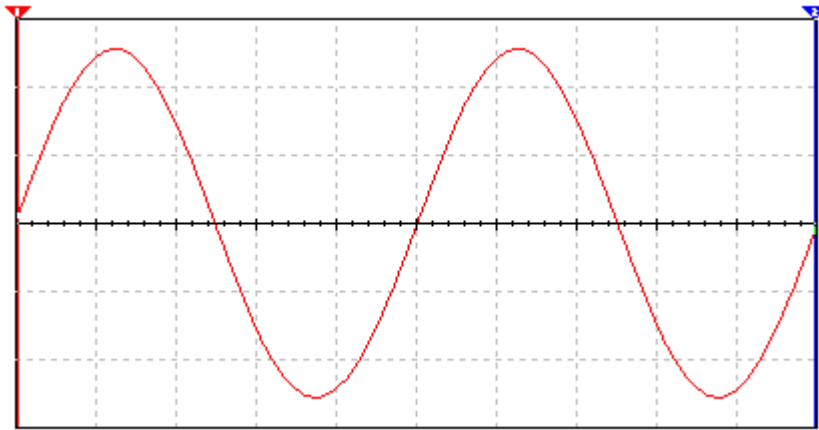


## TENSION ALTERNA

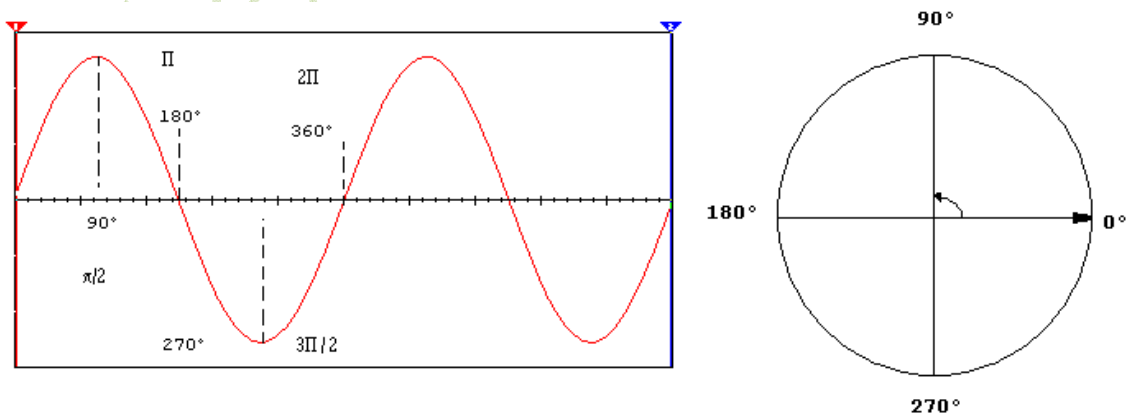
En la figura 1 se observan los cambios de polaridad (positivo y negativo) y las variaciones en amplitud de una onda de ca.



**FIGURA 1**

Puede definirse un voltaje alterno como el que varía de manera continua su amplitud y cambia de polaridad periódicamente. Las variaciones hacia arriba y hacia debajo de la forma de onda corresponden a cambios de magnitud. El eje cero es una línea horizontal ubicada en el centro del trazo. De esta manera, los voltajes que están encima de esta línea tienen una polaridad positiva, mientras que los voltajes que se encuentran por debajo tienen polaridad negativa.

Una revolución completa de una espiga alrededor de un círculo se conoce como ciclo y una revolución igual a la mitad de un ciclo recibe el nombre de alternación, figura 2.



**FIGURA 2**

Se puede definir a un ciclo como el que incluye las variaciones entre dos puntos sucesivos que tienen el mismo valor y que varían en el mismo sentido.

Dado que el ciclo de voltaje de la figura 2 corresponde a una rotación completa de la espiga alrededor de un círculo, resulta conveniente considerar las diferentes partes de un ciclo como ángulos. Una rotación completa alrededor de un círculo es igual a  $360^\circ$ . La mitad de un ciclo (una alternación) corresponde a  $180^\circ$ , mientras que una

rotación de un cuarto de ciclo es igual a  $90^\circ$ . Por consiguiente el siguiente ciclo van desde  $180^\circ$  hasta  $360^\circ$ .

La forma de onda del voltaje de las figuras 1 y 2 recibe el nombre de onda seno, onda senoidal o senoide, ya que la magnitud del voltaje inducido es proporcional al seno del ángulo de rotación del movimiento que produce el voltaje.

La forma de onda del voltaje producido por el movimiento circular de la espira es un senoide, debido a que el voltaje inducido aumenta hasta alcanzar un valor máximo en que el ángulo de rotación es de  $90^\circ$  cuando la espira se encuentra en posición vertical; de la misma manera, el seno del ángulo de rotación aumenta hasta alcanzar un valor máximo cuando el ángulo es de  $90^\circ$ .

El voltaje inducido y el seno del ángulo guardan relación entre sí durante todo el ciclo de  $360^\circ$ .

El valor instantáneo de cualquier voltaje senoidal en función del ángulo de rotación está expresado de acuerdo a la fórmula 1.

$$v = V_M \text{ sen } \Theta \quad \dots (1)$$

donde  $\Theta$  es el ángulo, sen es la abreviatura que se emplea para el seno,  $V_M$  es el máximo valor de voltaje y  $v$  es el valor instantáneo del voltaje para cualquier ángulo.

Las características de una forma de onda senoidal de ca son:

El ciclo es de  $360^\circ$  o  $2\pi$  rad.

La polaridad cambia cada medio ciclo.

Los valores máximos aparecen cuando el ángulo es de  $90^\circ$  a  $270^\circ$ .

El valor de la forma de onda es cero cuando el ángulo es de  $0^\circ$  o  $180^\circ$

La mayor rapidez de cambio de la forma de onda ocurre cuando cruza el eje cero.

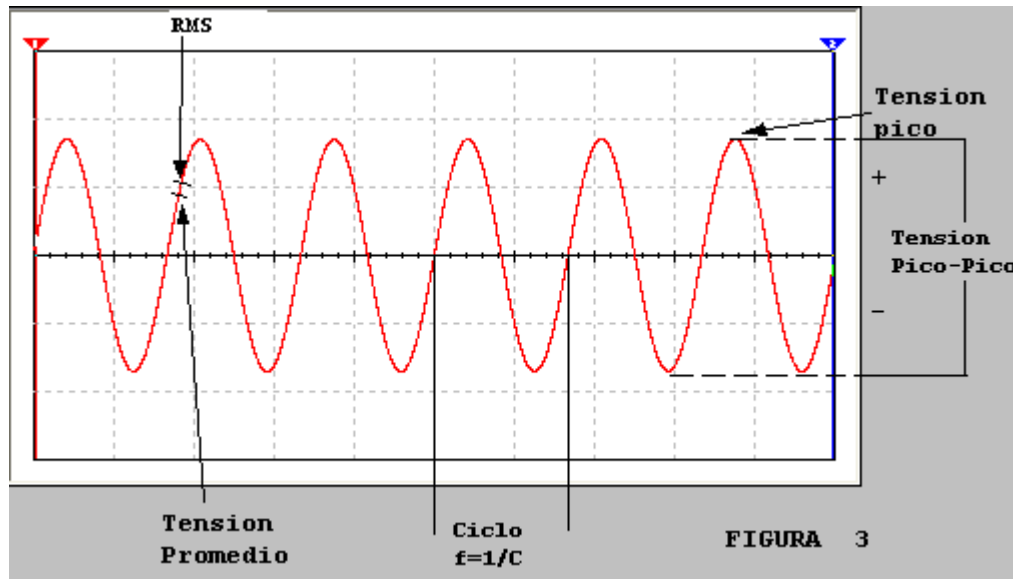
La forma de onda cambia con más lentitud cuando alcanza su valor máximo.

Dado que una onda senoidal de tensión o corriente alterna tienen muchos valores instantáneos a lo largo de todo un ciclo, resulta conveniente definir magnitudes específicas para poder comparar una forma de onda con otra. Como se observa en la figura 3, se puede especificar el valor pico, promedio, raíz cuadrática media (rms), pico-pico y se pueden definir tanto para la tensión como para la corriente alternas.

Tensión pico.

Definida como el máximo valor de la corriente o del voltaje, en donde, los valores pico pueden ser positivos o negativos.

Cuando se incluyen los dos valores pico se define como tensión pico a pico (p-p) el cual es igual al doble del voltaje pico debido a que los dos voltajes pico son simétricos. Notar que los dos voltajes picos no pueden ocurrir al mismo tiempo. Además que en algunas formas de onda los dos voltajes pico no son iguales.



La tensión promedio (figura 3), es igual al promedio aritmético de todos los voltajes de una onda senoidal durante una alternancia o semiciclo. Para obtener el promedio se hace uso del medio ciclo ya que, en todo un ciclo, el valor promedio es cero. Al sumar los valores de la función seno hasta  $180^\circ$  lo cual es una alternancia y el resultado es dividido por el número de valores, el promedio es igual a 0.637.

Dado que el valor pico de una onda seno es uno y su promedio es igual a 0.637, se tiene entonces

$$\text{Valor promedio} = 0.637 \text{ valor pico} \quad \dots(2)$$

Tensión efectiva (raíz cuadrática media). Una de las maneras más comunes de especificar una magnitud de una forma de onda senoidal, consiste en proporcionar su valor para un ángulo de  $45^\circ$ , el cual es igual a 70.7 % del valor pico. Este valor toma el nombre de *raíz cuadrática media* (r m s).

$$V_{\text{rms}} = 0.707 \times \text{Tensión pico} \quad \dots(3)$$

O

$$V_{\text{rms}} = 0.707 V_{\text{pico}} \quad \dots(4)$$

Como por ejemplo un valor que siempre se especifica como rms es la tensión de línea de ca.

Como la tensión pico a pico es el doble de la tensión pico de la formula 3 se tiene:

$$V_{\text{p-p}} = 2 \times 1.414 \times V_{\text{rms}} \quad \dots(5)$$

O

$$V_{\text{p-p}} = 2.828 \times V_{\text{rms}} \quad \dots(6)$$

El factor 0.707 del valor rms se obtiene al tomar la raíz del promedio (media) del cuadrado de todos los valores de la onda seno. Si se toma el seno de cada ángulo que se encuentra en el ciclo (0-180°), se eleva al cuadrado, se suman todos estos valores, la suma se divide entre el número de valores y se toma la raíz cuadrada de este resultado, se obtiene 0.707. arroja los mismos resultados para una alternancia de (0-180°) y (180°-360°).

La ventaja del valor rms tanto para la corriente como para la tensión, es que proporciona una medida basada en la capacidad de la onda seno para producir potencia, la cual se define como  $I^2R$  o  $V^2/R$ . En consecuencia, el valor rms de una onda senoidal corresponde al valor de voltaje o corriente directa necesario para tener la misma disipación de potencia en forma de calor, por esta razón, el valor rms es conocido también como valor eficaz.

El cociente del valor rms y de un valor promedio es conocido como factor de forma. En una onda senoidal, el valor de este cociente es  $0.707 / 0.637 = 1.11$

El número de ciclos por segundo es definido como frecuencia la cual es denotado como  $f$  (figura 4).

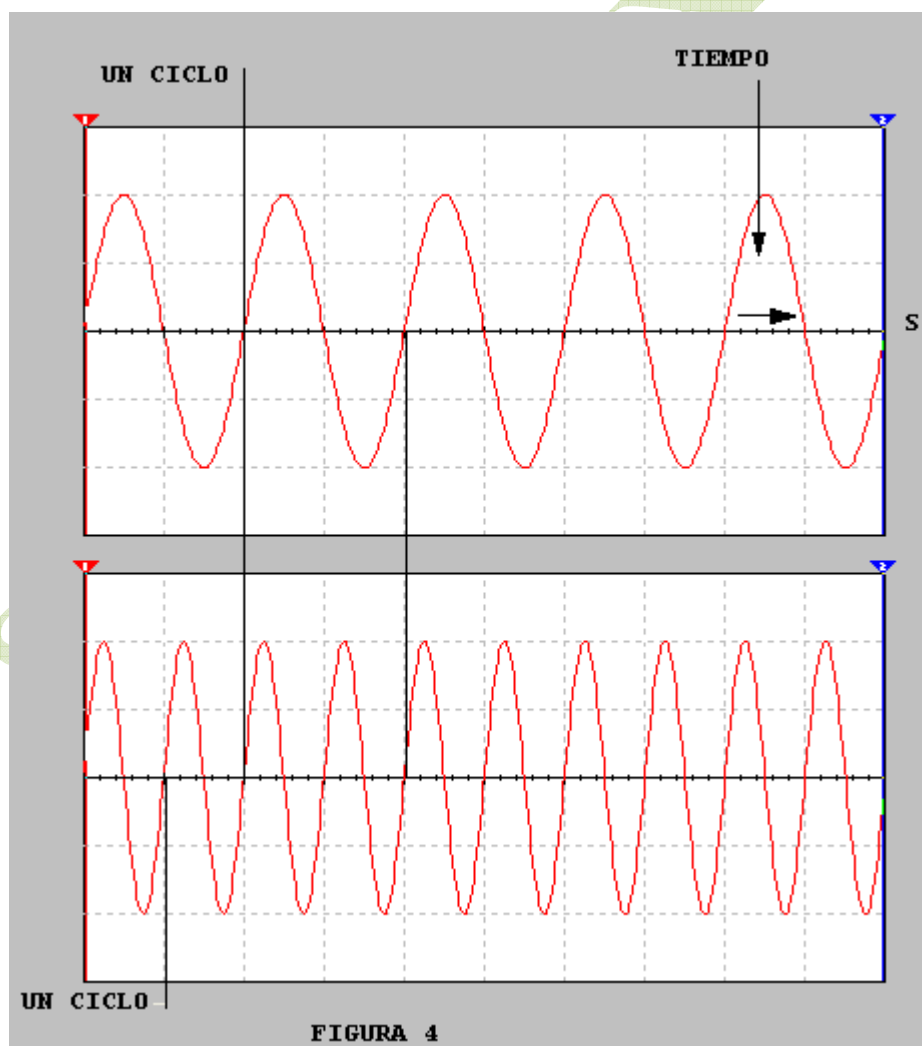


FIGURA 4

en la definición de frecuencia se involucra el factor tiempo.

La frecuencia aumenta con forme el número de ciclos por segundo se incrementa y la duración de cada ciclo disminuye, como se muestra en la figura 4. cuando dicha frecuencia es alta los valores de la onda cambian con mayor rapidez.

Un ciclo completo es medido entre dos puntos sucesivos que tienen el mismo valor y la misma dirección, en la figura 4 el ciclo se mide a partir de los puntos en donde la onda cruza al eje 0 y se dispone a aumentar de valor en la dirección positiva.

Con una escala igual en el tiempo se puede notar en la figura 4 que la forma de onda en la gráfica inferior tiene mas ciclos que la onda superior por lo que su frecuencia es mayor.

Cuando se comparan dos ondas senoidales, la amplitud no guarda ninguna relación con la frecuencia. Dos ondas pueden tener la misma frecuencia y diferentes amplitudes, la misma amplitud pero diferentes frecuencias o diferentes amplitudes y frecuencias. La amplitud indica la magnitud de la corriente o voltaje, mientras que la frecuencia señala la rapidez de cambio con respecto al tiempo de la amplitud en ciclos por segundo.

La unidad de la frecuencia es el Hertz (Hz) la cual es igual a un ciclo por segundo.

El tiempo de duración de un ciclo recibe el nombre de *periodo* (T) (de tiempo). Por ejemplo, cuando la frecuencia es de 60 Hz, el tiempo de duración de un ciclo es 1 / 60 s, la frecuencia y el periodo son recíprocos:

$$T = 1 / f \quad \text{o} \quad f = 1 / T \quad \dots(7)$$

Entre más grande sea la frecuencia menor será el periodo

Angulo de fase.

De acuerdo a la figura 5 cada voltaje tiene la misma forma de onda, pero la onda B comienza en un máximo, mientras que la onda A comienza en cero.

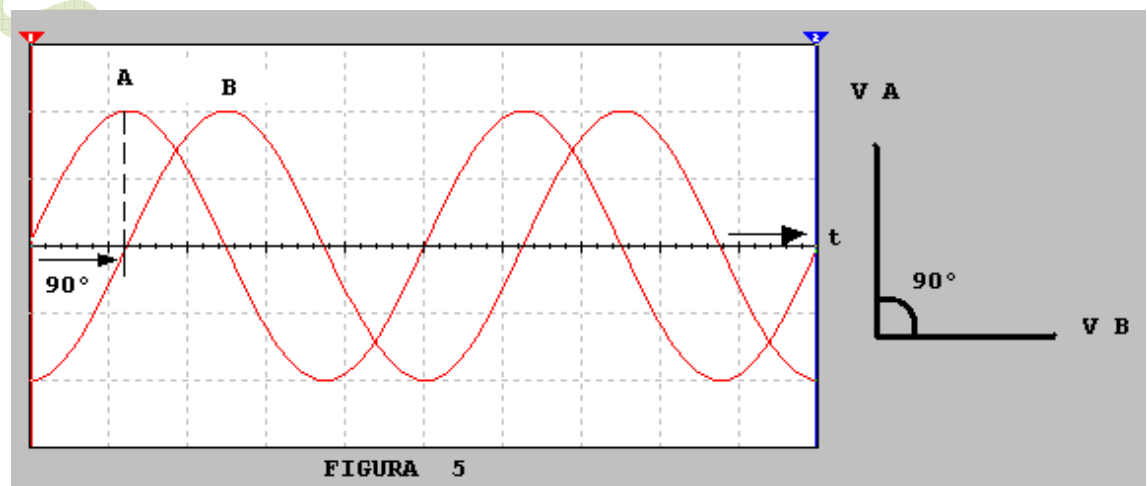


FIGURA 5

cuando la onda B completa su ciclo de  $360^\circ$ , regresa al valor máximo en que comenzó. La onda A siempre comienza y termina su ciclo en el valor cero. En consecuencia, respecto al tiempo, los valores de la onda B se adelantan a los valores de voltaje de la onda A. Este adelanto en el tiempo es igual a un cuarto de revolución, es decir a  $90^\circ$ . Esta diferencia es el ángulo de fase entre las ondas B y A.

El ángulo de fase entre las ondas B y A ( $90^\circ$ ) se mantiene a lo largo de todo el ciclo y en ciclos sucesivos, siempre y cuando las dos ondas tengan la misma frecuencia. En cualquier tiempo, la onda B toma el valor que tendrá la onda A  $90^\circ$  después.

Para poder comparar el ángulo de fase entre dos ondas, es necesario que tengan la misma frecuencia, de no ser así, el ángulo de fase cambiará. Además, dicho ángulo sólo se mide en todas aquellas formas de onda que son senoidales. En este caso, las amplitudes de las ondas pueden ser diferentes.

Las dos formas de onda de la figura 5 representan una onda senoidal y otra cosenoidal, respectivamente, que se encuentran a  $90^\circ$  fuera de fase. Un ángulo de fase de  $90^\circ$  significa que una de las ondas alcanza su amplitud máxima cuando el valor de la otra es igual a cero. Sin embargo puede considerarse también que la onda B es una onda seno que comienza  $90^\circ$  antes en el tiempo que la onda A. Este valor del ángulo de fase para formas de onda de corriente y voltaje tiene muchas aplicaciones en circuitos de corriente alterna que contienen capacitancias e inductores.

Para comparar las fases de voltajes y corriente alternos, resulta más conveniente utilizar diagramas fasoriales, los cuales corresponden a ondas de voltaje y corriente.

$V_A$  y  $V_B$  indican los parámetros fasoriales<sup>1</sup> del voltaje de un generador.

Un fasor es un parámetro que tiene magnitud y dirección (vector), la longitud de la línea señala la magnitud del voltaje alterno, siempre y cuando se emplee la misma unidad para todos los fasores.

Los términos fasor y vector se utilizan para denotar cualquier parámetro que tenga dirección y que sólo queda especificado por completo cuando se da un ángulo. Sin embargo, un parámetro vectorial tiene una dirección en el espacio, mientras que un fasorial varía con el tiempo. Un ejemplo de vector es la fuerza mecánica que se representa con una flecha y un ángulo, ya sea con respecto a una dirección horizontal o una vertical.

En los fasores, los ángulos representan diferencias en el tiempo. En este caso, se escoge un senoide como referencia. Después de esto, las variaciones en el tiempo de otro senoide pueden compararse con la de referencia por medio del ángulo entre los dos fasores.

---

<sup>1</sup> Fasor. Representación gráfica mediante un segmento de línea con dirección, o fasor (figura 5), que gira en dirección a las manecillas del reloj a una velocidad angular constante  $\omega$ (rad / s). La longitud del fasor es la amplitud de la función, el ángulo entre las dos posiciones del fasor es la diferencia de fase entre los puntos correspondientes a las funciones.

BIBLIOGRAFIA

GROB. ELECTRONICA BASICA  
MEXICO, McGraw-Hill 5 ed.

Joseph A. Edminister. CIRCUITOS ELECTRICOS.  
México. 2 ed. McGraw-Hill 1994.

Raymind A. Serway FISICA PARA CIENCIAS E INGENIERIA  
México. 5 ed. McGraw-Hill 2002.

[www.solecmexico.com](http://www.solecmexico.com)