

Electrotecnia

Prof. Ing. G. Belliski



- LA POTENCIA EN ALTERNA
- POTENCIA INSTANTANEA Y MEDIA
- POTENCIA ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE
- TRIANGULO DE POTENCIAS
- FACTOR DE POTENCIA (FP)
- MEDICIÓN DE POTENCIA
- CORRECCIÓN DEL FP



Potencia en Alterna



Dados:

$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \theta_v)$$

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \theta_i)$$

Y ya que: $P = v(t) \cdot i(t)$

Obtenemos:

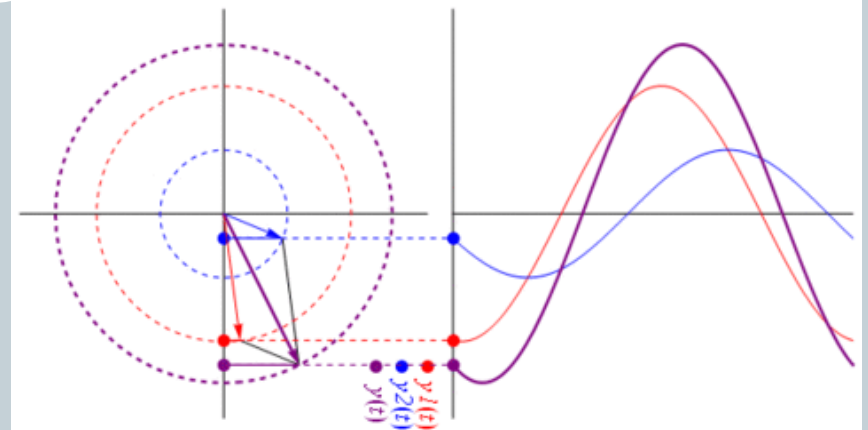
$$P(t) = V_m I_m \cdot \cos(\omega t + \theta_v) \cos(\omega t + \theta_i)$$

Y si recordamos que:

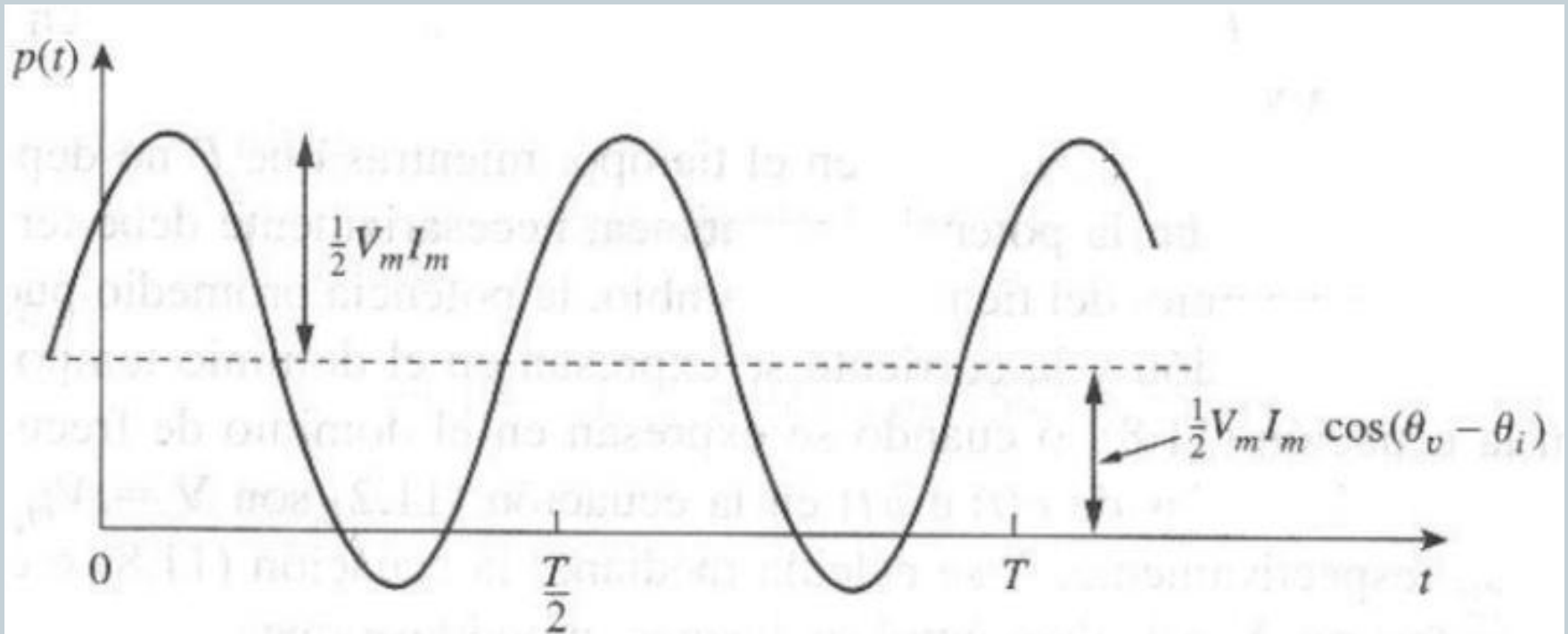
$$\cos A \cdot \cos B = \frac{1}{2} [\cos(A - B) + \cos(A + B)]$$

Podemos escribir:

$$P(t) = \frac{1}{2} V_m I_m \cdot \cos(\theta_v - \theta_i) + \frac{1}{2} V_m I_m \cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i)$$



Potencia en Alterna(ii)



1. $P(t)$ es periódica de período $T_0 = T/2$, dado que su frecuencia es el **doble** que las ondas de tensión y corriente
2. En una parte del recorrido de $P(t)$, mientras es positivo, el circuito **absorbe** potencia, en otra parte es negativo y por tanto **entrega** potencia a la fuente

Potencia en alterna (iii)



- La **potencia instantánea P(t)** es difícil de medir y de predecir
- La **potencia media** puede determinarse mucho más fácilmente.

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt$$

Luego:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} V_m I_m \cdot \cos(\theta_v - \theta_i) dt + \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} V_m I_m \cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i) dt$$

$$P = \frac{1}{T} \frac{1}{2} V_m I_m \cdot \cos(\theta_v - \theta_i) \int_0^T dt + \frac{1}{T} \frac{1}{2} V_m I_m \int_0^T \cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i) dt$$

Valor medio= 0!!!

Potencia en Alterna (iv)



Por lo tanto:

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cdot \cos(\theta_v - \theta_i)$$

Usando fasores, puede escribirse:

$$\frac{1}{2} V \cdot I^* = \frac{1}{2} V_m I_m \cdot \cos(\theta_v - \theta_i)$$

Luego:

$$\frac{1}{2} V \cdot I^* = \frac{1}{2} V_m I_m \cdot \cos(\theta_v - \theta_i) = \frac{1}{2} V_m I_m \angle_{\theta_v - \theta_i}$$

$$\frac{1}{2} V \cdot I^* = \frac{1}{2} V_m I_m [\cos(\theta_v - \theta_i) + j \cdot \text{sen}(\theta_v - \theta_i)]$$

Potencia en Alterna (v)



De lo anterior podemos definir:

$$P = \text{Re} \left[\frac{1}{2} V \cdot I^* \right] = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\theta_v - \theta_i)$$

Como sabemos que:

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad I_{\text{rms}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Podemos escribir:

$$P = \text{Re} \left[\frac{1}{2} V \cdot I^* \right] = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos(\theta_v - \theta_i)$$

$$P = S \cos(\theta_v - \theta_i)$$



$$S = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}}$$

Potencia Aparente

Además, podemos llamar:

$$\frac{P}{S} = \cos(\theta_v - \theta_i) = \cos \varphi$$

Factor de Potencia

Potencia Compleja



$$S = \frac{1}{2} V \cdot I^* = V_{rms} \cdot I_{rms}^* \qquad V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \angle \theta_v \quad I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \angle \theta_i$$

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms}^* \angle \theta_v - \theta_i$$

$$S = V_{rms} I_{rms} \cos(\theta_v - \theta_i) + j V_{rms} I_{rms} \text{sen}(\theta_v - \theta_i)$$

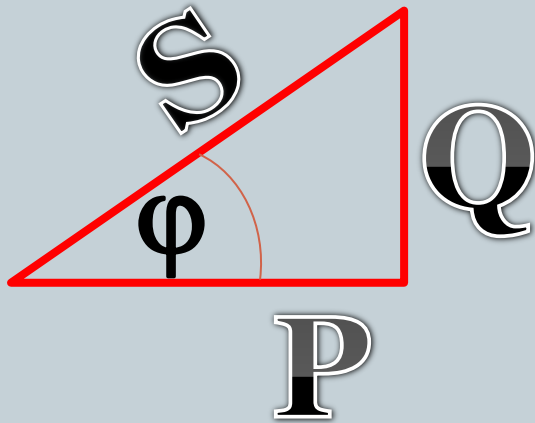
$$S = V_{rms} I_{rms} \cos \varphi + j V_{rms} I_{rms} \text{sen} \varphi \quad \Rightarrow \quad \boxed{S = P + jQ}$$

$$P = V_{rms} I_{rms} \cos \varphi \quad \text{Potencia Activa} \quad \Rightarrow \quad \text{kW}$$

$$Q = V_{rms} I_{rms} \text{sen} \varphi \quad \text{Potencia Reactiva} \quad \Rightarrow \quad \text{kVAr}$$

$$S = V_{rms} I_{rms} \quad \text{Potencia Aparente} \quad \Rightarrow \quad \text{kVA}$$

Potencia Compleja (ii)

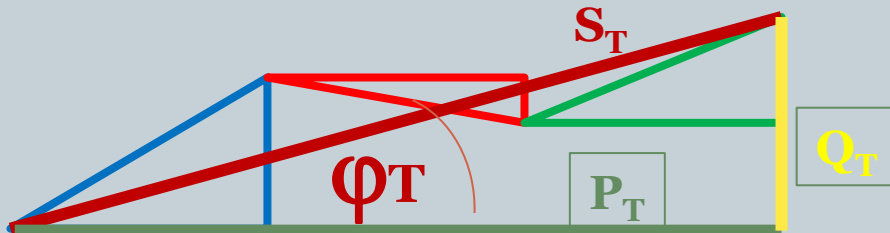


$$S = P + jQ$$

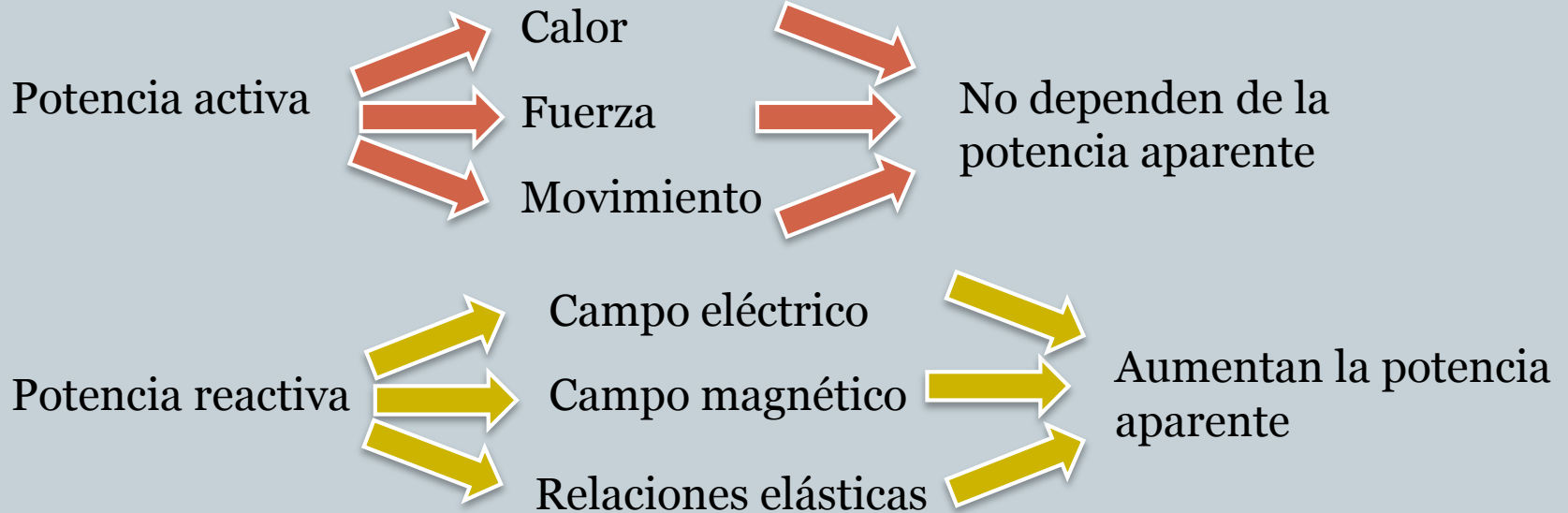
$$S^2 = P^2 + Q^2$$

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

En cualquier circuito se cumple que la suma de las potencias es igual a la potencia total instante a instante. En términos de P y Q, la suma es escalar; pero S debe sumarse en forma **compleja (vectorial)**



La importancia del FP y su Corrección



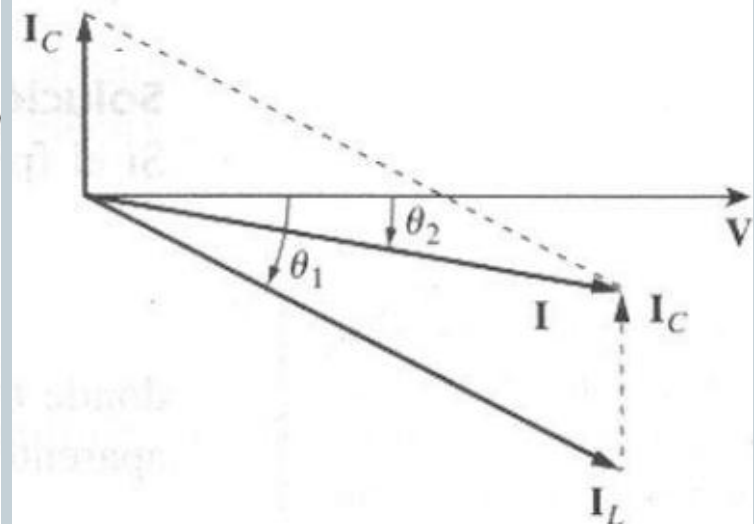
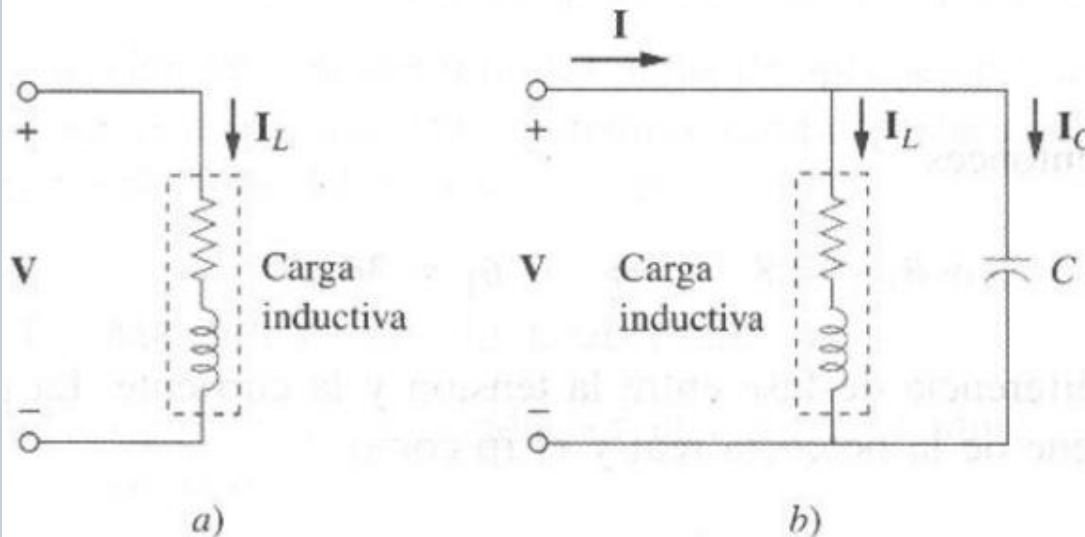
$$\frac{P}{S} = \cos \varphi \quad \longrightarrow \quad \text{A mayor potencia Reactiva, mayor Aparente, menor } \cos \varphi \quad \longrightarrow \quad \cos \varphi \text{ ideal} = 1$$

Si el $\cos \varphi$ es menor que uno, se realiza la **corrección** llevándolo a **uno** incorporando potencia reactiva de compensación (en general capacitiva)

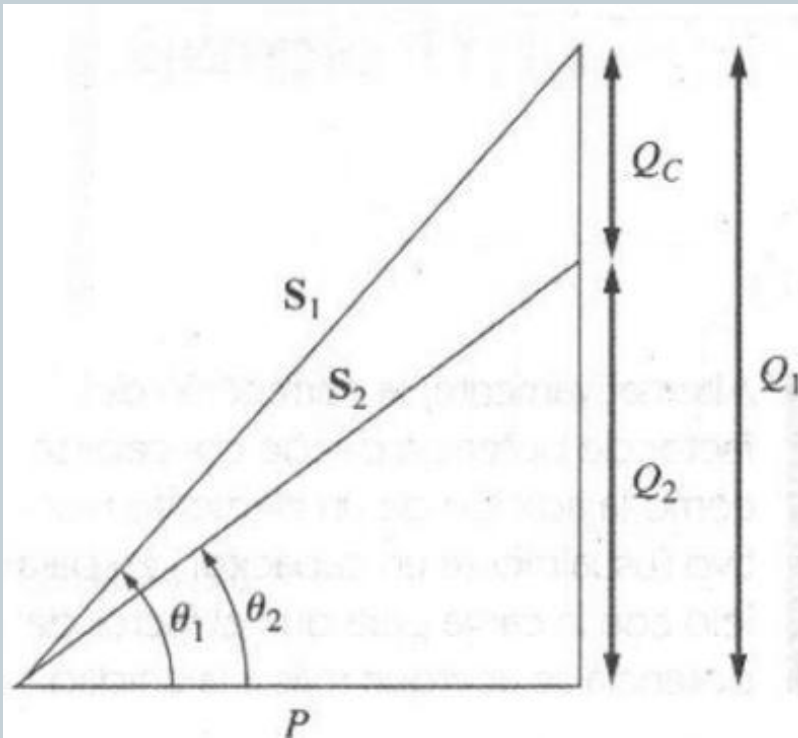
Consecuencias de un mal (bajo) coseno fi

- Mal aprovechamiento de los cables (conducen una corriente mayor)
- Generación de calor en exceso sobre los conductores
- Sobrecarga de los transformadores de alimentación
- Consumo innecesario de energía
- Sobrecargas de los generadores
- Aumento de las caídas de tensión

Cómo se corrige



Efecto de la corrección en las Potencias



$$P = S_1 \cos \theta_1, \quad Q_1 = S_1 \sin \theta_1 = P \tan \theta_1$$

$$Q_2 = P \tan \theta_2$$

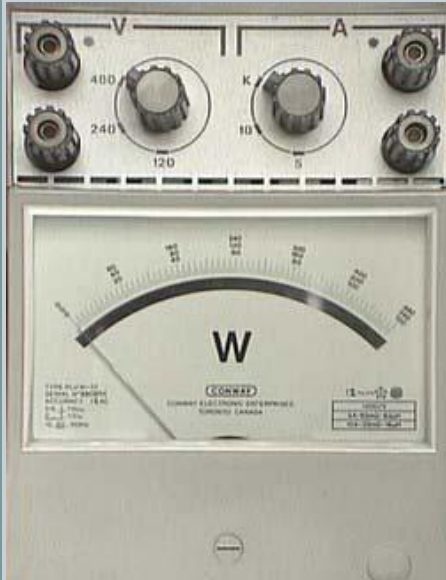
$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

$$C = \frac{Q_c}{\omega V_{\text{rms}}^2} = \frac{P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)}{\omega V_{\text{rms}}^2}$$

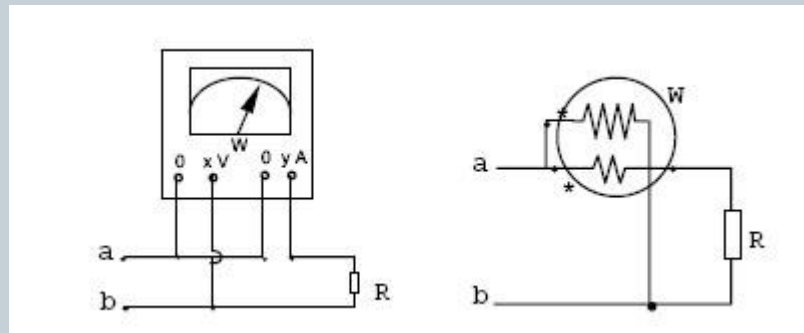
ENTENDIENDO EL FACTOR DE POTENCIA



Medición de potencia



Vatímetros



Cálculos de potencia: un ejemplo



EJEMPLO

Un motor de 5 hp con factor de potencia atrasado de 0.6 y eficiencia de 92% está conectado a una fuente de 208 V, 60 Hz.

- Establezca el triángulo de potencia para la carga.
- Determine el capacitor de factor de potencia que deberá colocarse en paralelo con la carga para elevar el factor de potencia a la unidad.
- Determine el cambio en la corriente suministrada desde el sistema no compensado hasta el sistema compensado.
- Encuentre la red equivalente de lo anterior, y verifique las conclusiones.