

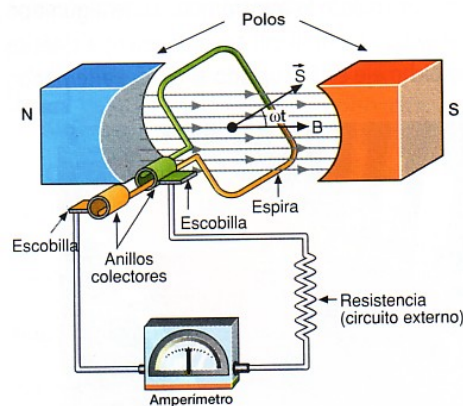
TEMA 6

CORRIENTE ALTERNA

CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE ALTERNA

Un circuito de corriente alterna consta de una combinación de elementos: resistencias, condensadores y bobinas y un generador que suministra la corriente alterna.

Un alternador es un generador de corriente alterna que se basa en la inducción de una f. e. m al girar una espira (o bobina) en el seno de un campo magnético debida a la variación de flujo. Según va girando la espira varía el número de líneas de campo magnético que la atraviesan.



Una f. e. m alterna se produce mediante la rotación de una bobina con velocidad angular constante dentro de un campo magnético uniforme entre los polos de un imán.

$$V = V_0 \text{sen}(\omega t)$$

Frecuencia

La corriente alterna se caracteriza porque su sentido cambia alternativamente con el tiempo. Ello es debido a que el generador que la produce invierte periódicamente sus dos polos eléctricos, convirtiendo el positivo en negativo y viceversa. Este hecho se repite periódicamente a razón de 50 veces cada segundo (frecuencia de la corriente en Europa 50 Hz o ciclos/seg)

La **frecuencia (f)** es el número de ciclos, vueltas o revoluciones que realiza la espira en 1 segundo.

La unidad de frecuencia son los Hertzios (Hz) o ciclos/seg. Sin embargo, es muy común dar la frecuencia en revoluciones por minuto (r. p. m), para realizar el cambio de unidades correspondiente basta con multiplicar por $2 \cdot \pi$ (número de radianes de una vuelta completa) y dividir por 60 (número de segundos que hay en un minuto)

Periodo

Existe otra magnitud, inversa a ésta, que es el **periodo (T)** que es el tiempo que invierte la espira en dar una vuelta.

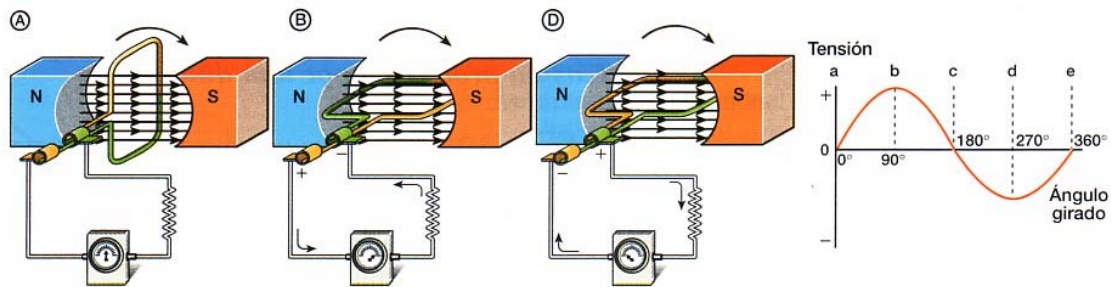
$$f = 1 / T \qquad T = 1 / f$$

La unidad del periodo es el segundo.

Velocidad angular

Como verás ambas magnitudes están relacionadas con la velocidad con que gira la espira (ω) y se pueden determinar aplicando la relación:

$$\omega = 2 \cdot \pi / T \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$



Si analizamos lo que ocurre al dar una vuelta la espira veremos que:

- **En el semiciclo positivo:**
 - Cuando la espira permanece paralela a las caras del imán el flujo es máximo y la f. e. m, y por tanto, la tensión e intensidad son nulas.
 - Al dar el primer cuarto de vuelta el flujo es mínimo y la f. e. m, tensión e intensidad son máximas.
 - En el segundo cuarto de vuelta vuelven a descender hasta cero los valores de f. e. m, tensión e intensidad.

- **En el semiciclo negativo:**
 - En el tercer cuarto de vuelta la f. e. m y por tanto la tensión cambia de signo y la corriente cambia de sentido (las cargas que supongamos se movían hacia la derecha lo harían ahora hacia la izquierda). Se vuelve a alcanzar un valor máximo de tensión e intensidad, el mismo que en el primer cuarto de vuelta pero en sentido opuesto.
 - Al completarse la vuelta con el último cuarto disminuyen de nuevo hasta anularse los valores de f. e. m, tensión e intensidad para volver a comenzar un nuevo ciclo.

Valores instantáneos, máximos y eficaces de tensión e intensidad

Los valores de f. e. m e intensidad varían periódicamente en función de la posición de la bobina respecto a las líneas de campo.

a) en un instante cualquiera

$$V = V_0 \cdot \text{sen}(\omega t) \quad I = I_0 \cdot \text{sen}(\omega t)$$

b) valores máximos (cuando $\text{sen}(\omega t) = 1$)

$$V = V_0 \quad I = I_0$$

c) valores eficaces, correspondientes al 70% del valor máximo

$$V_e = V_0 / 1,41 \quad I_e = I_0 / 1,41$$

Ley de Ohm en corriente alterna

En corriente continua sólo había un valor de V e I constantes ambos, en corriente alterna al aplicar la ley de Ohm lo haremos con los valores máximos de V e I o bien con los valores eficaces.

$$V_e = I_e \cdot Z \quad \text{o bien} \quad V_0 = I_0 \cdot Z$$

Impedancia

La resolución de circuitos en corriente alterna se basa, igual que en corriente continua, en la aplicación de la ley de Ohm, salvo que ahora en lugar de resistencia trabajaremos con impedancia (Z)

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

La impedancia, de alguna forma, se trata de la combinación de las resistencias y reactancias debidas a todos los componentes del circuito:

- R = resistencia óhmica (Ω)
- R_L debida a la bobina = inductancia o reactancia inductiva = $L \cdot \omega$ (Ω)
- R_c debida al condensador = capacitancia o reactancia capacitiva = $1 / C \cdot \omega$ (Ω)

CONEXIÓN DE COMPONENTES EN UN CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA

Para analizar los circuitos de corriente alterna se emplean dos procedimientos, uno geométrico denominado de vectores rotatorios, y otro que emplea los números complejos, si bien nosotros sólo emplearemos el primer método de resolución.

Mediante las representaciones vectoriales la longitud del vector representa la amplitud y su proyección sobre el eje vertical representa el valor instantáneo de dicha cantidad. Los vectores se hacen girar en sentido contrario al las agujas del reloj.

Con letras mayúsculas representaremos los valores de la amplitud y con letras minúsculas los valores instantáneos.

1.- Conexión de una resistencia

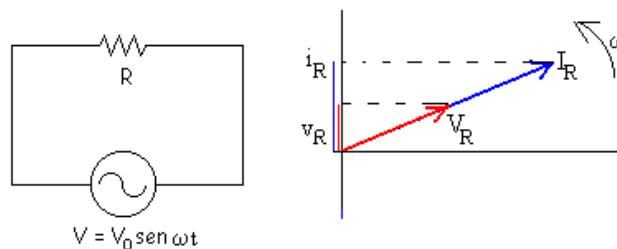
Podemos afirmar que al introducir una resistencia en un circuito:

- 1.- Se introduce una resistencia óhmica R (Ω)

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

- 2.- No se produce desfase alguno entre tensión e intensidad:

En una resistencia, la **intensidad** que la atraviesa I_R y la diferencia de potencial V_R **están en fase**, esto quiere decir que tensión e intensidad alcanzan el valor máximo a la vez (no tiene por qué ser el mismo valor).



A nivel gráfico tensión e intensidad están en fase pues los vectores que representan ambas magnitudes están sobre la misma recta.

2.- Conexión de un condensador

Cuando introducimos un condensador en un circuito de corriente alterna podemos afirmar que:

- 1.- Se genera una reactancia o resistencia debida al condensador.

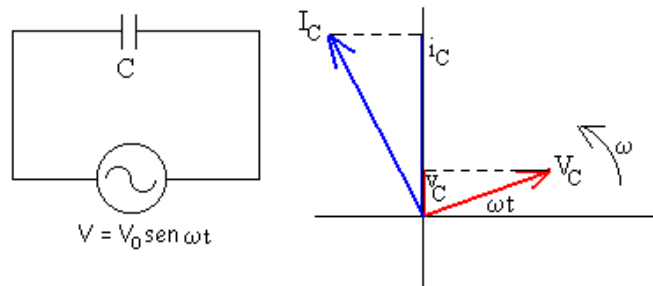
$$R_c = 1 / C \cdot \omega$$

Siendo: C = la capacidad del condensador en faradios

ω = la velocidad con que gira la espira en radianes/segundo.

R_c = capacitancia en ohmios.

2.- Se produce un desfase de 90° , la intensidad va $\frac{1}{4}$ de periodo adelantada respecto a V .



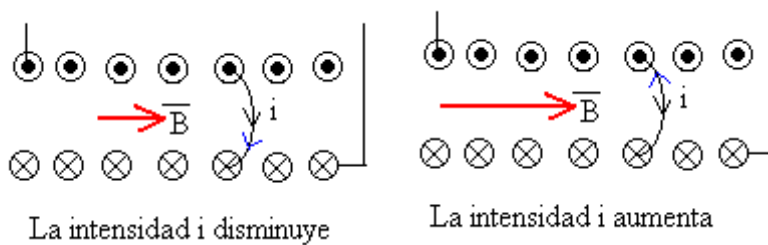
Para un condensador, la **intensidad i_C está adelantada 90°** respecto a la diferencia de potencial v_C . La relación entre sus amplitudes es:

$$I_C = C \omega V_C$$

3.- Conexión de una bobina

Cuando se introduce una bobina en un circuito alimentado por corriente alterna, debido a la variación de la intensidad se genera una variación en el campo magnético en el interior de la bobina y por tanto una variación en el flujo y f. e. m. inducida.

Como puedes ver en la figura que se detalla a continuación, cuando la intensidad de la corriente i cambia con el tiempo, se induce una corriente en el propio circuito (flecha de color azul) que se opone a los cambios de flujo, es decir de intensidad.



Es decir, podemos afirmar que la f. e. m. autoinducida en la bobina V_L siempre actúa en el sentido que se opone a la variación de corriente.

Al introducir una bobina en un circuito:

1.- Se introduce una inductancia o reactancia inductiva, resistencia debida a la bobina que depende de cómo está constituida, coeficiente de autoinducción (L) y de la velocidad angular.

$$R_L = L \cdot \omega$$

Siendo: ω = la velocidad angular en radianes por segundo

L = el coeficiente de autoinducción de la bobina, en Henrios.

R_L = inductancia en ohmios.

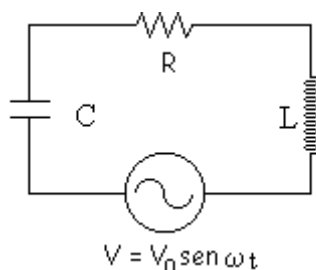
El **coeficiente de autoinducción** de una bobina depende del material con que está hecha (μ), de su longitud (l), del número de espiras (N) y de la sección (s)

$$L = \mu \cdot N^2 \cdot s / l$$

2.- Se produce un desfase de 90° , la intensidad se retrasa $\frac{1}{4}$ de periodo respecto a la tensión, justo al revés que los condensadores.

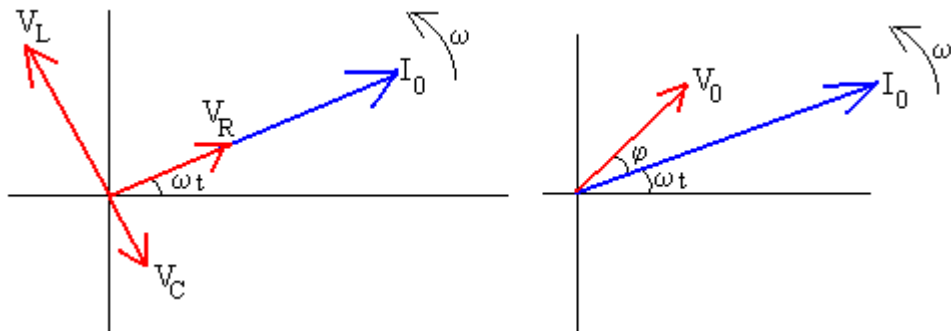
ESTUDIO DE UN CIRCUITO RLC

Vamos a examinar el comportamiento de un sistema formado por los tres elementos bobina, condensador y resistencia dispuestos en serie y conectados a un generador de corriente alterna de amplitud V_0 y frecuencia angular ω .



Dibujamos el diagrama de vectores teniendo en cuenta:

- que la intensidad que pasa por todos los elementos es la misma,
- que la suma (vectorial) de las diferencias de potencial entre los extremos de los tres elementos nos da la diferencia de potencial en el generador de corriente alterna.



El vector resultante de la suma de los tres vectores es:

$$V_0 = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = I_0 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

Se denomina **impedancia** del circuito al término:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

La impedancia, de alguna forma, se trata de la combinación de las resistencias debidas a todos los componentes del circuito:

- R = resistencia óhmica (Ω)
- R_L debida a la bobina = inductancia o reactancia inductiva = $L \cdot \omega$ (Ω)
- R_c debida al condensador = capacitancia o reactancia capacitiva = $1 / C \cdot \omega$ (Ω)

De modo que se cumpla una relación análoga a la de los circuitos de corriente continua (Ley de Ohm)

$$V_0 = I_0 \cdot Z$$

POTENCIA DE UN CIRCUITO

La potencia suministrada por el generador de corriente alterna es

$$P = i \cdot v = V_0 \cdot I_0 \cdot \text{sen}(\omega t) \cdot \text{sen}(\omega t - \varphi)$$

Esta magnitud es una función complicada del tiempo que no es útil desde el punto de vista práctico. Lo que tiene interés es el promedio de la potencia sobre un periodo T.

En circuitos de corriente alterna nos pueden preguntar por tres tipos de potencia:

1.- La potencia activa o media:

$$P = V_e \cdot I_e \cdot \cos\varphi \text{ (en vatios, w)}$$

Observarás que hemos de trabajar con valores eficaces tanto de tensión como de intensidad.

Al valor **cosφ** se le denomina **factor de potencia** y **φ** es el ángulo que forma el vector resultante de longitud V_0 con el vector que representa la intensidad I_0 es:

$$\cos\varphi = R / Z$$

El factor de potencia (cosφ) resulta vital para controlar su valor minimizando las pérdidas que energéticas que puedan producirse. El factor de potencia se considera bueno si está comprendido entre 0,8 y 0,9.

2.- La potencia aparente:

Se puede establecer una clara analogía con corriente continua, ya que si estamos ante un circuito formado únicamente por resistencias óhmicas el factor de potencia valdrá 1.

$$P = V_e \cdot I_e \text{ (en voltamperios, VA)}$$

En circuitos puramente inductivos o puramente capacitivos la potencia aparente es nula ya que el factor de potencia es cero.

3.- La potencia reactiva o fluctuante:

$$P = V_e \cdot I_e \cdot \text{sen}\varphi \text{ (en voltamperios reactivos VAR)}$$

RESONANCIA O CIRCUITO OSCILANTE

Al introducir una bobina o un condensador en un circuito de corriente alterna se produce un desfase φ entre V e I en sentidos opuestos.

Un circuito se dice que es oscilante o que está en condiciones de resonancia cuando el ángulo de desfase φ es cero, para ello se tiene que cumplir que el desfase entre tensión e intensidad que introduce la bobina y el condensador sean iguales

Para que un circuito estén en fase V e I , circuito oscilante, es necesario introducir en serie una bobina y un condensador de la misma reactancia:

$$R_L = R_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$