[501366020]. ElenaK78 /Shutterstock

Energía eléctrica: conceptos y principios básicos

Potencia real, aparente y reactiva

Tecnológico de Monterrey

Potencia reactiva

¿Cómo se calcula la potencia reactiva?

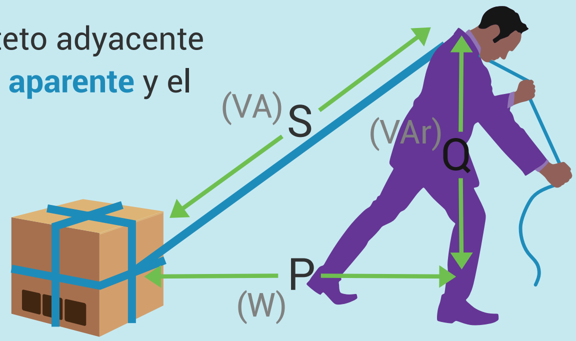
Potencia reactiva (Q)

Además de la **potencia real (P)** y la **potencia aparente (S)**, existe otra potencia titulada **potencia reactiva (Q)** que es muy importante de conocer y comprender, esta es la potencia que manejan los **elementos reactivos** como el **inductor** y el **capacitor** y su unidad de medida es el **VAR** (volt-amper reactivo).

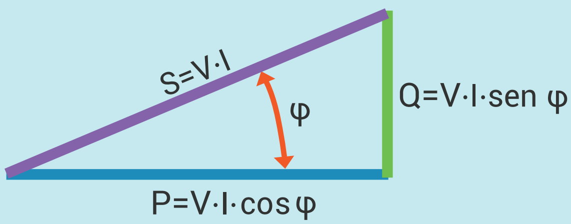
La potencia reactiva es la potencia requerida por las corrientes que son necesarias para establecer los **campos magnéticos** de las bobinas o los **campos electrostáticos** en los capacitores para su correcto funcionamiento.

Con base en la analogía de la persona que arrastra un objeto, la potencia reactiva equivale a la fuerza que va hacia arriba (Q).

Si nos basamos en un **triángulo rectángulo**, el cateto adyacente sería la **potencia real**, la hipotenusa es la **potencia aparente** y el cateto opuesto es la **potencia reactiva** (Q).



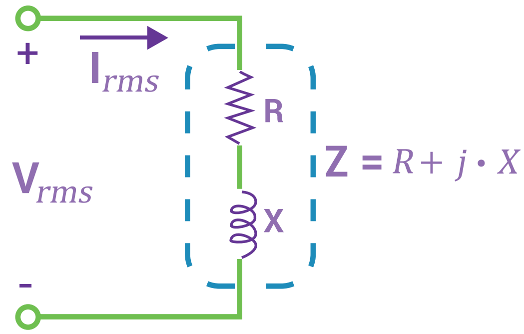
A esta relación se le conoce como **triángulo de potencias** en donde el ángulo que existe entre la potencia aparente y la potencia real es el mismo ángulo que existe entre el desfasamiento del voltaje y la corriente y se le llama **ángulo del factor de potencia**.



De acuerdo a la trigonometría, donde la función seno relaciona a la hipotenusa con el cateto opuesto ($sen(\varphi) = \frac{CatetoOpuesto}{Hipotenusa}$), el valor de la potencia reactiva se obtiene a partir de $Q = S \cdot sen(\varphi)$.

Potencia real (P), reactiva (Q) y aparente (S) en el inductor

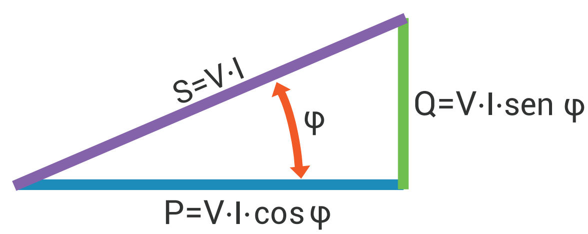
Si se tiene una carga en un circuito de CA como el de la figura, la corriente efectiva que pasa por la resistencia es la misma que pasa por el inductor.



Como la **potencia real** para este circuito es P= $Irms^2 \cdot R$, la **potencia reactiva** del inductor se calcula de forma semejante con la ecuación Q= $Irms^2 \cdot X_L$, es decir que se multiplica la corriente efectiva que pasa por el inductor por la reactancia inductiva (X_L) que presenta.

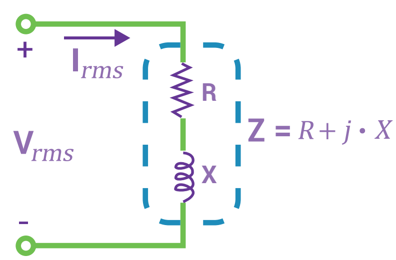
La **reactancia inductiva** se calcula multiplicando la **frecuencia angular** (w) por la **inductancia** (L) con la fórmula X=ωL, por lo que la **potencia reactiva** de este circuito también se puede calcular con la fórmula Q= $Irms^2 \cdot (\omega \cdot L)$VAR.

Con esos valores ya se pueden calcular la potencia real y la potencia reactiva, ahora, para calcular la **potencia aparente**, se puede utilizar el **teorema de Pitágoras** en el **triángulo de las potencias**, el cual indica que la potencia aparente (S) es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las potencias real (P) y reactiva (Q): $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$



Ejemplo de cálculo de potencias con el triángulo rectángulo

Se debe obtener el valor de las **potencias real**, **reactiva** y **aparente** de un circuito que tiene una resistencia de **20 Ohms**, un inductor de **0.01 Henry** y una corriente que atraviesa el circuito de **5 Arms**.



Solución

1

La **potencia real** se calcula con

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

Al sustituir los valores queda

$$P = 5^2 \cdot 20 = 500W$$

2

La **potencia reactiva** se calcula con

$$Q = Irms^2 \cdot (\omega \cdot L)$$

Al sustituir los valores queda

$$Q = 5^2 \cdot (2\pi \cdot 60) \cdot 0.01 = 188.5\,\mathrm{VAR}$$

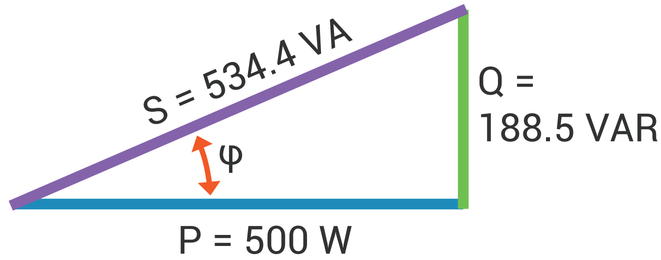
3

La **potencia aparente** se calcula con

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

al sustituir los valores queda

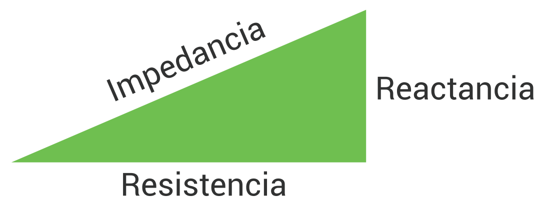
$$S=\sqrt{500^2\cdot 188.5^2}=534.4 \text{ VA}$$



Aprovechando el ejemplo, también se puede obtener el **factor de potencia** que es $fp=\frac{P}{S}=\frac{500}{534.4}=0.94$ así como el **ángulo** a partir de la fórmula $\varphi=\cos^{-1}(fp)$. Esta nos da como resultado $\varphi=\cos^{-1}(.94)=20.7°$.

Relación entre el ángulo de la impedancia y el ángulo del factor de potencia

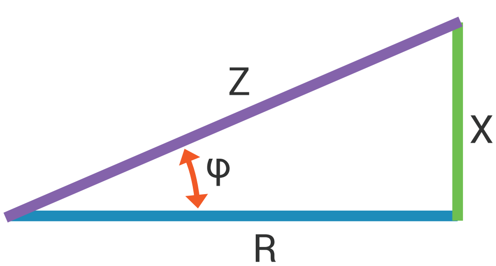
Al igual que las ecuaciones de la potencia real, aparente y reactiva se pueden obtener a partir del **triángulo de potencias**, los valores de **impedancia, reactancia y resistencia** se pueden obtener a partir del mismo procedimiento.

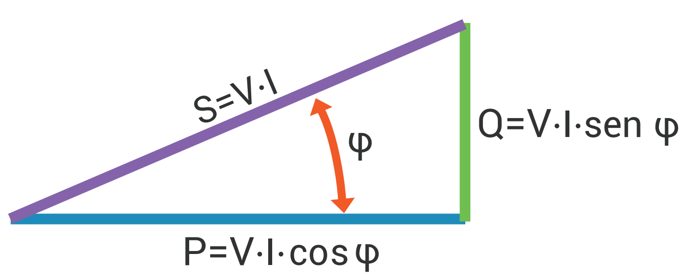


La **impedancia** (Z) de una carga está compuesta por una parte **resistiva** (R) y una parte **reactiva** (X) que puede ser inductiva o capacitiva.

Recuerda que la magnitud de la **impedancia** es $Z=\sqrt{R^2\cdot X^2}$ y el **ángulo de desfasamiento** que produce es de $\varphi=tan^{-1}(\frac{X}{R})$ donde, si la reactancia es **inductiva** su valor es $X=\omega\cdot L$ y si es **capacitiva** su valor es $X=\frac{-1}{\omega\cdot C}$.

Haciendo uso del triángulo rectángulo, el cateto adyacente es la resistencia (R), el cateto opuesto es la reactancia (X) y la hipotenusa es la impedancia (Z).





Como puedes ver, el **ángulo de la impedancia** $\varphi = tan^{-1}(\frac{X}{R})$ es el mismo que el **ángulo de las potencias** $\varphi = \theta v - \theta i$, por lo que con solo conocer el ángulo de la impedancia, se puede conocer el factor de potencia que tiene una carga al aplicarle una fuente de voltaje con la ecuación $fp = \cos(\varphi)$.

Ejemplo de cálculo de potencias P, Q y S y factor de potencia

Si se tiene una **impedancia** formada por una resistencia de **20 Ohms**, conectada en serie con un inductor de **0.1 H**, el cual se alimenta con un voltaje de **127 Vrms** y una frecuencia de **60 Hz**.

Obtén los siguientes datos:

1. La corriente efectiva que circula por el circuito.
2. Las potencias real, aparente y reactiva, así como el factor de potencia del circuito.
3. Comprobar que el ángulo de FP es igual que el ángulo de la impedancia.

1 Corriente efectiva:

Primero hay que obtener la corriente efectiva con la ecuación $Irms = \frac{Vrms}{Z}$ donde $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ y donde la reactancia inductiva (X) se obtiene con $X = \omega \cdot L$. No olvide que $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ donde la frecuencia (f) vale 60Hz.

Los valores que se obtienen son: $\omega = 2 \cdot \pi \cdot 60 = 377 rad/seg$, por lo que $X = 377 \cdot (0.1) = 37.7\Omega$; $Z = \sqrt{20^2 + 37.7^2} = 42.68\Omega$ y finalmente la corriente efectiva:

$Irms = \frac{127}{42.68} = 2.98 Arms$

2 Potencias:

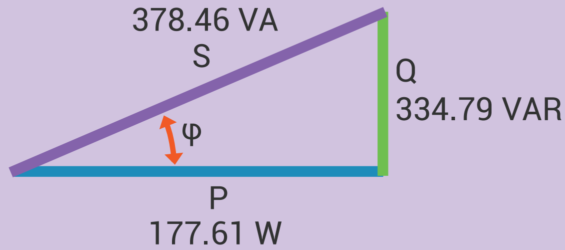
La potencia aparente (S) se obtiene con $S = Vrms \cdot Irms$ por lo que $S = 127 \cdot 2.98 = 378.46$ VA.

La potencia real que es la que consume la resistencia, se obtiene con $P = Irms^2 \cdot R$ y da como resultado $P = 2.98^2 \cdot 20 = 177.61$ W.

Y la potencia reactiva es la que consume el inductor y se obtiene con $Q = Irms^2 \cdot X$ dando como resultado $Q = 2.98^2 \cdot 37.7 = 334.79$ VAR.

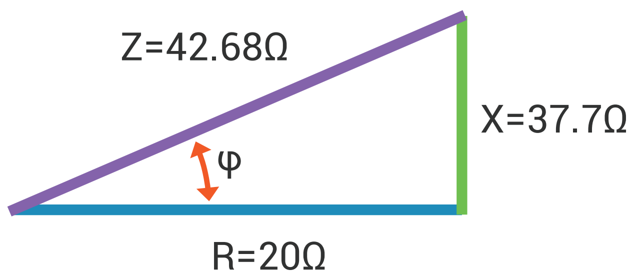
Teniendo estos valores, se obtiene el factor de potencia con la fórmula $fp = \frac{P}{S}$ y su resultado es $fp = \frac{177.61}{378.46} = 0.47$ Atrasado.

El **triángulo de potencias** queda de la siguiente forma:



3 Ángulos:

El **ángulo** del **factor de potencia** se obtiene con la función **tangente inversa** que dice $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{Q}{P}\right)$ y en este caso sería $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{334.79}{177.61}\right) = 62.05°$. Esto quiere decir que la corriente va **atrás del** voltaje 62.05°.



Si tomamos los valores obtenidos en el **punto a**, y los colocamos en un triángulo rectángulo a como se muestra a la izquierda:

El ángulo de la impedancia se puede calcular con la función tangente inversa que dice $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right)$ y en este caso sería $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{37.7}{20}\right) = 62.05°$.

Se observa que el **ángulo de las potencias** coincide con el valor del ángulo que existe en la **impedancia**.

Cómo pudiste ver, la potencia reactiva es la potencia que utilizan los elementos reactivos (capacitor e inductor) al realizar su función y que matemáticamente viene siendo el cateto opuesto en el triángulo de las potencias. Es una potencia que en promedio no consume energía ya que durante medio ciclo la almacena para después regresarla al sistema eléctrico en el otro medio ciclo.

Trabajo realizado en el marco del Proyecto 266632 "Laboratorio Binacional para la Gestión Inteligente de la Sustentabilidad Energética y la Formación Tecnológica", con financiamiento del Fondo de Sustentabilidad Energética CONACYT-SENER (Convocatoria: S001920101).

Colaboran: