

Corriente Alternada

Generación de una onda sinusoidal de corriente alternada: A través de lo estudiado, se ha interpretado que una corriente eléctrica está constituida por el pasaje de electrones a través de un circuito cerrado en una dirección determinada. Una corriente eléctrica que fluye siempre en una misma dirección recibe el nombre de corriente continua. Una corriente continua puede ser suministrada ordinariamente por pilas o acumuladores y también por generadores o dínamos. Existe, sin embargo, otro tipo de corriente eléctrica, que se estudiará enseguida, y que recibe el nombre de corriente alternada. Una fuente de corriente alternada es capaz de suministrar una tensión tal que, si se conecta a la misma un artefacto eléctrico cualquiera, a modo de circuito cerrado, se observará un flujo electrónico de sentido o dirección variable. En otras palabras, es posible producir mediante generadores, una tensión eléctrica de polaridad variable, y consecuentemente dar lugar a una corriente de electrones cuyo sentido de circulación sea también variable.

Ya se estudió que si un conductor es movido en el ámbito del campo magnético de un imán se genera en dicho conductor una f.e.m. inducida, ocurriendo exactamente lo mismo si en lugar de agitar el conductor se imprimen un movimiento de vaivén al imán cuyo campo magnético influye al conductor.

Se vio también que el sentido de circulación de esta corriente inducida depende de los movimientos del campo magnético. Este principio es utilizado para la producción de corriente alternada.

En la figura siguiente, se representa un alambre conductor dispuesto en forma de espira en el interior de un fuerte campo magnético producido por un imán.

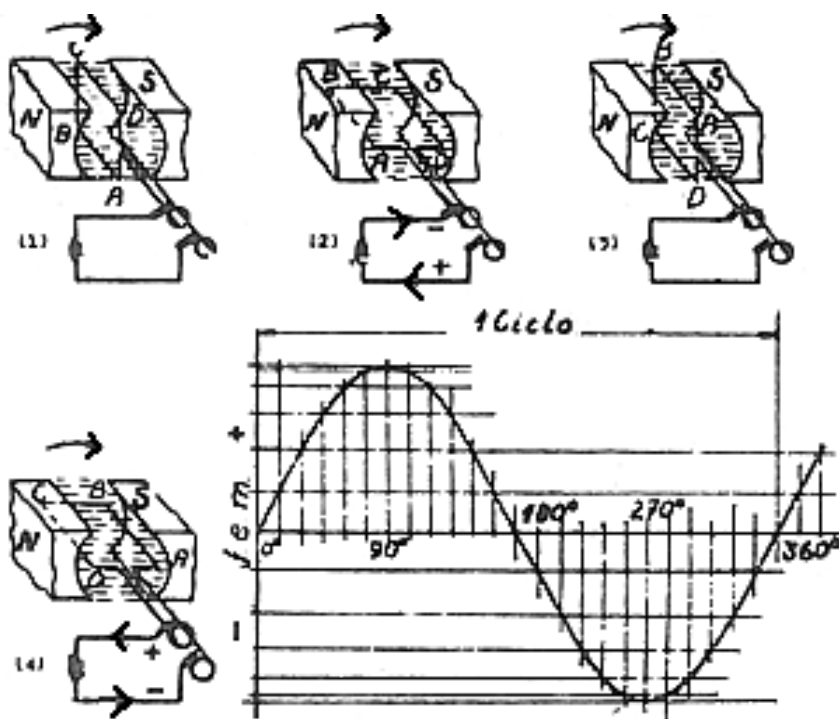


Figura Nº 35

Dicha espira es designada con las letras A-B-C-D y las líneas punteadas que van de un polo al otro del imán representan las líneas de fuerza, que circundan el espacio ocupado por la espira, en uno de cuyos extremos están dispuestos dos anillos metálicos aislados entre sí y unidos a cada extremo de la espira y que hacen contacto con pequeñas escobillas cuyo objeto es permitir llevar a un circuito exterior la f.e.m. inducida en la espira.

Se supone que el campo magnético existente entre los dos polos del imán es uniforme en todos sus puntos. Para que en el conductor se genere una f.e.m. es necesario que las líneas de fuerza corten la espira. Por lo tanto, será necesario imprimir a la espira un sentido de rotación sobre su propio eje y en

la dirección que indica la flecha. Si se inicia el movimiento en la posición que la espira ocupa en (1) de la figura citada, es decir, en un plano vertical, la f.e.m. inducida en la espira será cero, porque en ese instante las líneas de fuerza no cortarán a la espira, sino que correrán paralelas a la misma. Si se gira la espira siempre en dirección de la flecha hasta que la misma quede en posición horizontal, según se ilustra en (2) de la misma gráfica, se irá induciendo en dicha espira una f.e.m. que irá paulatinamente del valor cero a un valor máximo y si los extremos de las escobillas son conectados a un circuito cerrado, circulará por la espira una corriente cuyo sentido será de A a B por un lado de la misma y lógicamente de C a D por el otro. El hecho de que la f.e.m. inducida sea máxima cuando la espira alcanza la posición (2) se explica fácilmente si se tiene en cuenta que en las sucesivas posiciones la cantidad de líneas de fuerza cortadas por la espira irán en aumento.

Si se continúa con el movimiento y se hace girar la espira otros 90 grados tal como se muestra en (3) de la gráfica, en los sucesivos instantes la f.e.m. inducida irá decreciendo de su valor máximo hasta cero, pues cada vez irá cortando menos líneas de fuerza. Ya hemos girado la espira 180 grados y la corriente circulante por la espira disminuirá paulatinamente hasta el valor cero, siempre en la dirección de A a B y de C a D. Volviendo a girar la espira otros 90 grados, la f.e.m. inducida irá creciendo nuevamente desde cero a su valor máximo, de acuerdo a la posición (4) de la figura, pero ahora la corriente inducida, irá de sentido contrario al anterior, puesto que girando la espira de 0 a 90 grados y de 90 a 180 grados, el lado A-B de la espira era influenciado por el polo Norte del imán y el lado C-D de la misma por el polo Sur.

En cambio, al continuar el giro de la espira desde los 180 grados en adelante, el lado A-B de la espira será influenciado por el polo Sur del imán y el lado C-D por el polo Norte. Por lo tanto la f.e.m. inducida hará circular una corriente a través de la espira, siempre que el circuito esté cerrado, en la dirección D a C en un costado de la misma y de B a A en el otro costado.

Se tiene entonces que girando la espira de 180 a 270 grados la corriente irá de un valor cero a un valor máximo, pero de sentido contrario con respecto a los giros de 0 a 180 grados. Y finalmente, completando la rotación de la espira desde los 270 a los 360 grados, se producirá en la espira una f.e.m. que irá de su valor máximo en forma paulatina hasta el valor cero observando la corriente el mismo sentido que en el giro de 180 a 270 grados, pero ahora en vez de ir aumentado irá decreciendo hasta ser nula.

De todos estos hechos se observa que la f.e.m. inducida en la espira tendrá valores nulos cuando la misma se encuentre vertical y valores máximos cuando este horizontal correspondiendo al primer caso las posiciones 0 y 180 grados y al segundo caso las posiciones 90 y 270 grados. Es necesario aclarar que la f.e.m. inducida en la espira será tanto mayor cuanto mayor sea la cantidad de vueltas o giros completos que realiza la misma en la unidad de tiempo, o sea el segundo. Además, todas las explicaciones referentes a los distintos valores de f.e.m. para las respectivas posiciones de la espira de este ejemplo, se entenderán siempre considerando a la espira en movimiento, puesto que ya se sabe que para producir una f.e.m. inducida es necesaria una variación en la cantidad de líneas de fuerza cortadas por el conductor.

Si se desea representar gráficamente los valores de la f.e.m. inducida para cada una de las posiciones de la espira, se pueden trazar dos líneas perpendiculares una horizontal que se denomina "abscisa" (0° a 360°) y otra vertical llamada "ordenada" (+e, 0, -e) según la figura anterior.

El punto donde se unen estas dos líneas se llama punto de partida o cero. Sobre la abscisa se efectúa una graduación que representará el valor de la f.e.m. inducida para cada posición de la espira, y sobre la ordenada también otra graduación, que indicará los sucesivos tiempos del giro. Así, al iniciar el movimiento de rotación de la espira se tomará como referencia el punto de partida cero. Desde 0 a 90 grados la f.e.m. irá en aumento, circulando la corriente en un sentido. De 90 a 180 grados irá disminuyendo, conservando igual sentido de circulación. Para las posiciones de 180 a 270 grados volverá a ir en aumento, pero esta vez en sentido contrario y finalmente de 270 a 360 grados continuará decreciendo y en este mismo sentido.

Observando la figura, en la que quedan representados los sucesivos valores de la f.e.m. inducida, se ve que cada 180 grados hay una inversión del sentido de la corriente inducida, y una constante variación en los valores de dicha tensión.

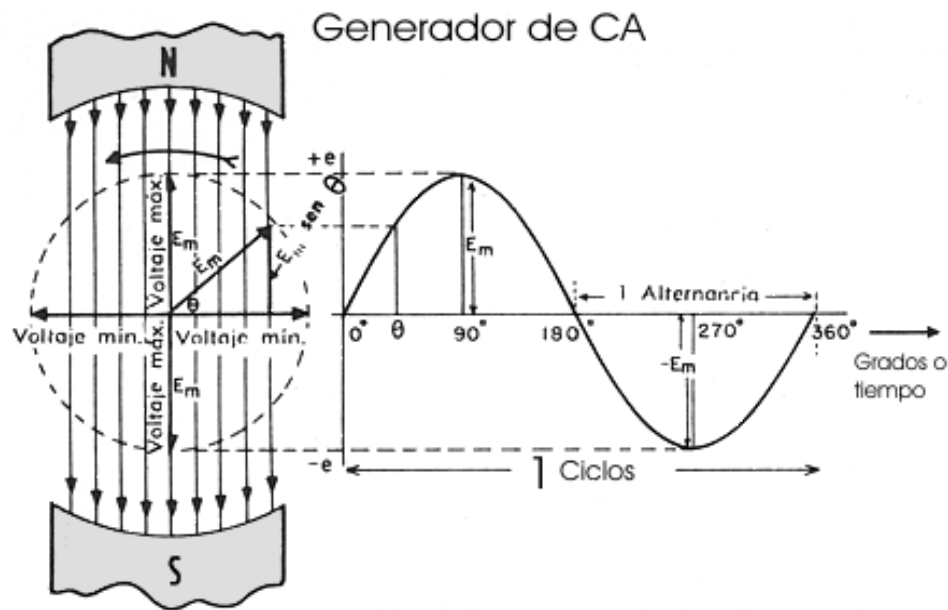


Figura Nº 36

Una armadura bobinada girando en un campo magnético uniforme constituye un generador elemental de corriente alternada. Puede usarse un vector que gira uniformemente para simular los lados que cortan el flujo (longitudinales) de la armadura giratoria. Siempre que el vector giratorio o la armadura se mueven en ángulo recto al flujo magnético (entre los polos), éste corta el máximo número de líneas magnéticas, y la fem inducida alcanza su máximo valor, E_m . Cuando la armadura se mueve paralela con el flujo magnético, no corta ninguna línea, y la fem inducida es cero. Se supondrá que el campo magnético es de dirección vertical hacia abajo y la armadura (representada por un vector) comienza a girar contraria a las agujas de reloj, desde una posición horizontal la derecha. Por lo tanto, el voltaje inducido en la armadura es inicialmente cero. Después de un cuarto de revolución, o un cuarto de ciclo, la armadura alcanza una posición vertical y se mueve en ángulo recto respecto al flujo, entre los polos del imán. En este instante, se alcanza la máxima fem (representada por la longitud del radio vector E_m), durante el siguiente cuarto de revolución, la fem inducida disminuye nuevamente y llega a cero en el instante en que la armadura pasa a la posición horizontal (hacia la izquierda) y se mueve paralela al flujo. Una posterior rotación durante el tercer cuarto de giro induce una fem de dirección opuesta, en la bobina de la armadura.

Esta fem alcanza un valor máximo ($-E_m$) cuando el vector giratorio, que representa la armadura, apunta verticalmente hacia abajo y se mueve entre los polos en ángulo recto con el campo (después de $3/4$ de revolución). Durante el último cuarto de revolución, la fem inducida disminuye nuevamente y alcanza el valor cero cuando la armadura ha completado una revolución completa, o ciclo (igual a 360° de circunferencia).

Es evidente que solamente la porción de la armadura que se mueve en ángulo recto con el flujo es efectiva para inducir una fem en la bobina. Esta componente que corta al flujo puede ser determinada proyectando la posición angular del vector giratorio (o armadura) sobre un diámetro vertical. Para algún ángulo θ entre el vector (o armadura) y la horizontal, la componente vertical (que corta al flujo) del vector es:

$$E_m \sin \theta$$

Donde E_m es la longitud del vector, y es igual a la máxima fem inducida. Por lo tanto, podemos escribir para el voltaje, e , generado en cualquier instante:

$$e = E_m \sin \theta$$

Para una armadura que gira uniformemente, el ángulo θ barrido por la armadura es igual al producto de la velocidad angular (ω) y el tiempo (t); es decir, $\theta = \omega t$. Por lo tanto:

$$e = E_m \sin \theta = E_m \sin \omega t$$

Si el voltaje inducido instantáneo, e , se representa en función del tiempo o del ángulo, se obtiene la onda sinusoidal mostrada en la figura 3-1. Además si el voltaje inducido se aplica a una carga resistiva, la corriente instantánea, i , sufrirá variaciones similares al voltaje con respecto al valor máximo de la corriente, I_m ; es decir:

$$i = I_m \sin \theta = I_m \sin \omega t$$

Ciclo, período y frecuencia: Cuando la posición de la espira va de 0 a 180 grados y la f.e.m. y la corriente tienen una dirección dada, se dice que es positiva, y cuando la espira va de 180 a 360 grados y por lo tanto cambia el sentido de la f.e.m. y la corriente, se dice que es negativa. Por lo tanto para representar los valores desde 0 a 180 grados de giro efectuaremos las anotaciones por encima de la "abscisa" y en las graduaciones de la "ordenada". Y para los valores de 180 a 360 grados anotaremos los valores en las graduaciones de la ordenada que están por debajo de la abscisa. La curva que se obtiene en la figura 3-1 se la denomina senoide. Un movimiento completo de la espira de nuestro ejemplo, desde 0 hasta 360 grados se denomina ciclo. A la cantidad de ciclos que se cumplen en la unidad de tiempo, o sea en el segundo, se le da el nombre de frecuencia.

El tiempo requerido para completar un ciclo completo se llama período (T), y el número de ciclos completados por segundo se denomina frecuencia (f) de la onda sinusoidal. La frecuencia es la inversa del período:

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

Así, si la espira realiza 10 vueltas completas en un segundo, la frecuencia de la f.e.m. inducida será de 10 ciclos/segundo y el período resulta de 0,1 segundo. Semionda o semiciclo se denomina a cada una de las porciones de una senoide en la cual el sentido de la f.e.m. inducida es el mismo. En el caso de la figura la curva de 0 a 180 grados será el semiciclo positivo y la de 180 a 360 grados será el semiciclo negativo. Cada semiciclo o semionda es una alternancia y por consiguiente un ciclo posee dos alternancias.

Dado que cada ciclo sinusoidal corresponde a 2π radianes, la velocidad angular (ω) en radianes es simplemente 2π veces el número de ciclos completados en cada segundo, o sea $2\pi \times$ frecuencia:

$$\omega = 2\pi f = 6,283 f$$

La corriente alternada producida por las usinas industriales para proporcionar corriente de transmisión de energía es de generalmente 50 ciclos por segundo, y por lo tanto en una corriente de 50 ciclos por segundo se producirán 100 alternancias.

Valor eficaz de CA, Valor Medio Cuadrático o Root-Mean-Square (RMS): Una corriente alternada tiene un valor eficaz de 1 Amper cuando produce la misma cantidad de calor en una resistencia (R), que una corriente continua de 1 Amper sobre esa resistencia. Un voltaje de CA tiene un valor eficaz de 1 volt si da origen a una corriente efectiva de 1 amp en una resistencia de 1 ohm. Los valores eficaces de tensiones y corrientes (E e I respectivamente) de una onda sinusoidal de CA, están relacionados con los valores máximos o valor de pico (E_m e I_m , respectivamente), en la siguiente forma:

$$E = 0,707 E_m \quad e \quad I = 0,707 I_m$$

(Nótese que los valores eficaces no tienen letras en el subíndice).

Fase, ángulo de fase y diferencia de fase: La fracción de ciclo que ha transcurrido desde que una corriente o voltaje ha pasado por un determinado punto de referencia (generalmente en el comienzo o 0°) se denomina fase o ángulo de fase del voltaje o corriente. Más frecuentemente, los términos fase o diferencia de fase se usan para comparar dos o más voltajes o corrientes alternados o voltajes y corrientes de la misma frecuencia, que pasan por sus puntos cero y máximo a diferentes valores de tiempo.

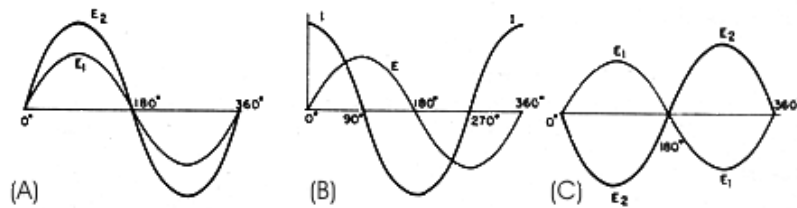


Figura N° 37

(A) Voltajes en fase; (B) la corriente adelanta al voltaje en 90° (C) dos voltajes en oposición de fase.

(En circuitos inductivos o capacitivos de CA, el voltaje y la corriente, si bien son de la misma frecuencia, no transcurren juntos.) Por ejemplo, E_1 y E_2 están en fase, porque pasan por sus puntos cero y máximo en los mismos instantes de tiempo, si bien difieren sus valores máximos. La corriente y voltaje están 90° fuera de fase, dado que sus respectivos valores máximo y cero, están desplazados 90° o $1/4$ de ciclo. La corriente adelanta al voltaje en 90° , porque alcanza su valor máximo (y mínimo) 90° o $1/4$ ciclo antes que el voltaje. Los dos voltajes de la figura están en oposición de fase, o 180° fuera de fase uno de otro, porque sus valores máximo y cero, están desplazados en 180° eléctricos o $1/2$ ciclo.

Corriente alternada en resistencia pura: La corriente en un circuito de CA que contiene solamente resistencia está determinada por la ley de Ohm ($I = E/R$) y está en fase con la fem aplicada (ver Fig. 3-3). Además, en cualquier parte de un circuito de CA que contenga resistencia, la caída de voltaje sobre ésta (V) está en fase corriente (I), y por lo tanto, con la fem aplicada (E).

Corriente y voltaje en resistencia pura

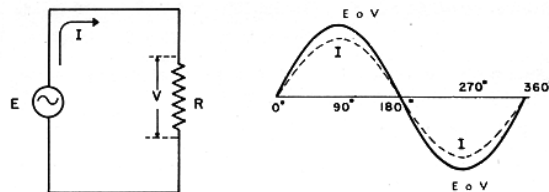


Figura N° 38