

ELECTRÓNICA

Guía de estudio 9: Potencia en alterna

Nivel: Secundario - Modalidad Educación Técnico-Profesional.

Ciclo: Segundo ciclo.

Especialidades: Electrónica, Electricidad.

Introducción

En esta guía se ve potencia en alterna: potencia activa, potencia aparente, potencia reactiva, factor de potencia, triángulo de potencias y corrección del factor de potencia.

¿Qué estamos aprendiendo?: Potencia en alterna. Calcular una batería de capacitores para corregir el factor de potencia.

Para trabajar con esta guía se sugiere haber visto las guías 3 (Potencia) y la 8 (RLC serie)

Materiales de estudio

Recurso 1: Facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata

http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/electrotecnia1/e1_teororia_potencia_en_alterna.pdf



Recurso 2: Página Web de la Secretaría del Estado de la Energía del Gobierno de la provincia de Santa Fe.

https://www.santafe.gob.ar/ms/eficienciaenergetica/wp-content/uploads/sites/25/2018/12/I_COMERCIALIZACION-DE-ENERGIA-ELECTRICA.pdf



Conceptos relevantes, explicaciones y ejercitaciones.

Potencia en alterna

La potencia permite realizar trabajo, con más precisión, es el trabajo realizado por unidad de tiempo. Mucha potencia es mucho trabajo en poco tiempo. Más potencia significa hacer el mismo trabajo en menos tiempo o más trabajo en el mismo tiempo.

¿Cómo calculamos la potencia en continua?

La potencia en continua es el producto de la tensión por la corriente.

$$P = V \cdot I$$

¿Y en alterna? ¿cómo calculamos potencia?

Igual. Es el producto de la tensión por la corriente. ¿Qué tensión y que corriente? Nos referimos a alterna como régimen senoidal permanente, por lo que tenemos una onda senoidal que varía todo el tiempo de amplitud. Entonces, ¿Qué valores de tensión y de corriente tomamos?

En régimen senoidal permanente se pueden medir los siguientes tipos de tensión, que también es aplicable a corriente:

- Tensión instantánea
- Tensión pico
- Tensión media
- Tensión rectificadora media
- Tensión eficaz
- Verdadera tensión eficaz

Tensión instantánea $v(t)$: Es la que se mide en cualquier instante. Puede tener cualquier valor entre el valor máximo o valor pico positivo y el valor mínimo o valor pico negativo. Es una tensión que depende del tiempo.

$$v(t) = \hat{V} \sin(\omega t)$$

Tensión pico \hat{V} : Es el máximo valor que ocurre en las crestas de la onda senoidal, cuando $\omega t = (2n + 1) \frac{\pi}{2}$ con $n = 0, 1, 2, \dots$

Tensión media \bar{V} : Es el promedio entre los valores pico positivo y negativo. Si la señal senoidal no está superpuesta a una tensión continua, el valor medio es cero. Si la señal alterna está superpuesta a una tensión continua, el valor medio es esa tensión continua.

$$v(t) = \bar{V} + \hat{V} \sin(\omega t)$$

Se calcula con la siguiente expresión:

$$\bar{V} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt$$

Tensión rectificadora media \bar{V}_R : Es el valor medio de la onda senoidal con rectificación de onda completa. Se calcula con la misma expresión del valor medio con la consideración que luego de rectificadora la señal senoidal tiene período T/2.

$$\bar{V}_R = \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} v(t) dt = \frac{2\hat{V}}{\pi}$$

Tensión eficaz v_{ef} : También se la llama valor cuadrático medio debido a la forma en que se la calcula, ya que es la raíz cuadrada del valor medio de del cuadrado de la tensión instantánea.

Se la emplea para medir potencia y se la define como el valor de tensión continua equivalente que sobre la misma carga que la alterna produce la misma disipación de potencia.

$$v_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 dt} = \frac{\hat{V}}{\sqrt{2}}$$

Cuando decimos que la tensión domiciliar es de 220V estamos diciendo que esa es la tensión eficaz y se corresponde con una forma de onda senoidal de 311,1 V de valor pico.

Verdadera tensión eficaz: Para régimen senoidal permanente, es el valor eficaz de una onda senoidal que está superpuesta a una continua. Los voltímetros de valor eficaz tienen un capacitor en su entrada que le quita el valor medio a la onda senoidal ya que impide el paso de la continua. Los voltímetros de verdadero valor eficaz no cuentan con ese capacitor y pueden presentar una llave que lo incluyan para indicar valor eficaz, además de verdadero valor eficaz.

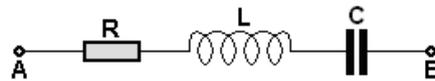
Finalmente, la potencia en alterna se calcula con:

$$P = v_{ef} \cdot i_{ef}$$

En esta expresión, conocida la carga de un circuito, es válido introducirla mediante la ley de Ohm, reemplazando la tensión o la corriente.

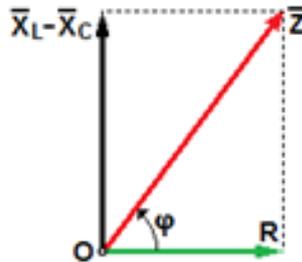
Cálculo de la potencia en alterna

Supongamos, para generalizar, el siguiente circuito:

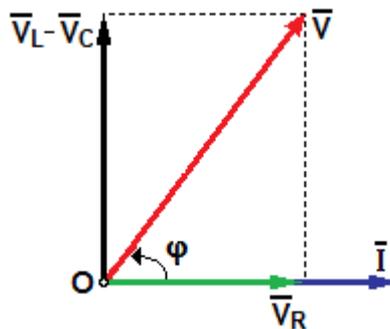


$$\bar{Z} = R + j \cdot (X_L - X_C) = R + j X$$

De manera gráfica:



Si el circuito tiene una corriente que, como corresponde, está en fase con R, el diagrama de tensiones y corrientes queda:



Dónde

$$v(t) = \hat{V} \sin(\omega t)$$

$$i(t) = \hat{I} \sin(\omega t)$$

...y la potencia instantánea es el producto:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

La potencia media es:

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

Integrando esa expresión obtenemos:

$$P = v_{ef} i_{ef} \cos \varphi$$

A esta potencia la llamamos **potencia activa P** porque es la que permite realizar trabajo y puede generar movimiento, calor o fuerza. Por ejemplo, girar un motor eléctrico o calentar en una estufa eléctrica.

Al producto $v_{ef} i_{ef}$ lo llamamos **potencia aparente S** porque es la que parece que hay, sin embargo, en el balance de potencia hay otra potencia que no genera trabajo y sumada vectorialmente a la potencia activa da la potencia aparente.

La tercera potencia en alterna es la **potencia reactiva Q** que no permite producir trabajo y que se manifiesta como energía almacenada en los componentes reactivos C y L. Esta es una potencia que se genera pero que no se aprovecha.

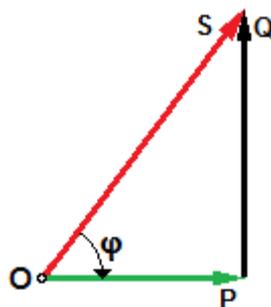
$$Q = v_{ef} i_{ef} \sin \varphi$$

La potencia activa se mide en W (Watt)

La potencia reactiva se mide en VAR (Volt Amper Reactivo)

La potencia aparente se mide en VA (Volt Amper)

Del gráfico anterior, multiplicando las tensiones por las corrientes obtenemos el triángulo de potencias:



Ejercicio N° 1:

Un circuito RLC serie conectado a 220V y 50 Hz tiene $R = 370 \Omega$, $L = 3,18 \text{ H}$ y $C = 7,2 \mu\text{F}$.

- Hallar las reactancias X_L , X_C y X
- Hallar la impedancia Z en coordenadas cartesianas y polares
- Hallar la corriente en coordenadas polares
- Hallar las potencias aparente S , activa P y reactiva Q
- Dibujar el triángulo de potencia

Corrección del factor de potencia

El factor de potencia es el coseno del ángulo de desfasaje entre tensión y corriente, que es el mismo ángulo de la impedancia y del triángulo de potencia.

$$\text{Factor de Potencia} = \cos(\varphi)$$

El factor de potencia es un índice que nos muestra que tan inductiva es una carga. En las instalaciones industriales la mayoría de la carga es inductiva. Esto hace que haya mucha potencia reactiva Q . Esa potencia reactiva es generada y no se usa. Otros efectos no deseados son la sobrecarga de los generadores, sobrecarga de los transformadores de alimentación y aumento de temperatura de los conductores por conducir más corriente.

En una página Web de la Secretaría del Estado de la Energía del Gobierno de la provincia de Santa Fe cuyo enlace sigue, se encuentra un cálculo del recargo en la facturación por exceso de potencia reactiva.

https://www.santafe.gob.ar/ms/eficienciaenergetica/wp-content/uploads/sites/25/2018/12/I_COMERCIALIZACION-DE-ENERGIA-ELECTRICA.pdf



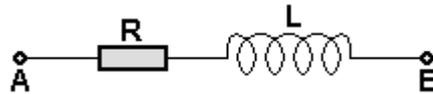
Si la potencia reactiva es 0,328 veces menor a la potencia activa el cliente recibe una bonificación.

Si la potencia reactiva es mayor a 0,328 veces la potencia activa el cliente recibe un recargo.

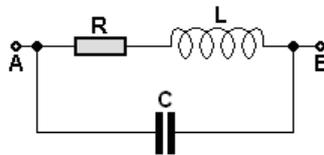
Si la potencia reactiva es superior a 1,33 veces la potencia activa le suspenden el servicio al cliente.

Dada la importancia de tener poca potencia reactiva en las instalaciones eléctricas, muchas empresas con consumos grandes recurren a baterías de capacitores para compensar la reactancia inductiva con reactancia capacitiva. De ese modo la instalación eléctrica se aproxima a resistiva pura y disminuye el desfase φ entre corriente y tensión.

Un circuito equivalente de una instalación con carga inductiva es:

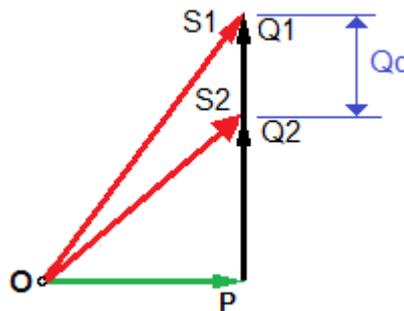


Luego de agregarle el capacitor de compensación queda:



Así, por ejemplo, si la potencia reactiva es Q_1 y la aparente S_1 y se desea bajarlas a Q_2 y S_2 , podemos ver en el triángulo de potencias que la diferencia de potencias reactivas es:

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$



La información que tenemos y la que nos falta es la siguiente:

Datos	Incógnitas
S_1	φ_2
Q_1	Q_2
P	Q_c
$\cos \varphi_1$	X_c
$\cos \varphi_2$	C

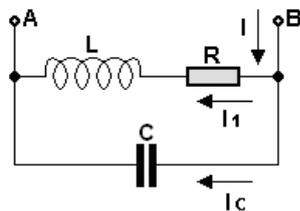
El procedimiento para hallar las incógnitas es el siguiente:

- 1) Con el factor de potencia deseado hallamos φ_2 .
- 2) Con φ_2 hallamos Q_2 mediante $\tan \varphi_2 = \frac{Q_2}{P}$ de la cual despejamos Q_2
- 3) Con Q_1 y Q_2 hallamos $Q_c = Q_1 - Q_2$
- 4) Sabemos que $Q_c = \frac{v_{ef}^2}{X_c}$ y despejamos X_c
- 5) A partir de $X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ despejamos C como $C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_c}$

Ejercicio N° 2

El siguiente circuito representa una instalación eléctrica con un capacitor de compensación del factor de potencia.

- a) Sin el capacitor, hallar S_1 , Q_1 , P y $\cos \varphi_1$
- b) Hallar φ_2 para la potencia reactiva a la mitad.
- c) Hallar $Q_c = Q_2 - Q_1$
- d) Hallar X_c
- e) Hallar C



Datos:

$$R=50\Omega$$

$$L=100\text{mHy}$$

$$V_{AB}=220\text{V} \angle 0^\circ$$

$$f=50\text{Hz}$$

Para seguir aprendiendo:

Ejercicio N° 3

En el siguiente enlace de la Universidad Nacional de Mar del Plata hay una guía teórica sobre potencia en alterna.

http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/electrotecnia1/e1_teroria_potencia_en_alterna.pdf



En la página 11 hay una analogía entre potencia activa, reactiva y aparente y una jarra de cerveza. Explica que representa cada una de las potencias y por qué.

Para finalizar, un poco de repaso y registro, a modo de agenda te pedimos que completes:

- 1) Lo más difícil de aprender en este momento es:

- 2) Para la próxima tengo que estudiar:

- 3) Me gustaría saber más de: