Potencia AC

Circuitos eléctricos en corriente alterna
Lección 4

Potencia AC

- Primero veremos cómo se comporta la potencia en dominio del tiempo para luego conocer la potencia compleja en el modelo de fasores.

- Se analizará el comportamiento de la potencia en un resistor, un inductor y un capacitor en el dominio del tiempo.

Potencia AC en un Resistor

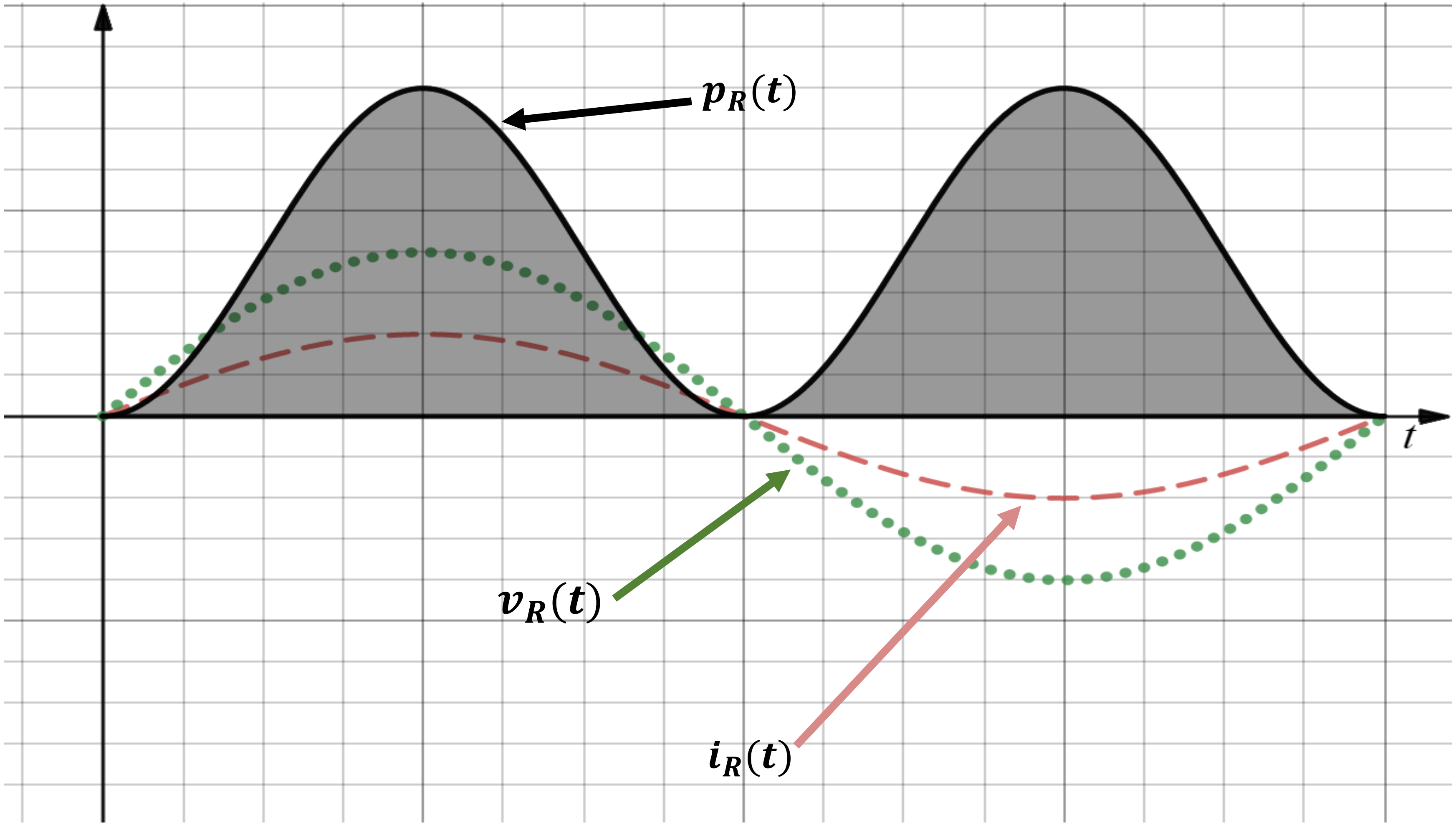
- Según el análisis del voltaje y corriente de un resistor en AC, vimos que ambas señales tienen la misma fase.

$$v_R(t) = V_P \operatorname{sen}(\omega t)$$

$$i_R(t) = \frac{V_P}{R} \operatorname{sen}(\omega t)$$

- La potencia en el resistor es el producto del voltaje por la corriente.

$$p_R(t) = v_R(t) * i_R(t)$$



$p_R(t)$
$v_R(t)$
$i_R(t)$
t

Potencia AC en un Resistor

- Como se puede observar en la gráfica, todo el tiempo la potencia en el resistor es positiva.

- Hay que recordar que una potencia positiva en un componente eléctrico pasivo nos dice que dicho componente está consumiendo o disipando potencia.

- El área sombreada es la *Energía* disipada por el resistor.

Potencia AC en un Inductor

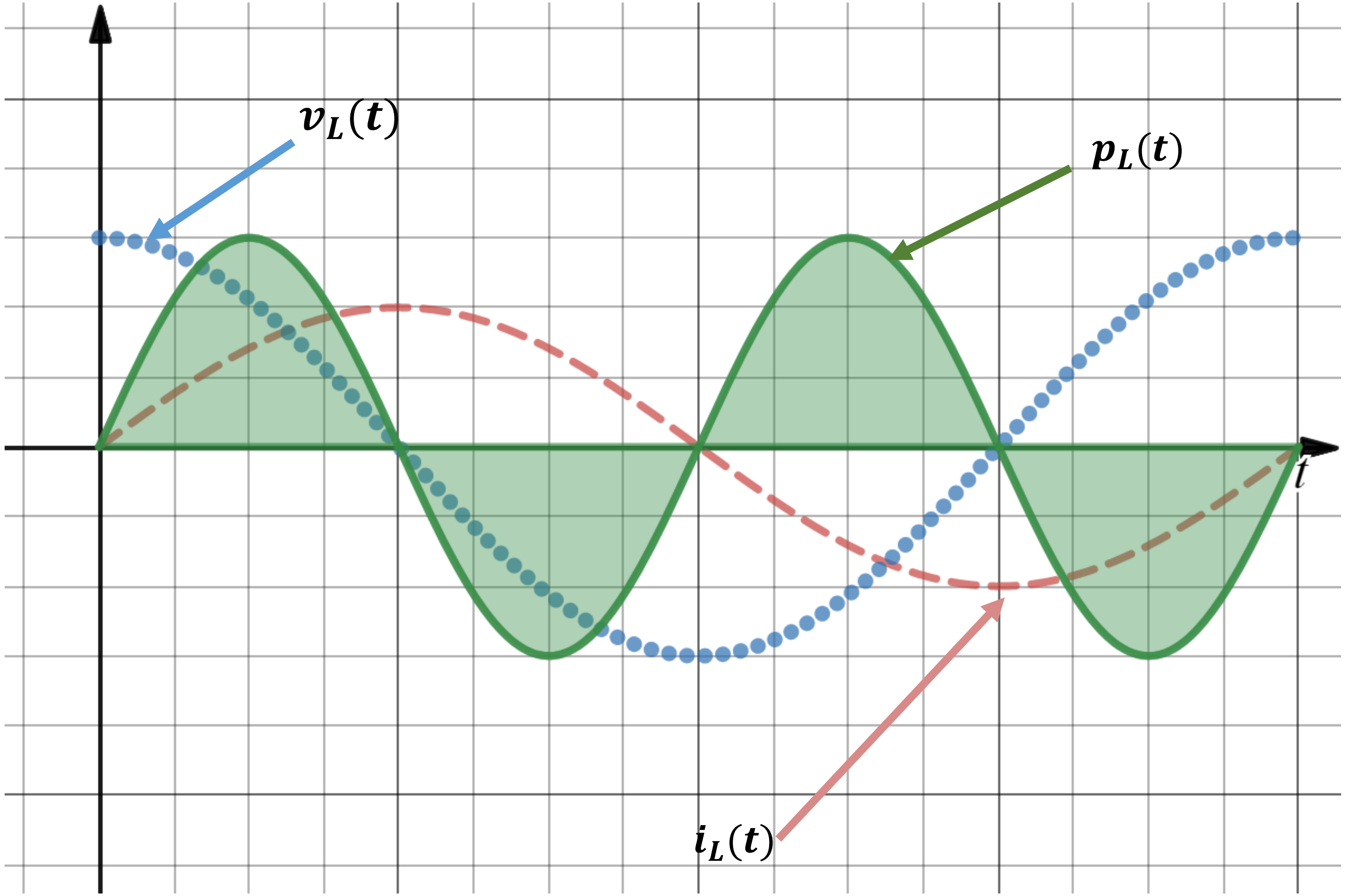
- Según el análisis del voltaje y corriente de un inductor en AC, vimos que el voltaje está adelantado por 90°.

$$v_L(t) = I_P \omega L \operatorname{sen}(\omega t + 90°)$$

$$i_L(t) = I_P \operatorname{sen}(\omega t)$$

- La potencia en el inductor es el producto del voltaje y corriente.

$$p_L(t) = v_L(t) * i_L(t)$$



$v_L(t)$
$p_L(t)$
$i_L(t)$
t

Potencia AC en un Inductor

- En la gráfica se puede observar que la potencia en el inductor cambia de polaridad en el tiempo: En algunos instantes es positiva y en otros es negativa.

- Cuando la potencia es positiva, el inductor está almacenando energía.

- Cuando la potencia es negativa, el inductor está devolviendo energía al circuito.

Potencia AC en un Capacitor

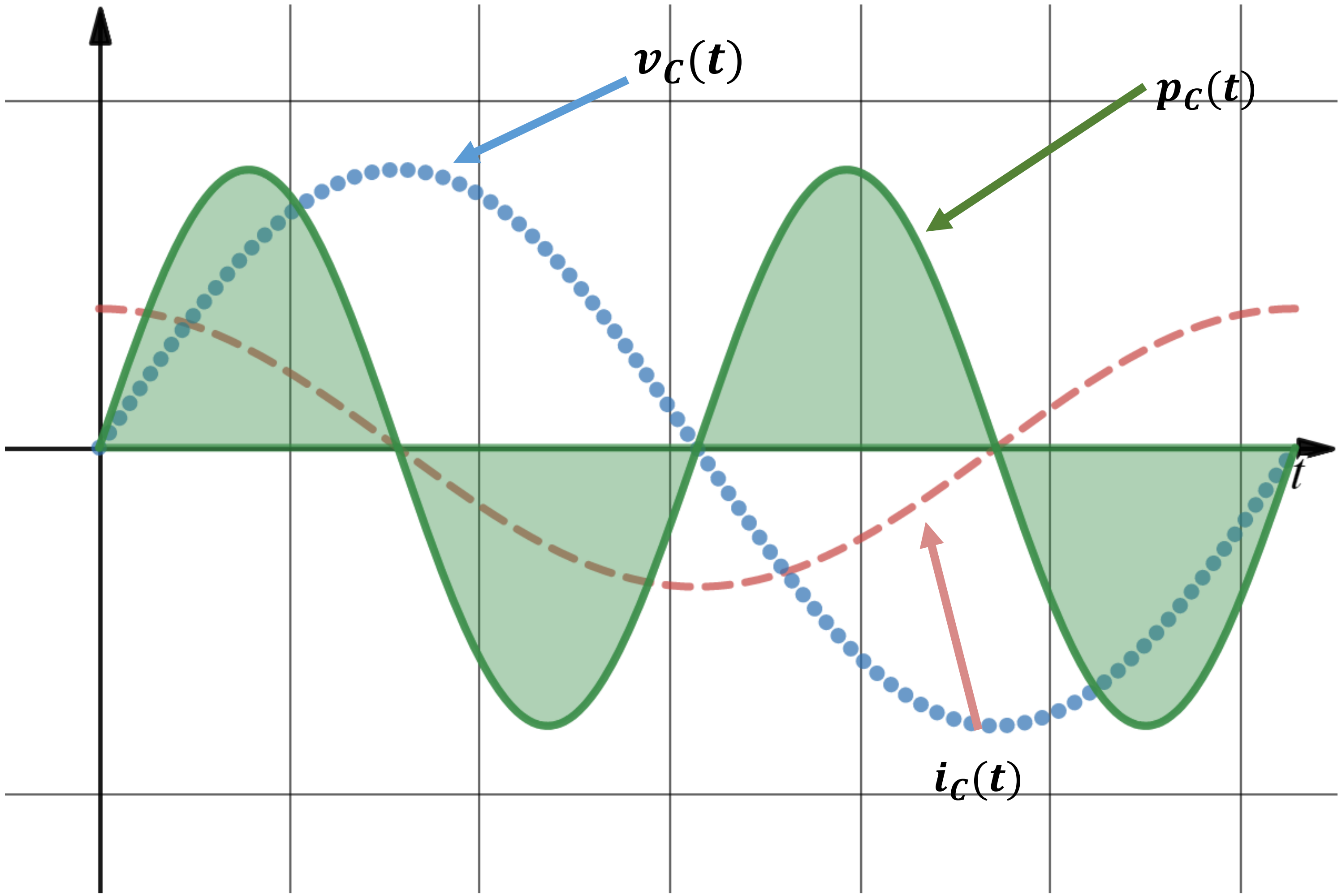
- Según el análisis del voltaje y corriente de un capacitor en AC, vimos que la corriente está adelantada por 90°.

$$v_C(t) = V_P \operatorname{sen}(\omega t)$$

$$i_C(t) = V_P \omega C \operatorname{sen}(\omega t + 90°)$$

- La potencia en el capacitor es el producto del voltaje y corriente.

$$p_L(t) = v_L(t) * i_L(t)$$



$v_C(t)$
$p_C(t)$
t
$i_C(t)$

Potencia AC en un Capacitor

- En la gráfica se puede observar que la potencia en el capacitor cambia de polaridad en el tiempo, como sucede con el inductor: En algunos instantes es positiva y en otros es negativa.

- Cuando la potencia es positiva, el capacitor está almacenando energía.

- Cuando la potencia es negativa, el capacitor está devolviendo energía al circuito.

Potencia AC

- Como vimos anteriormente el resistor disipa la potencia, lo que quiere decir es que la potencia se está convirtiendo en trabajo útil (luz o calor).

- En cambio, en los capacitores e inductores, vemos que en algunos instantes estos componentes demandan potencia del generador, luego esa energía “prestada” es devuelta y no se está disipando.

Potencia Compleja

- Para el modelo de fasores, la ecuación para el cálculo de la potencia es el producto del fasor del voltaje por el conjugado del fasor de la corriente.

$$S = V\, I^*$$

Potencia Compleja

- Empleando la ley de Ohm, podemos deducir otra ecuación para calcular la potencia en términos de la corriente y la impedancia:

$$S = VI^* \qquad\qquad V = IZ$$

$$S = (IZ)I^* = (II^*)Z = (|I|\angle\theta)(|I|\angle - \theta)Z = |I|^2 Z$$

$$\boxed{S = |I|^2 Z}$$

Potencia Compleja

- De una manera similar, podemos obtener otra ecuación para calcular potencia en términos de voltaje e impedancia:

$$S = VI^* \qquad I = \frac{V}{Z}$$

$$S = V\left(\frac{V}{Z}\right)^* = V\left(\frac{V^*}{Z^*}\right) = \frac{(|V|\angle\theta)(|V|\angle-\theta)}{Z^*} = \frac{|V|^2}{Z^*}$$

$$\boxed{S = \frac{|V|^2}{Z^*}}$$

Potencia Compleja

$$S = VI^*$$

$$S = |I|^2 Z$$

$$S = \frac{|V|^2}{Z^*}$$

Potencia Compleja

- La potencia puede ser representada en forma rectangular y en forma polar, de la siguiente manera:

$$S = P + jQ \quad \text{(Forma Rectangular)}$$

  - P es la *Potencia Activa o Real*
  - Q es la *Potencia Reactiva*

$$S = |S|\angle\theta_S \quad \text{(Forma Polar)}$$

  - $|S|$ es la *Potencia Aparente*
  - θ_S es el *Ángulo de la Potencia*

Potencia Real o Activa (P)

- Esta potencia es disipada por la parte resistiva de la impedancia. Es la única potencia empleada en circuitos DC.

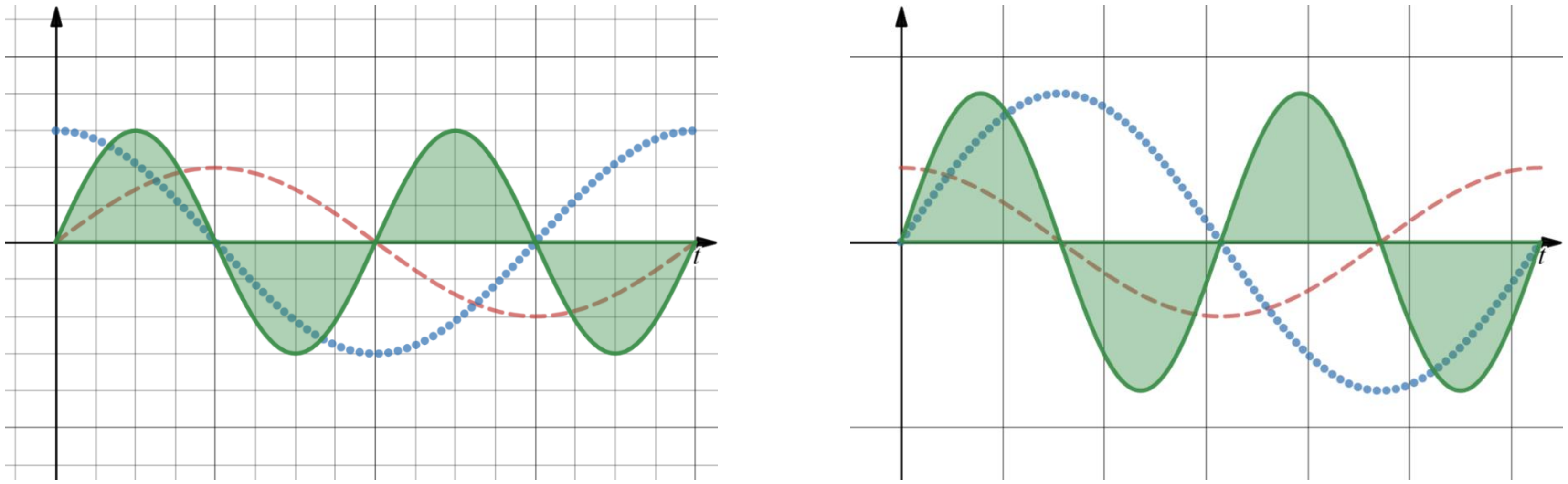
- Es la potencia que se está aprovechando o se está convirtiendo en trabajo útil.

- La unidad de esta potencia es el Watt $[W]$.

Potencia Reactiva (Q)

- Esta potencia es causada por la reactancia inductiva y reactancia capacitiva de la impedancia.

- No se genera trabajo útil a partir de esta potencia, ya que el valor promedio de esta potencia es 0 como vimos en las gráficas anteriormente.



Potencia Reactiva (Q)

- Si la potencia reactiva es positiva quiere decir que el circuito es más inductivo y si es negativa el circuito es más capacitivo.

- La unidad de esta potencia es el Voltio Amperio Reactivo $[VAr]$.

Potencia Aparente ($|S|$)

- Por ser la magnitud de la potencia compleja, la potencia aparente es la suma vectorial de la Potencia Activa y la Potencia Reactiva.

- Es la potencia total que se está entregando a un circuito con cierta impedancia.

- La unidad de la potencia aparente es el Voltio Amperio $[VA]$.

Ángulo de la Potencia Compleja

- Algo interesante es que el ángulo de la potencia compleja es igual al ángulo de impedancia que está consumiendo dicha potencia.

- Supongamos $V = |V|\angle\theta_V \qquad I = |I|\angle\theta_I$

- Entonces

$$S = VI^* = (|V|\angle\theta_V)(|I|\angle -\theta_I) = |V||I|\angle\theta_V - \theta_I$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{|V|\angle\theta_V}{|I|\angle\theta_I} = \frac{|V|}{|I|}\angle\theta_V - \theta_I$$

Ángulos Iguales

Ángulo de la Potencia Compleja

- Por lo tanto podemos ver que el triángulo de la impedancia y de la potencia compleja son triángulos semejantes.

- Entre más cercano es el ángulo de la potencia a 0°, la potencia aparente se acerca más a la potencia activa.

Factor de Potencia

- El factor de potencia es la relación que hay entre la potencia activa y la potencia aparente.

$$f.d.p. = \frac{P}{|S|}$$

- Si P es igual a $|S|$, entonces $f.d.p. = 1$, es decir que solo hay potencia activa y la potencia reactiva es igual a $0VAr$. Esto sería lo ideal en una instalación eléctrica ya que la potencia reactiva no se aprovecha como trabajo útil.

Factor de Potencia

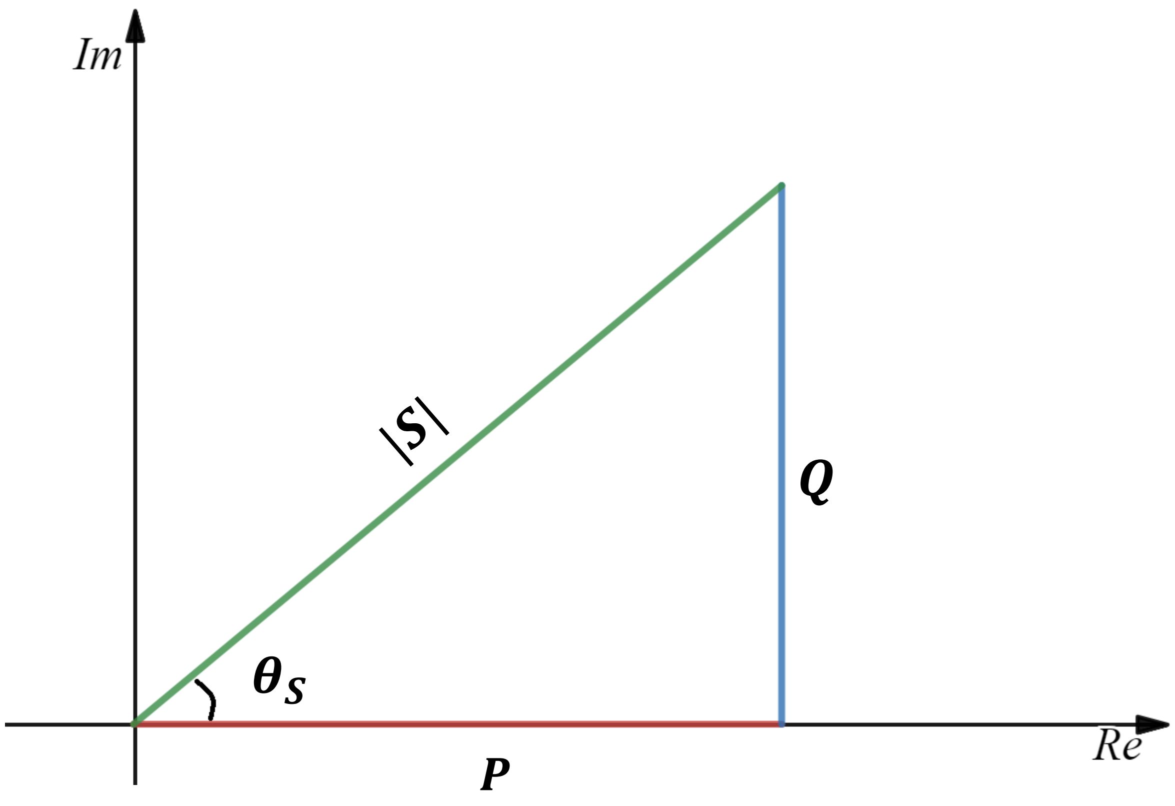
- El factor de potencia también está relacionado con el ángulo de la potencia compleja.

$$f.d.p. = \cos(\theta_S)$$

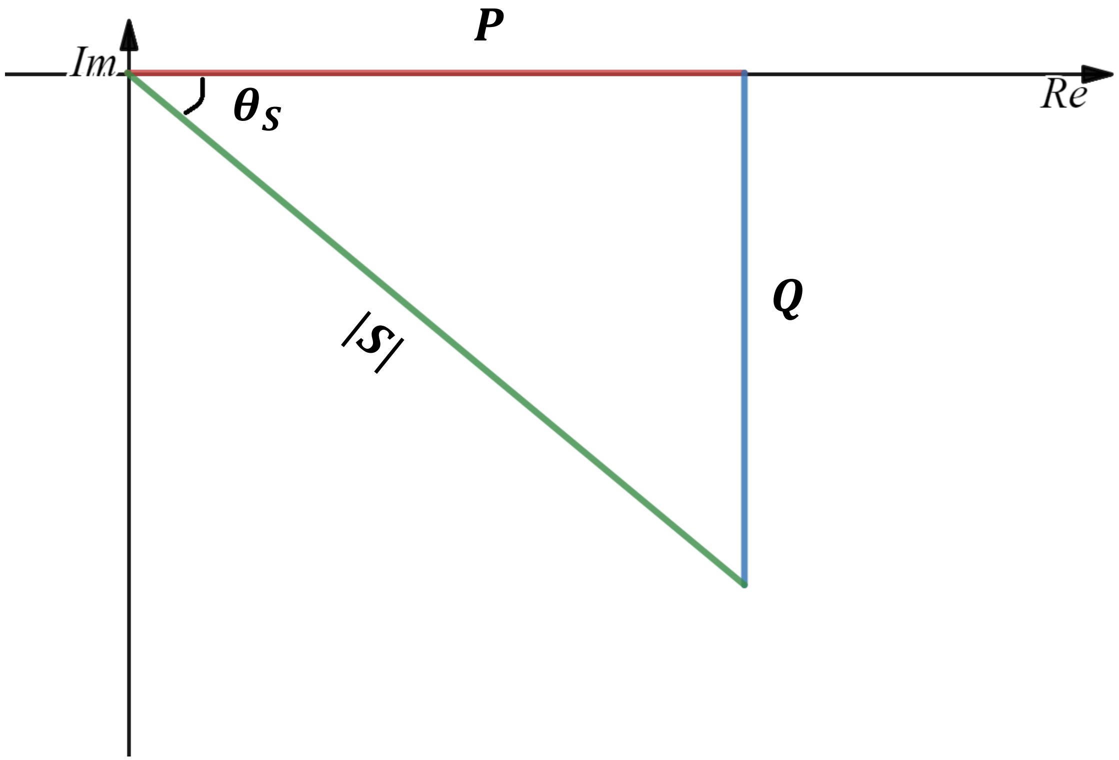
- El valor del $f.d.p.$ sólo puede estar entre 0 y 1, y no puede ser negativo porque la potencia compleja se encuentra en el 1er o 4to cuadrante.

- El factor de potencia es adimensional.

Triángulo de Potencia



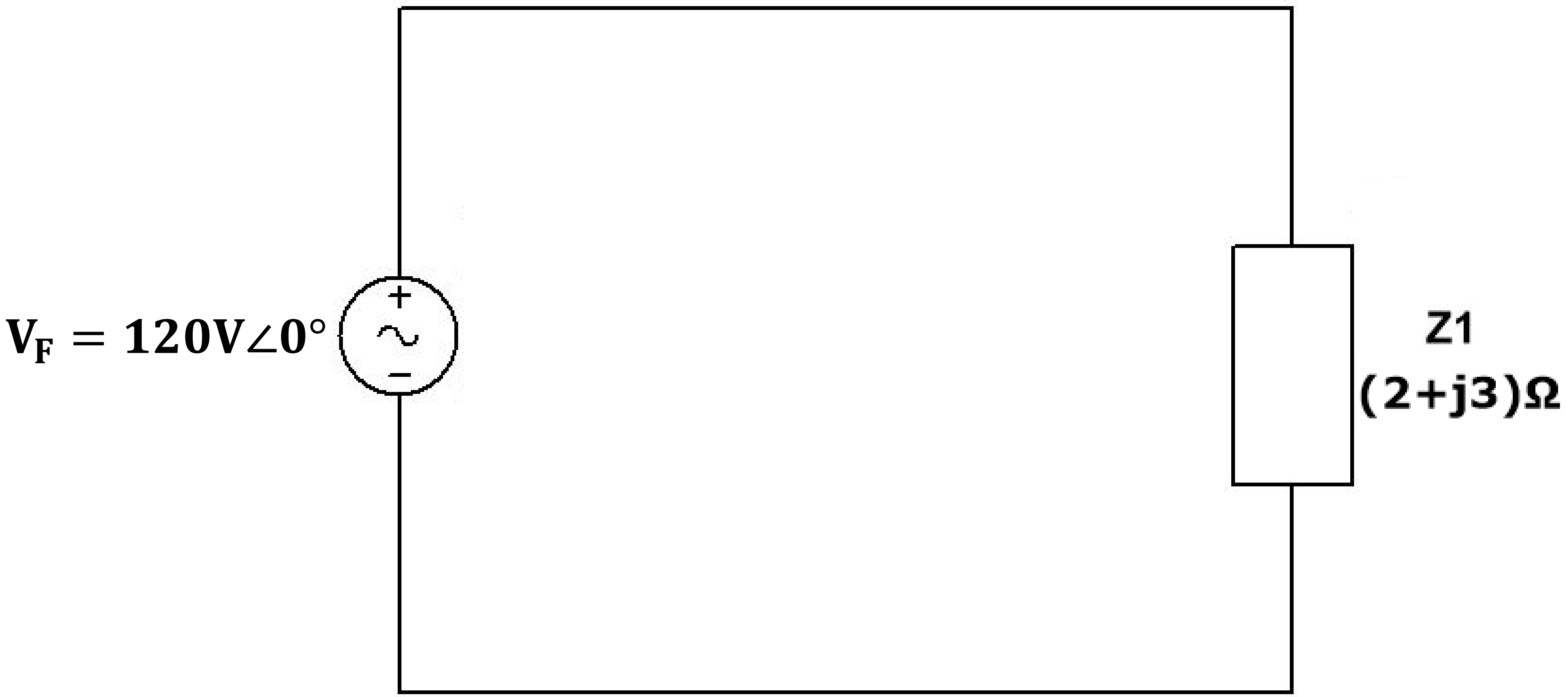
Triángulo con Potencia Reactiva Positiva



Triángulo con Potencia Reactiva Negativa

Ejemplo

- Calcule la potencia, el factor de potencia y realice el triángulo de potencia para Z_1 del siguiente circuito.



Ejemplo

- Tenemos el voltaje en Z_1 que es V_F y el valor de la impedancia Z_1 por lo tanto se puede utilizar la ecuación:

$$S_1 = \frac{|V_F|^2}{{Z_1}^*}$$

- Sustituyendo valores:

$$S_1 = \frac{(120V)^2}{(2+j3)^*\Omega} = \frac{(120V)^2}{(2-j3)\Omega} = \frac{(120V)^2}{(3.6\Omega\angle -56.3°)} = 2.22kW + j3.32kVAr$$

$$S_1 = 3.99kVA\angle 56.3°$$

Ejemplo

- $P = 2.22kW$
- $Q = 3.32kVAr$
- $|S| = 3.99kVA$
- $\theta_S = 56.3°$

- $f.d.p. = \frac{P}{|S|} = \frac{2.22kW}{3.99kVA} = 0.556$