

# APUNTES DE CORRIENTE ALTERNA

## 1º- CORRIENTE ALTERNA

Se denomina corriente alterna a toda corriente eléctrica que cambia de polaridad periódicamente, pero en la práctica toma este nombre la corriente alterna de tipo senoidal:

$$e = E_{\max} \cdot \text{sen}(w \cdot t) \quad e = \text{Voltaje instantáneo} \quad \varphi = \text{desfase}$$
$$i = I_{\max} \cdot \text{sen}(w \cdot t + \varphi) \quad i = \text{Intensidad instantánea} \quad w = \text{pulsación}$$

E<sub>max</sub> e I<sub>max</sub> = valores máximos      t = variable tiempo

Estas dos expresiones nos indicarían los valores instantáneos que tomarían la tensión y la intensidad en un circuito sometido a corriente alterna. Para cada una de ellas se genera una grafica de representación senoidal en la que la onda se repite periódicamente a lo largo del tiempo. Para concretar esta repetición definimos:

- Frecuencia (f) : Es el número de veces que se repite la onda en la unidad de tiempo. Se mide en ciclos/s o hercios (Hz).
- Periodo (T) : Es el tiempo que tarda cada electrón en modificar y volver a recuperar el sentido de su movimiento. El tiempo en segundos que tarda en desarrollarse un ciclo completo y su valor es el inverso de la frecuencia.
- Pulsación (w) : Es la velocidad en radianes por segundo con la que gira el inducido del generador de corriente alterna que genera la onda senoidal que aparece en el circuito.

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

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

$$w = 2\pi f$$

## 2º-VENTAJAS DE LOS CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

- La corriente alterna es más fácil de producir en alternadores a partir de un movimiento de giro.
- Usando el transformador podemos, conservando la potencia, variar la tensión de las líneas para conseguir unas menores pérdidas por efecto Joule.
- Al no presentar polaridad las conexiones son más simples.
- 

## 3º- CÁLCULO DE MAGNITUDES EN CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

Para hacer cálculos en corriente alterna hay que trabajar con funciones seno variables en el tiempo, lo que implica la realización de complejas integrales y derivadas que lentifican y dificultan el cálculo.

Para facilitar el trabajo con estas magnitudes se utilizan trucos de cálculo, el más usual es utilizar una aplicación biyectiva y hacer corresponder a la magnitud senoidal un fasor. El fasor es un vector giratorio con modulo igual al valor eficaz de esta magnitud senoidal, con ángulo igual al de fase de dicha magnitud y que gira a una velocidad angular igual a la pulsación ( $\omega$ ).

La proyección vertical del fasor giratorio multiplicado por  $\sqrt{2}$  nos da en cada instante el valor instantáneo de la magnitud considerada.

$$\begin{aligned} e &= E_{\max} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t) & \longleftrightarrow & \quad \bar{E} = E_{/0} \\ i &= I_{\max} \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi) & & \quad \bar{I} = I_{/\varphi} \end{aligned}$$

Dentro de la definición de fasor hay que considerar dos términos que definimos en profundidad:

**\*Valor eficaz:** Se entiende por valor eficaz de una corriente alterna (tanto para tensión como para intensidad) aquel valor que debería tener una corriente continua para producir la misma energía en las mismas condiciones ( mismo tiempo y misma resistencia).

$$E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}} \qquad I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

**\*Desfase:** ( $\varphi$ ) : Sucede que en ocasiones tensión e intensidad no alcanzan los valores máximos y mínimos a la vez, si no que la intensidad adelanta o retrasa con respecto a la tensión. Este desfase se produce por la existencia en el circuito de elementos que plantearan impedancias inductivas (bobinas) o capacitivas (condensadores).

## **4º- LEYES DE COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS PASIVOS EN UN CIRCUITO ELECTRICO.**

**Resistencia:** Disipa la energía eléctrica en forma de calor y/o luz. Su comportamiento al relacionar voltaje e intensidad es lineal, según la ley de Ohm.

$$V = I \cdot R$$

$$\text{Energía disipada} \rightarrow E = R \cdot I \cdot t$$

Nota: en las dos formulas expuestas nos referimos a V y I como valores eficaces para la señal alterna.

Un circuito de corriente alterna en el que únicamente exista resistencia no produce desfase entre la tensión y la intensidad. Los valores máximos de ambas se alcanzan simultáneamente.

**Bobina:** Este elemento almacena energía eléctrica en forma de campo magnético, pero no disipa o consume ninguna energía. La variación de intensidad en la bobina nos produce una fuerza electromotriz autoinducida que hace que la intensidad se retrase con respecto a la tensión.

Voltaje que se induce en una bobina depende de la variación de la intensidad en la misma ( en corriente continua como la intensidad no varia no se induce ningún voltaje ) y de las características constructivas del elemento nos dan su coeficiente de auto inducción L que se mide en Henrios.

$$v = L \cdot \frac{di}{dt}$$

Las bobinas se realizan arrollando el material conductor en un núcleo de hierro dulce, con lo que la variación de intensidad que produce el campo magnético. Los motores eléctricos presentan un fuerte carácter inductivo.

**Condensador:** Este elemento almacena energía eléctrica en forma de campo eléctrico, pero no disipa o consume ninguna energía. El elemento va ganando carga según sea la tensión entre sus extremos y su capacidad.

Un condensador puro se compone de dos placas metálicas separadas por un elemento no conductor, esto se comporta como un interruptor para una corriente continua. Pasaría intensidad hasta que las placas del condensador se polaricen con el voltaje de la pila y ganen la carga que les corresponda según su capacidad. Tras esto la corriente deja de circular.

Un condensador se caracteriza por su capacidad, que depende de sus características constructivas, que relaciona la cantidad de carga que se acumula en el condensador con el voltaje establecido entre sus extremos:

$$Q = C \cdot V$$

La capacidad de un condensador se mide en faradios. Un condensador con capacidad de un faradio almacena un culombio de carga al someterlo a una diferencia de potencial de un voltio.

La variación de voltaje en una corriente alterna produce una variación de carga en el condensador. Esto hace que la intensidad de corriente adelante a la tensión al aplicar una señal senoidal. El voltaje en el condensador será:

$$i = C \cdot \frac{dv}{dt} \quad \rightarrow \quad v = \frac{1}{C} \cdot \int i \cdot dt$$

## **5º- IMPEDANCIA DE UN CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA**

Los elementos de un circuito eléctrico de corriente alterna no se comportan nunca como una resistencia, bobina y condensador puros. Se caracterizan por su impedancia (equivalente a la resistencia en corriente continua ) que es un número imaginario con una parte real (resistencia) debida a la resistencia y una parte imaginaria (reactancia) que será positiva si tiene componente inductivo y será negativa si tiene componente capacitivo.

Impedancia capacitiva ( debida al efecto condensador)  $\rightarrow$   $X_C = -\frac{1}{\omega C} j$

Impedancia inductiva ( debida al efecto bobina) $\rightarrow$   $X_L = L\omega j$

Resistencia Ohmica ( debida al efecto de la resistencia) → R

Impedancia ( número complejo )→  $\boxed{\bar{Z} = R \pm X = Z_{\varphi}}$

Para calcular la impedancia los valores de la resistencia en ohmios del circuito se toman como parte real, para hallar la reactancia se aplican a las formulas anteriores los valores de capacidad de los condensadores ( C ) y de la reactancia ( L ) de las bobinas.

Si en el circuito predomina el efecto inductivo la reactancia será positiva, el ángulo de la impedancia ( + $\varphi$  ) será positivo y en el circuito la intensidad retrasa con respecto al voltaje. En el caso de predominar el efecto capacitivo la reactancia será negativa, el ángulo de la impedancia ( - $\varphi$  ) será negativo y en el circuito la intensidad adelanta con respecto al voltaje.

## **6º- LEY DE OHM EN LOS CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA**

Los cálculos de los circuitos de corriente alterna son muy similares a los de corriente continua pero considerando números complejos en vez de números reales. La ley de Ohm para cualquier circuito de corriente alterna se cumple igual que en los circuitos de corriente continua.

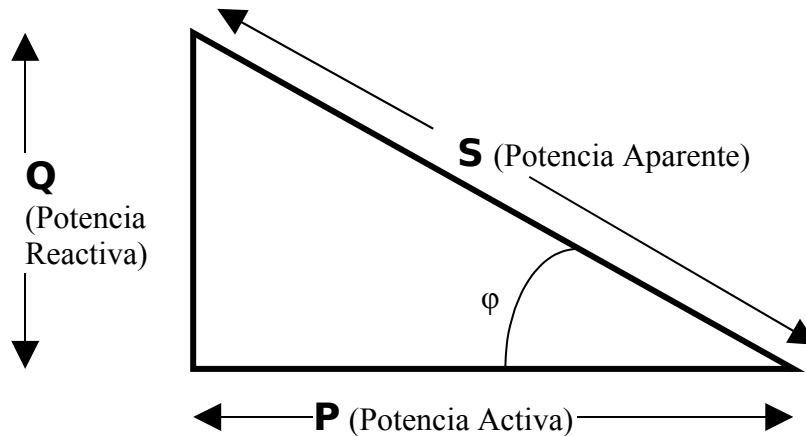
Hay que tomar un referencia de fase que suele ser el fasor de tensión, por eso su ángulo es 0. Para hallar la intensidad dividimos el voltaje entre dos puntos del circuito por la impedancia entre esos dos puntos. De esta formula podemos sacar las siguientes conclusiones:

$$I_{/-\varphi} = \frac{V_{/0}}{Z_{/\varphi}}$$

- La impedancia es el número complejo que define el circuito y nos marca la relación entre tensión e intensidad.
- El ángulo del complejo impedancia será positivo en el caso de que la parte imaginaria de este número sea positiva, lo que se da en un circuito inductivo donde predomina el efecto de las bobinas. En estos circuitos la intensidad retrasa (- $\varphi$ ) con respecto a la tensión un ángulo igual al de la impedancia.
- El ángulo del complejo impedancia será negativo en el caso de que la parte imaginaria de este número sea negativo, lo que se da en un circuito inductivo donde predomina el efecto de los condensadores. En estos circuitos la intensidad adelanta (+ $\varphi$ ) con respecto a la tensión un ángulo igual al de la impedancia.
- Si el ángulo de la impedancia es cero, no existen bobinas y/o condensadores en el circuito o existiendo sus efectos se compensan. De forma que la resistencia ohmica es la única que actúa. En este caso la intensidad esta en fase con la tensión.

## **7º- POTENCIA EN LOS CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA**

La potencia en corriente alterna es un número complejo S ( Potencia aparente ) con una parte real P ( Potencia activa ) y una parte imaginaria Q ( Potencia reactiva ).



La **potencia aparente** no es un número complejo que se obtiene multiplicando la tensión por la intensidad en su valor conjugado. Se mide en voltio-amperios (VA) y no es un valor con representación física real.

$$S_{/\varphi} = V_{/0} \cdot (I_{/-\varphi})^* = P \pm Qj$$

La **potencia activa** es la parte real de la potencia aparente. En un circuito es la que realmente se consume en las resistencias. Se mide en vatios (W).

$$P = S \cdot \cos \varphi = V \cdot I \cdot \cos \varphi = R \cdot I^2$$

La **potencia reactiva** es la parte imaginaria de la potencia aparente. En un circuito no se consume, pero se mantiene latente en forma de campos magnéticos y eléctricos. Se mide en voltio-amperios-reactivos (VAR). Será positiva si en el circuito predomina el efecto inductivo y negativa en el caso de predominar el capacitivo.

$$Q = S \cdot \sen \varphi = V \cdot I \cdot \sen \varphi = X \cdot I^2$$

## **8º- FACTOR DE POTENCIA**

La corriente alterna la única energía que se consume es la activa que se obtiene multiplicando los valores eficaces de tensión e intensidad por el coseno del ángulo de desfase entre la tensión y la intensidad ( $\cos \varphi$ ).

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

A este último componente se le llama “factor de potencia”. Es un número entre 0 y 1, su valor es el mismo para un ángulo positivo o negativo y será 1 para circuitos puramente resistivos.

El factor de potencia de una instalación nos permite conocer la cantidad de desfase entre la tensión y la intensidad. Es mayor para un factor de potencia pequeño. En los circuitos de baja tensión predomina el efecto inductivo debido a los motores y a las lámparas de descarga, para aumentar el factor de potencia en las ocasiones en que el desfase entre tensión e intensidad es muy alto se colocan condensadores en paralelo a la entrada de los circuitos.

## 9º- RESONANCIA

Como el componente imaginario de la impedancia, la reactancia X, varía con la frecuencia de la corriente alterna que pongamos. Para un valor determinado de voltaje al cambiar la frecuencia obtendremos la máxima intensidad para una impedancia de un circuito.

Como la componente real “R” de la impedancia no depende la frecuencia, siempre será el mismo. El valor del modulo del complejo “Z” es el mas pequeño cuando la parte imaginaria “X” sea nula, en ese caso “Z=R”. Al tener una “Z” pequeña el valor de la intensidad será más grande al aplicar la ley de Ohm.

Cuando la componente inductiva de la reactancia debida a las bobinas del circuito y la componente capacitiva debida a los condensadores sean iguales, la reactancia se anula y esto de consigue en la frecuencia de resonancia del circuito ( $\omega_0$ ):

$$X_L - X_C = 0 \Rightarrow L \cdot \omega_0 - \frac{1}{C \cdot \omega_0} = 0 \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

## 10º- TRABAJO CON NÚMEROS COMPLEJOS

Un número complejo A es de la forma  $a + jb$ , donde a y b son números reales y j es la unidad imaginaria ( $j=-1$ ). Al número real “a” se le llama parte real y se dibuja en el eje de abscisas. A la parte “jb” se la llama parte imaginaria y se dibuja sobre el eje de ordenadas.

La raíz cuadrada de un número real negativo es un número imaginario, se representan con la unidad imaginaria j.  $\sqrt{-2} = j \cdot \sqrt{2}$

Los números complejos se suelen representar de dos formas, la forma polar  $\Rightarrow A \pm \varphi$  y la forma rectangular.

Paso de Polar a  $\bar{A} = A \pm \varphi = a \pm jb$  rectangular Rectangular  $\Rightarrow a \pm jb$

Paso de rectangular a polar

$$A = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$a = A \cdot \cos \varphi$$

$$\varphi = \arctg \frac{b}{a}$$

$$b = A \cdot \text{sen} \varphi$$

La suma y resta de números complejos se realiza en forma rectangular sumando y restando sus partes reales e imaginarias independientemente:

$$(4 + j8) + (2 - j2) = 6 + j6 = 8.48 / 45$$

La multiplicación de complejos se realiza en forma polar, multiplicando los módulos y sumando los ángulos.

$$4 / 20 \bullet 4 / 12 = 16 / 32 = 13,56 + j8,47$$

La división de complejos se realiza en forma polar, dividiendo los módulos y restando los ángulos.

$$\frac{20 / 45}{5 / 15} = 4 / 30 = 3,46 + j2$$

El conjugado de un número complejo en forma polar es el complejo con igual módulo y signo del ángulo contrario.

$$\bar{A} = 45 / 30 \xrightarrow{\text{conjugado}} \bar{A}^* = 45 / -30$$