

# SISTEMAS TRIFÁSICOS EN APLICACIONES DE POTENCIA

Correa M., Jimenez D., López D.

**Resumen – Implementación de máquinas trifásicas en motores.** Los mismos que son utilizados en plantas industriales, debido a su bajo costo, mantenimiento y fallas. Lo que limita es la dificultad de controlar la velocidad, y la variación eléctrica de frecuencia. Además, en el artículo se analizará el generador básico de formas de ondas sinusoidales trifásicas.

## I. Introducción

**E**n el capítulo dedicado a estudiar los circuitos excitados por una tensión alterna se ha visto como se puede generar una tensión alterna senoidal, cuando una bobina se mueve dentro de un campo magnético.

La aparición de esta única onda alterna, hace que se denomine a esta máquina generador monofásico. Si el número de bobinas en el rotor se incrementa de una forma especial, el resultado es un generador polifásico que produce más de una onda alterna en cada revolución del motor.

En este capítulo se estudiarán los sistemas trifásicos puesto que son los que con más frecuencia se utilizan en la generación, transporte y distribución de la energía eléctrica. Las instalaciones domésticas o de pequeña potencia son monofásicas, pero esto no supone más que una derivación del sistema trifásico. Existen también sistemas bifásicos que se emplean en servomecanismos, en aviones y barcos, para detectar y corregir señales de rumbo, indicación de alerones, etc. Una fuente de tensión alterna del tipo usada en la generación de energía eléctrica a escala comercial casi invariablemente consiste en “un grupo de tensiones que tienen ángulos de fase y magnitudes relacionadas entre sí.

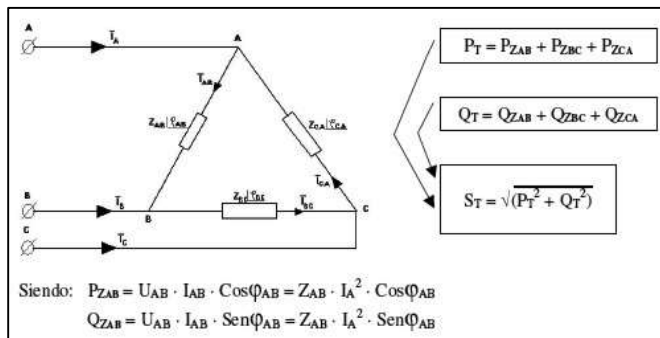


Fig1. Circuito en un sistema trifásico.

## II. Marco teórico:

### Potencias en sistemas trifásicos:

#### 1. Potencia activa:

Parte de la potencia disponible que se encarga de realizar un trabajo, es decir es aquella potencia que se encarga de transformar energía eléctrica en otro tipo de energía, es un tipo de potencia útil.

También llamada Vatiada:

$$\begin{aligned} p(t) &= v(t) \times i(t) \\ v(t) &= 2 V \cos wt \\ i(t) &= 2 I \cos (wt - \varphi) \end{aligned}$$

#### 2. Potencia Reactiva:

Potencia transitoria u oscilante, porque en un semiperiodo la tenemos en la carga y en el siguiente semiperiodo la tenemos en la fuente y así sucesivamente, esta potencia no produce un trabajo, es decir, no se transforma en otro tipo de energía, más bien es un tipo de potencia “no útil”. Se la denomina también potencia “Devatiada” y su unidad es el “VAR”

$$Q = V I \sin \varphi$$

Encontrada de dos formas:

#### 2.1. Potencia Reactiva Inductiva:

Propia de las bobinas y de los campos magnéticos, es decir, almacena transitoriamente la energía eléctrica como campo magnético de acuerdo a la frecuencia del sistema. La expresión instantánea de esta potencia es proporcional a:

$$Q = Q \sin 2wt = V I \sin \varphi \sin 2wt$$

Potencia media:

$$Q = 1/T \int_0^T q(t) dt = 1/T \int_0^T V I \sin \varphi \sin 2wt dt$$

Documento recibido el 22 de Febrero de 2021.

Este trabajo tiene base en el libro de Floyd Thomas L, “Principios de Circuitos Eléctricos”, 8va. Edición. Año de publicación 2007

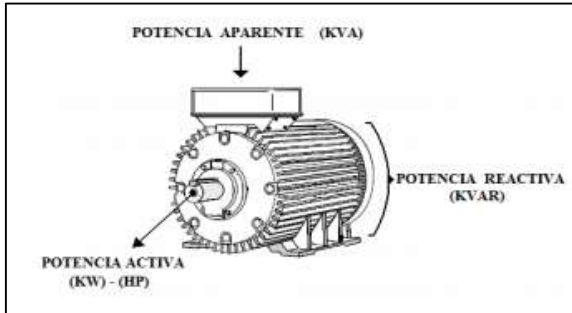
Mariú Juleysi Correa Chpavez, cursando el segundo semestre en la Universidad De las Fuerzas Armadas- ESPE, Sangolquí- Ecuador. (0963162359; Correo institucional: mjcorrea1@espe.edu.ec).

Danny Jimenez, estudiante de la Universidad De las Fuerzas Armadas “Espe”, Sangolquí- Ecuador.

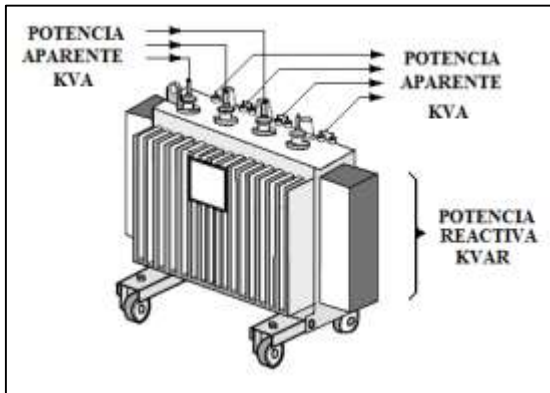
David Mateo Lopez Bulla, cursando el segundo semestre en la Universidad De las Fuerzas Armadas “Espe”, Sangolquí- Ecuador. (0984035271; correo institucional: dmlopez16@espe.edu.ec).

Consumidores de energía reactiva:

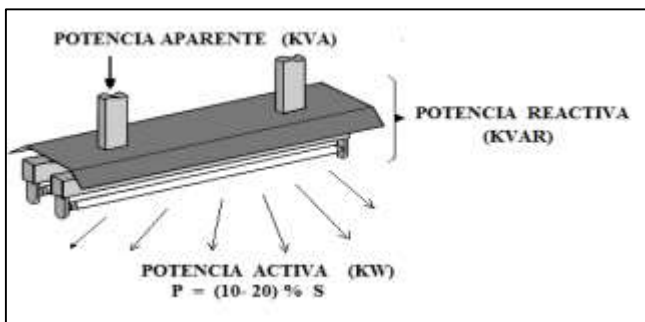
Los motores asíncronos, en proporciones del 65 al 75% de energía reactiva (Q) en relación a la energía activa (P):



Los transformadores, en proporciones del 5 al 10% de energía reactiva (Q) en relación a la energía activa (P):



Otros elementos, como las reactancias de las lámparas fluorescentes y de descarga, o los convertidores estáticos (rectificadores), consumen también energía reactiva:



## 2.2. Potencia reactiva capacitada:

Propia de los condensadores o capacitores y de los campos eléctricos, es decir almacena la energía eléctrica como campo eléctrico de acuerdo a la frecuencia del sistema. La expresión instantánea de esta potencia es proporcional a:

$$Q = -Q \sin 2\omega t = -V I \sin \phi \sin 2\omega t$$

**Potencia media:**

$$Q = 1/T \int_0^T -q(t) dt = 1/T \int_0^T V I \sin \phi \sin 2\omega t dt$$

## 3. Potencia Aparente:

Denominada también potencia disponible o potencia compleja, es propia de generadores de corriente alterna, transformadores (fuentes), su unidad es el “VA” (Volt-Amperio), “KVA” (Kilo-Volt-Amperio) y “MVA” (Mega-Volt-Amperio).

$$P = ReS = V I \cos \phi = ReV I = I^2 R = V^2 / R$$

$$Q = ImS = V I \sin \phi = ImV I = I^2 X = V^2 / X$$

## 4. Factor de Potencia:

El factor de potencia nos indica eléctricamente, el grado de utilidad o eficiencia que le da el usuario a la energía que le entrega la compañía de electricidad ya sea en alta, media ó baja tensión.

Un alto factor de potencia, técnicamente quiere decir que la empresa usa bien la potencia disponible y la transforma en su totalidad en otro tipo de energía, indicando la productividad de una empresa, ocurriendo lo contrario con un factor de potencia bajo.

Matemáticamente el factor de potencia ó  $\cos \phi$ , está relacionado como la potencia activa a la potencia disponible o aparente y adquiere un valor entre 0 y 1, es decir:

$$\cos \phi = P/S = V I \cos \phi / V I = WVA$$

## 5. Potencia Instantánea:

$$p(t) = p(t)_1 + p(t)_2 + p(t)_3$$

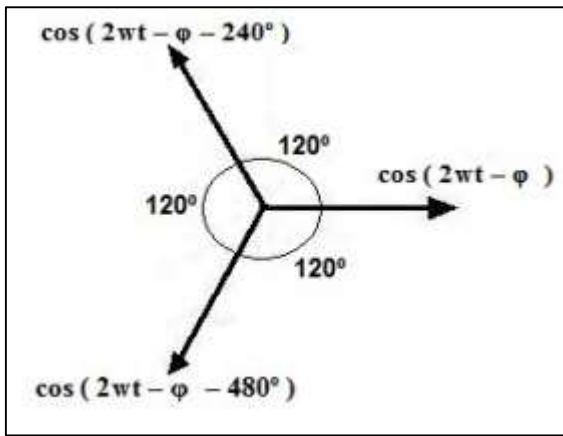
$$= v(t)_1 \times i(t)_1 + v(t)_2 \times i(t)_2 + v(t)_3 \times i(t)_3$$

Dónde los subíndices 1, 2 y 3, corresponden a las fases de un sistema trifásico y aplicando la ecuación de potencia en una fase, deducida anteriormente y asignando a cada fase del sistema trifásico, podemos escribir:

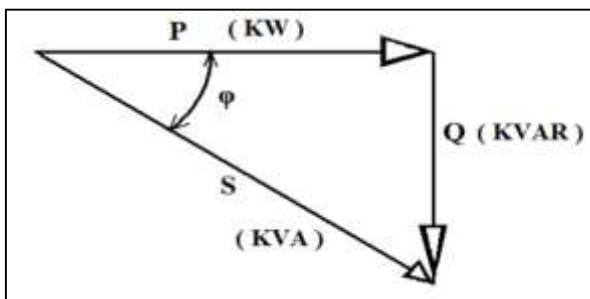
$$p(t)_1 = v(t)_1 \times i(t)_1$$

$$= V_1 I_1 \cos \phi_1 + V_1 I_1 \cos (2\omega t - \phi_1)$$

Expresión fasorial:



## 6. Potencia compleja en sistemas trifásicos:



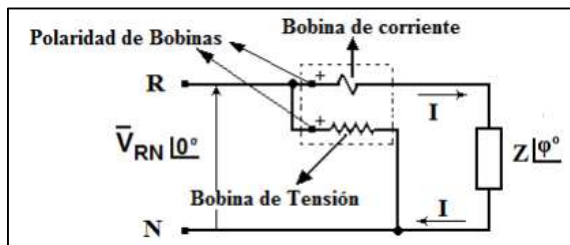
$$\begin{aligned}\varphi &= \cos^{-1}(PS) = \tan^{-1}(QP) \\ &= \sin^{-1}(QS)\end{aligned}$$

## 7. Compensación de la potencia reactiva:

- Compensación fija.
- Compensación variable.
- Compensación global.
- Compensación de sectores.
- Compensación individual.

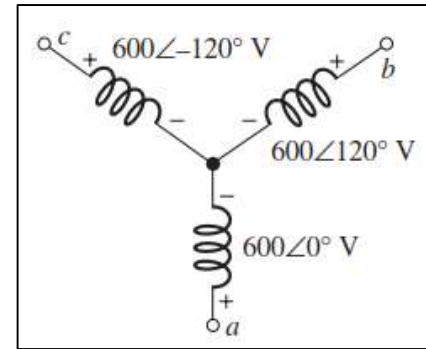
## 8. Medición en potencia en sistemas trifásicos equilibrados:

El equipo generalmente usado para medir la potencia activa de un sistema trifásico, es el instrumento denominado Watímetro, éste en la actualidad, se la puede encontrar como instrumento unimedida o como instrumento multimedida, a la fecha es de uso corriente los watímetros electrónicos y los digitales con ó sin memoria. A pesar de ello, estudiaremos a los watímetros analógicos monofásicos y trifásicos, con el objetivo de fortalecer nuestros conocimientos de elaboración de diagramas fasoriales monofásicos y trifásicos y criterio de polaridad de cada una de las bobinas de los watímetros.



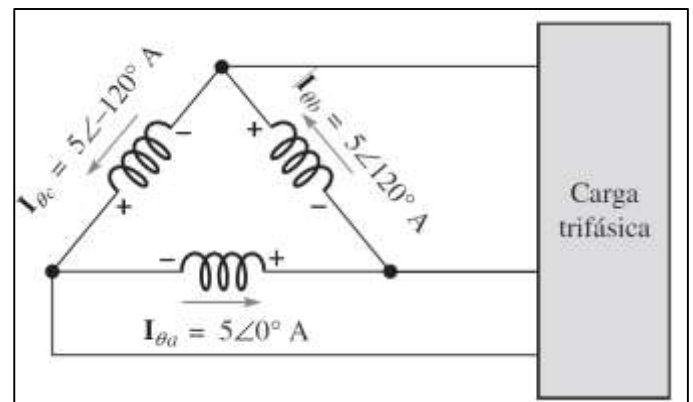
## Ejercicios:

1. Determine los voltajes de línea en la figura 21-35.



$$\begin{aligned}V_L &= \sqrt{3}(V_\theta < 30^\circ + \theta) \\ V_{Lc} &= \sqrt{3}(600 < -90^\circ) = 1039,2 < -90 \\ V_{La} &= \sqrt{3}(600 < 30^\circ) = 1039,2 < 30 \\ V_{Lb} &= \sqrt{3}(600 < 120^\circ) = 1039,2 < 150\end{aligned}$$

2. Determine las corrientes de línea en la figura 21-36.



Hay un ángulo de fase de  $30^\circ$  entre cada corriente de línea y la corriente de fase más cercana.

$$I_{La} = \sqrt{3}I_{\theta a} \angle (0 - 30^\circ) = 8.66 \angle -30^\circ$$

$$I_{Lb} = \sqrt{3}I_{\theta b} \angle (120^\circ - 30^\circ) = 8.66 \angle 90^\circ$$

$$I_{Lc} = \sqrt{3}I_{\theta c} \angle (-120 - 30^\circ) = 8.66 \angle -150^\circ$$

3. La potencia en cada fase de un sistema trifásico balanceado es de 1200 W. ¿Cuál es la potencia total?

Cómo es un circuito equilibrado trifásico las tres potencias de fase son iguales

Utilizamos la fórmula general:

$$ST = 3SF$$

Sustituimos el valor de fase que nos da el ejercicio

$$ST = 3(1200W)$$

Y calculamos la potencia total.

$$ST = 3600W$$

### III. Conclusión:

- Un generador trifásico simple se compone de tres espiras conductoras separadas por  $120^\circ$ .
- En un circuito equilibrado trifásico las tres fases del sistema son iguales.
- En un generador conectado en Y, hay una diferencia de  $30^\circ$  entre cada voltaje de línea y el voltaje de fase más cercano.
- Una carga balanceada es una carga donde todas las impedancias son iguales.
- En una carga trifásica la potencia se mide aplicando o el método de tres wattímetros o el método de dos wattímetros.

### REFERENCIAS

- [1] Floyd, T. L. (2021). Principios De Circuitos Electricos C/Cd Rom (Circuitos ed., Vol. 8) [Libro electrónico]. PRENTICE HALL/PEARSON.  
[http://media.espora.org/mgoblin\\_media/media\\_entries/1455/Principios\\_de\\_circuitos\\_electricos.pdf](http://media.espora.org/mgoblin_media/media_entries/1455/Principios_de_circuitos_electricos.pdf). (2019, 26 octubre). Teorema de transferencia de potencia máxima. La fisica y quimica. Recuperado de: <https://lafisicayquimica.com/teorema-de-transferencia-de-potencia-maxima/>
- [2] **REDES TRIFÁSICAS Y SUS APLICACIONES ELT. (2009). Circuitos Electricos Gestion.**  
<https://circelectricos.webcindario.com/files/4%20POTENCIA%20EN%20SISTEMAS%20TRIFASICOS.pdf>
- [3] SISTEMAS TRIFASICOS. ( 2016). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DE PLATA*. Obtenido de [http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/electrotecnia/e\\_im\\_8\\_circuitos\\_trifasicos.pdf](http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/electrotecnia/e_im_8_circuitos_trifasicos.pdf)