

ÍNDICE M3

Capítulo 13. Teoría de la Corriente Alterna

13.0. DEFINICION.	3.13.2
13.1. FORMA DE ONDA SINUSOIDAL.....	3.13.2
13.2. FRECUENCIA.	3.13.3
13.3. FASE.....	3.13.3
13.4. PERIODO.	3.13.4
13.5. VALORES DE UNA CORRIENTE ALTERNA.....	3.13.5
13.6. FUNDAMENTOS DE CORRIENTES MONOFASICAS Y TRIFASICAS.	3.13.6

CAPÍTULO 13

TEORIA DE LA CORRIENTE ALTERNA

13.0. DEFINICION.

La corriente alterna se define como aquella que cambia periódicamente de dirección y continuamente de magnitud, o sea que empieza en cero, alcanza un máximo en una dirección y vuelve a caer a cero para avanzar hacia un máximo en dirección contraria y volver a caer a cero siguiendo la forma de una **función seno**, según se aprecia en la figura 3.13.1 siguiente:

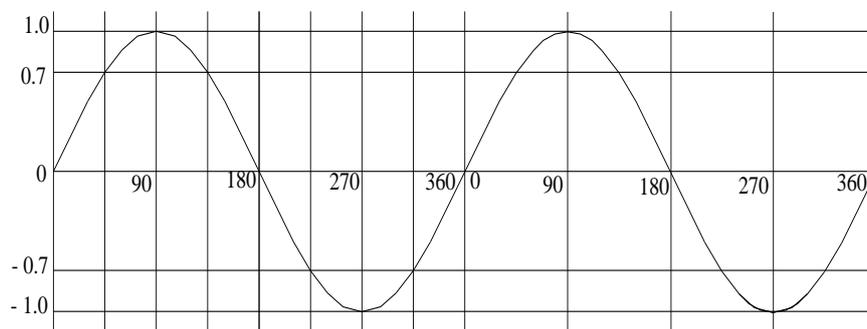


Fig. 3.13.1. Corriente alterna.

Una corriente alterna alcanza sus valores máximos a 90° y 270°, con un máximo positivo a 90° y un máximo negativo a 270°, y sus ceros a 0° y 180°.

Nótese que el seno de 90° es 1, al igual que el seno de 270°, mientras que son cero los senos de 0° y 180°, luego es claro que una corriente alterna sigue los valores de una función seno, con ciclos repetitivos que empiezan en 0° y terminan en 360°.

Según se estudió en el Capítulo 12, un generador elemental está formado por una bobina que gira, movida por un motor, o sea son solidarios los ejes de motor y generador, en el seno de un campo magnético. En ese capítulo se vio que la onda producida por el generador era de forma senoidal por ser la fem inducida en la bobina del inducido proporcional al seno del ángulo formado entre el vector velocidad de la espira y las líneas de fuerza del campo magnético.

13.1. FORMA DE ONDA SINUSOIDAL.

La forma de onda desarrollada por un generador es una función senoidal puesto que la fem inducida en el rotor depende directamente del ángulo de posición de la bobina con respecto al imán o estator. Entonces, el valor de esa fem será.

$$E = E_0 \text{ sen } \omega t$$

donde E es el valor instantáneo del voltaje generado, E_0 es el valor máximo del voltaje generado, ω es la velocidad angular del generador y "t" es el tiempo transcurrido.

13.2. FRECUENCIA.

La frecuencia de una corriente alterna es el número de ciclos completos que se repiten por unidad de tiempo, o en un segundo. Una vuelta completa de la espira anterior entre los polos del imán produce un ciclo completo de una corriente alterna. Un ciclo completo comprende dos alternancias, una alternancia positiva y una alternancia negativa, considerándose, generalmente, que la alternancia positiva ocurre entre 0° y 180° mientras que la alternancia negativa ocurre entre los 180° y los 360° . La frecuencia se mide en Hertzios (Hz) (en honor del físico alemán Rudolph Hertz) que equivale a un ciclo por segundo (c.p.s.).

Las frecuencias industriales son de 50 Hz para Europa, de 60 Hz para USA y de 400 Hz para aviones y barcos. En electrónica existen frecuencias desde 20 Hz a miles de millones de Hz, o desde frecuencias de audio hasta frecuencias de microondas. Los múltiplos del Hertzio son el Kiloherzio que equivale a 1.000 Hertzios, el Megahertzio que equivale a un millón de Hertzios, el Gigahertzio que equivale a mil millones de Hertzios y el Teraherzio que equivale a un billón de hertzios.

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclo por segundo}$$

$$1 \text{ KHz} = 1\,000 \text{ Hz} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 1\,000 \text{ KHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ GHz} = 1\,000\,000\,000 \text{ Hz} = 10^9 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$$

13.3. FASE

La fase de una corriente alterna se define como la fracción de periodo o de tiempo transcurrida desde que se inició el último ciclo, se expresa en grados o radianes y se escribe con la letra griega ϕ (fi). Es normal que en un circuito de corriente alterna, tensión y corriente estén **desfasados** un cierto ángulo. La diferencia de fase o **desfase** entre dos magnitudes senoidales en un instante dado se define como el ángulo recorrido por la segunda desde que tuvo la misma fase que tiene ahora la primera (adelanto de fase) o que ha de recorrer (retraso de fase). La figura 3.13.3 muestra una onda de tensión y de corriente desfasadas 90° , estando la intensidad adelantada con respecto a la tensión puesto que la intensidad pasó por cero 90° antes que la tensión.

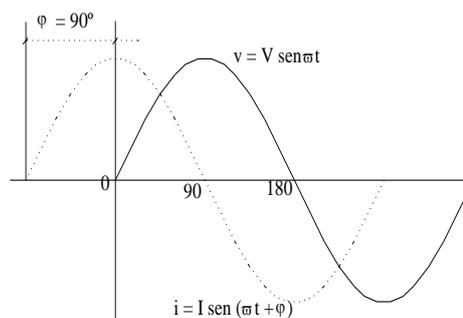


Fig. 3.13.2. Adelanto de fase

13.4. PERIODO.

El periodo T de una corriente alterna es el tiempo que invierte en un ciclo completo, o sea el tiempo que tarda en efectuar un desplazamiento de fase de 360° o 2π radianes. El periodo es la inversa de la frecuencia.

$$T = \frac{1}{f}$$

El periodo se mide en unidades de tiempo o segundos, siendo las más usuales:

Milisegundo (ms = 10⁻³ segundos)

Microsegundo (μs = 10⁻⁶ segundos)

Nanosegundo (ns = 10⁻⁹ segundos)

Una corriente alterna se puede representar por su onda senoidal, pero a veces es más útil representarla por un vector giratorio, como el que se muestra en la figura siguiente.

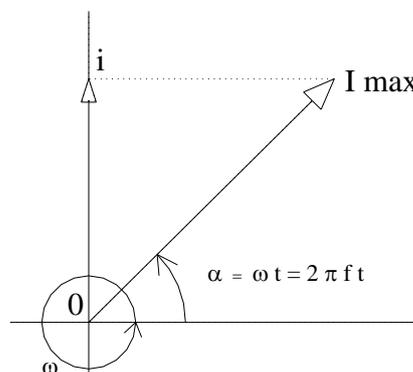


Fig. 3.13.3. Corriente alterna representada por un vector giratorio

Este vector tiene una longitud igual a la que corresponde al valor máximo del parámetro a representar y su velocidad de giro es

$$\omega = 2\pi f \text{ rad / s.}$$

invirtiendo un periodo en dar una vuelta completa. Así, el valor instantáneo de la corriente o fem será igual a la proyección del vector sobre el eje vertical en ese instante. Esta representación se llama **diagrama vectorial**.

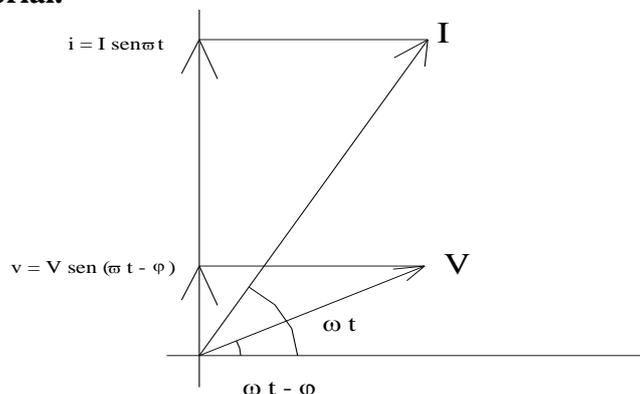


Fig. 3.13.4. Diagrama vectorial de una corriente alterna

Un diagrama vectorial permite la representación de tensiones e intensidades en sus valores instantáneos y con expresión de sus ángulos de desfase relativos, como la figura anterior que muestra un vector voltaje, V, y un vector intensidad, I, estando la intensidad adelantada al voltaje un ángulo φ ya que, como se sabe, se consideran positivos los ángulos con giro en el sentido del reloj.

13.5. VALORES DE UNA CORRIENTE ALTERNA.

Se ha definido una corriente alterna como aquella que varía siguiendo las variaciones de una función senoidal. Los valores a considerar en una corriente alterna senoidal son: valor instantáneo, valor de pico, valor de pico a pico, valor medio y valor eficaz. La figura 3.13.5 muestra una representación de esos valores.

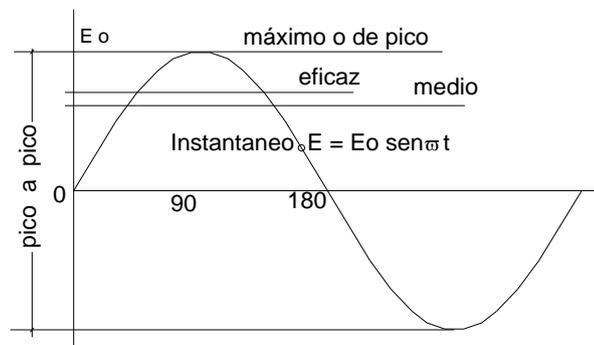


Fig. 3.13.5. Valores de una corriente alterna

El valor **instantáneo** de una corriente alterna será:

$$E = E_0 \sin \omega t$$

siendo E_0 el valor máximo de la fem, y ω la velocidad de giro del generador.

El valor **medio** de una corriente alterna se define como el valor equivalente al de una intensidad continua que transporta la misma carga que la intensidad variable en igual tiempo. Es, por tanto, la media aritmética de los valores instantáneos de la corriente. Esta media aritmética durante un periodo de una corriente alterna es, lógicamente, cero, puesto que la media de la alternancia positiva se anula con la media de la alternancia negativa, por lo que se considera solamente media alternancia al definir este valor medio.

Se puede demostrar que

$$E_{\text{media}} = \frac{E_{\text{max}} \times 2}{\pi} \quad E_{\text{media}} = 0,637 E_{\text{max}}$$

El valor **eficaz** (**valor RMS**) de una tensión alterna se define como el valor equivalente al de una tensión continua que produce los mismos efectos caloríficos que la tensión variable en igual tiempo. Como el calor producido por una corriente es proporcional al cuadrado de la corriente ($P = I^2 R$), el valor eficaz se obtiene elevando al cuadrado los valores instantáneos, dividiendo por dos la suma de esos valores y hallando la raíz cuadrada, o **raíz media cuadrática (RMS = Root Mean Square)**.

$$E_{ef} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = E_{max} \frac{\sqrt{2}}{2} \quad E_{ef} = 0,707 E_{max}$$

El valor de **pico** de corriente alterna senoidal es igual a su valor máximo y el valor **pico a pico** es el doble de su valor de pico.

Lógicamente, los valores dados para el voltaje se cumplen para la intensidad y potencia en una corriente alterna senoidal.

El valor medio no se usa prácticamente. Por el contrario, siempre que se habla de valores de tensión o intensidad de una corriente alterna senoidal se refiere a valores eficaces, que son, asimismo, los medidos por voltímetros y amperímetros. Así, cuando se dice que la tensión de red es de 220 V. se está hablando de 220 V. eficaces.

Estos valores son aplicables tanto a voltajes, como a intensidades de corriente y a potencias.

13.6. FUNDAMENTOS DE CORRIENTES MONOFASICAS Y TRIFASICAS.

Hasta ahora se ha estudiado una corriente alterna con una sola fase o monofásica. Un sistema de CA trifásica consta de tres circuitos alimentados por tres conductores diferentes en los que las tensiones tienen la misma frecuencia pero están separados por un ángulo de fase de 120° , o sea la fase A alcanza su máximo 120° antes que la fase B y esta 120° antes que la fase C, según se ve en la figura 3.13.6.

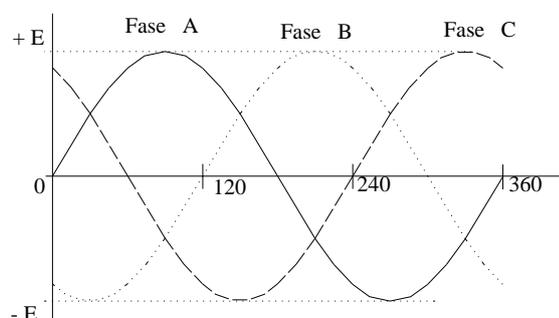
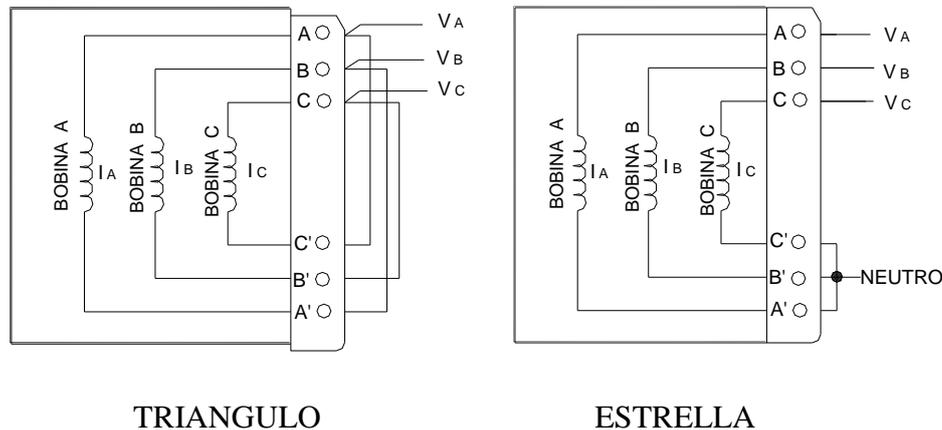


Fig. 3.13.6. Corriente alterna trifásica

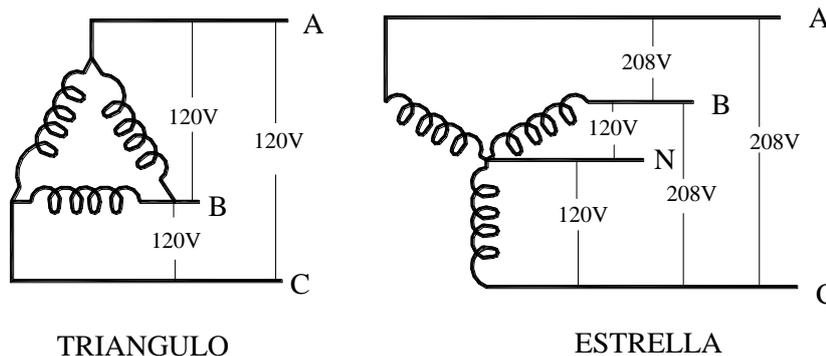
Un generador trifásico consta de un estator formado por tres bobinas separadas 120° en las que se inducirá una fem que será, para las tres, igual en voltaje y frecuencia, pero que presentarán un desfase de 120° la una con respecto a la otras. La figura 3.13.7 muestra la regleta de bornas de un generador trifásico que, dependiendo de su conexionado, puede adoptar la configuración estrella o triángulo.



*Fig. 3.13.7. Generadores trifásicos conectados en estrella y en triángulo.
 Esquema de conexionado de las bobinas.*

Un generador trifásico es, pues, un generador con tres voltajes independientes que se pueden interconectar en estrella o triángulo, a voluntad del usuario.

La figura 3.13.8 muestra la representación esquemática del devanado del estator de un generador trifásico conectado en **triángulo (delta) (pi)** y conectado en **estrella (Y) (T)**, con expresión de los voltajes a obtener entre sus terminales.



*Fig. 3.13.8. Generadores trifásicos conectados en estrella y en triángulo.
 Representación esquemática*

Se puede demostrar matemáticamente que, con un conexionado en triángulo, delta o pí, el voltaje entre dos cualesquiera de los terminales es igual al voltaje en el devanado del alternador, lo que se conoce con la expresión “ en un sistema en triángulo el voltaje de línea es igual al voltaje de fase “, pero la intensidad de la línea será:

$$I_L = I_F \sqrt{3}$$

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

O “en un sistema en triángulo, delta o pí, la intensidad de línea es igual a la intensidad de fase por la raíz de 3”.

Con un conexionado en estrella, y griega o T, se puede disponer de 3 o de 4 terminales. Con cuatro terminales, la tensión entre un terminal de fase y el neutro será la fem inducida en el devanado de fase, pero el voltaje entre dos terminales de fase será la fem inducida en el devanado de fase multiplicado por la raíz de tres. O sea, “en un sistema en estrella, y griega o T, el voltaje de línea es igual al voltaje de fase por la raíz de 3”, mientras que la intensidad e línea es igual a la intensidad de fase.

$$V_L = V_F \sqrt{3}$$

Luego un alternador trifásico, que genere 120 VAC en cada fase, conectado en estrella, dispondrá en línea de:

$$V_L = 120 \times \sqrt{3} = 208 \text{ VAC}$$

La potencia que entrega un generador trifásico, se cual sea su forma de conexión, también se ve incrementada en la raíz de tres. Así se puede decir:

$$P = E I \sqrt{3}$$

Existen tres razones fundamentales para usar CA en lugar de CC en los sistemas eléctricos de a bordo:

1. El voltaje de CA se puede elevar o reducir fácilmente mediante el uso de transformadores, lo que permite transportar potencias altas con bajas intensidades y, por tanto, con conductores de poca sección (menos peso) .
2. Con tensiones trifásicas se pueden alimentar motores trifásicos que son más pequeños y de menor peso que los monofásicos o los de CC.
3. Los generadores de CA no tienen colectores de delgas lo que hace que tengan un mantenimiento más sencillo.

Los alternadores de a bordo generan una fem de 115 V. medida entre fase y neutro a una frecuencia de 400 Hz. Esta CA se rectifica en los rectificadores con el fin de obtener la CC necesaria para alguno de los sistemas que operan con esta corriente. En aviones pequeños todavía se usan generadores de CC, por lo que es necesario convertir esta CC en CA para lo que se usan los inversores.

En los apartados 17.4 y 17.5 del capítulo 17 se ampliarán conocimientos sobre las corrientes trifásicas con cálculos y utilización.