesarios para el cálculo del tamaño del capacitor a colocar en la instalación para corregir el Factor de Potencia son:

Potencia activa

Potencia reactiva actual o Coseno Φ actual

Coseno Φ deseado

Según la fuente de donde se disponga de estos valores podremos utilizar un método de cálculo mediante fórmulas o por medio de tablas.

En la factura de energía podemos encontrar el Coseno Φ, la energía activa, la energía reactiva y el periodo en días en que se registraron los valores indicados.

¿Cómo calcular el coseno φ de nuestra instalación a partir de la lectura del medidor? Los medidores estáticos (electrónicos) instalados por EPEC, comienzan su ciclo de display con la prueba de correcto funcionamiento de todos los segmentos, que en apariencia se indica como **8888888**.

Luego se indica el contador de energía activa (kWh) y posteriormente el de energía reactiva inductiva (kVArh). Finalmente sigue con otras magnitudes dependiendo de la marca, modelo y tipo de medidor hasta reiniciar el ciclo.

Como ambos contadores se incrementan continuamente en función del consumo de ambas magnitudes, nos concentraremos en los dos primeros a fin de calcular el factor de potencia de nuestra instalación.

Supongamos que al inicio del ciclo de facturación, el medidor indicaba un registro total de consumo de ambas magnitudes es de:

Energía activa: 25128 kWh

Energía reactiva: 24252 kVArh

Luego de los 60 días (período normal de facturación residencial o comercial):

Energía activa: 27248 kWh

Energía reactiva: 26325 kVArh

El consumo total de energía activa en el período será:

$$P = 27248 - 25128 = 2120 \text{ kWh}$$

Y el de energía reactiva será:

$$Q = 26325 - 24252 = 2073 \text{ kVArh}$$

El factor de potencia (si no figura en la factura) se calcula por intermedio de alguna de estas fórmulas:

$$\cos \phi = \cos \left(\text{tg}^{-1} \left(\frac{Q}{P} \right) \right) \qquad \cos \phi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Aplicando cualquiera de las fórmulas, se obtiene el mismo resultado:

$$\cos \phi = 0,715$$

Ahora bien, como se indica en el Reglamento de Comercialización en su punto 2.2.5, el factor de potencia no penalizable debe ser como mínimo 0,95, por lo que para nuestro ejemplo el consumo de energía reactiva en el período debió haber sido de 697 kVArh como máximo, por lo tanto debemos agregar compensación por:

$$\text{Energía de compensación} = 2073 - 697 = 1376 \text{ kVArh}$$

Si consideramos que se trata de un comercio que funciona 12 horas por día, y como se dijo arriba, el período de facturación es de 60 días la potencia en capacitores a agregar resulta:

$$Q_c = \frac{1376 \text{ kVArh}}{60d \times 12h} = 1,911 \text{ kVAR}$$

En este caso se recomienda un capacitor o condensador de 2 kVAR.

Otra manera de calcular la capacidad del condensador es por medio de tablas en las que ingresando con el valor de Coseno Fi existente y eligiendo el Coseno Fi objetivo se obtiene un valor numérico, que multiplicado por la potencia activa nos resulta el valor deseado de potencia capacitiva.

Usando el ejemplo anterior, si consideramos que el Coseno Fi existente es de 0,715 y se lo quiere llevar a 0,95; de la tabla se extrae un coeficiente 0,663 que multiplicado por la potencia activa promedio resulta:

$$P = \frac{2120 \text{ kWh}}{60d \times 12h} = 2,944 \text{ kW} \qquad Q_c = 0,663 \times 2,944 = 1,95 \text{ kVAR}$$

Adoptándose un capacitor de 2 kVAR.

| Coseno Fi existente | Coseno Fi deseado | | | | | |
|---------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 1.00 |
| 0.50 | 1.403 | 1.440 | 1.481 | 1.529 | 1.590 | 1.732 |
| 0.51 | 1.358 | 1.395 | 1.436 | 1.484 | 1.544 | 1.687 |
| 0.52 | 1.314 | 1.351 | 1.392 | 1.440 | 1.500 | 1.643 |
| 0.53 | 1.271 | 1.308 | 1.349 | 1.397 | 1.458 | 1.600 |
| 0.54 | 1.230 | 1.267 | 1.308 | 1.356 | 1.416 | 1.559 |
| 0.55 | 1.190 | 1.227 | 1.268 | 1.315 | 1.376 | 1.518 |
| 0.56 | 1.151 | 1.188 | 1.229 | 1.276 | 1.337 | 1.479 |
| 0.57 | 1.113 | 1.150 | 1.191 | 1.238 | 1.299 | 1.441 |
| 0.58 | 1.076 | 1.113 | 1.154 | 1.201 | 1.262 | 1.405 |
| 0.59 | 1.040 | 1.077 | 1.118 | 1.165 | 1.226 | 1.368 |
| 0.60 | 1.005 | 1.042 | 1.083 | 1.130 | 1.191 | 1.333 |
| 0.61 | 0.970 | 1.007 | 1.048 | 1.096 | 1.157 | 1.299 |
| 0.62 | 0.937 | 0.974 | 1.015 | 1.062 | 1.123 | 1.265 |
| 0.63 | 0.904 | 0.941 | 0.982 | 1.030 | 1.090 | 1.233 |
| 0.64 | 0.872 | 0.909 | 0.950 | 0.998 | 1.058 | 1.201 |
| 0.65 | 0.840 | 0.877 | 0.919 | 0.966 | 1.027 | 1.169 |
| 0.66 | 0.810 | 0.847 | 0.888 | 0.935 | 0.996 | 1.138 |
| 0.67 | 0.779 | 0.816 | 0.857 | 0.905 | 0.966 | 1.108 |
| 0.68 | 0.750 | 0.787 | 0.828 | 0.875 | 0.936 | 1.078 |
| 0.69 | 0.720 | 0.757 | 0.798 | 0.846 | 0.907 | 1.049 |
| 0.70 | 0.692 | 0.729 | 0.770 | 0.817 | 0.878 | 1.020 |
| 0.71 | 0.663 | 0.700 | 0.741 | 0.789 | 0.849 | 0.992 |
| 0.72 | 0.635 | 0.672 | 0.713 | 0.761 | 0.821 | 0.964 |
| 0.73 | 0.608 | 0.645 | 0.686 | 0.733 | 0.794 | 0.936 |
| 0.74 | 0.580 | 0.617 | 0.658 | 0.706 | 0.766 | 0.909 |
| 0.75 | 0.553 | 0.590 | 0.631 | 0.679 | 0.739 | 0.882 |
| 0.76 | 0.526 | 0.563 | 0.605 | 0.652 | 0.713 | 0.855 |

| | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.77 | 0.500 | 0.537 | 0.578 | 0.626 | 0.686 | 0.829 |
| 0.78 | 0.474 | 0.511 | 0.552 | 0.599 | 0.660 | 0.802 |
| 0.79 | 0.447 | 0.484 | 0.525 | 0.573 | 0.634 | 0.776 |
| 0.80 | 0.421 | 0.458 | 0.499 | 0.547 | 0.608 | 0.750 |
| 0.81 | 0.395 | 0.432 | 0.473 | 0.521 | 0.581 | 0.724 |
| 0.82 | 0.369 | 0.406 | 0.447 | 0.495 | 0.556 | 0.698 |
| 0.83 | 0.343 | 0.380 | 0.421 | 0.469 | 0.530 | 0.672 |
| 0.84 | 0.317 | 0.354 | 0.395 | 0.443 | 0.503 | 0.646 |
| 0.85 | 0.291 | 0.328 | 0.369 | 0.417 | 0.477 | 0.620 |
| 0.86 | 0.265 | 0.302 | 0.343 | 0.390 | 0.451 | 0.593 |
| 0.87 | 0.238 | 0.275 | 0.316 | 0.364 | 0.424 | 0.567 |
| 0.88 | 0.211 | 0.248 | 0.289 | 0.337 | 0.397 | 0.540 |
| 0.89 | 0.184 | 0.221 | 0.262 | 0.309 | 0.370 | 0.512 |
| 0.90 | 0.156 | 0.193 | 0.234 | 0.281 | 0.342 | 0.484 |
| 0.91 | 0.127 | 0.164 | 0.205 | 0.253 | 0.313 | 0.456 |
| 0.92 | 0.097 | 0.134 | 0.175 | 0.223 | 0.284 | 0.426 |
| 0.93 | 0.067 | 0.104 | 0.145 | 0.192 | 0.253 | 0.395 |
| 0.94 | 0.034 | 0.071 | 0.112 | 0.160 | 0.220 | 0.363 |
| 0.95 | | 0.037 | 0.078 | 0.126 | 0.186 | 0.329 |