

.CORRIENTE ALTERNA. CIRCUITOS EN CORRIENTE ALTERNA

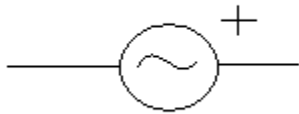
RESPUESTAS A LA CORRIENTE ALTERNA DE LOS ELEMENTOS PASIVOS DE UN CIRCUITO

Un circuito eléctrico se caracteriza por una o más “fuentes” interconectadas con uno o más receptores o “sumideros” de energía eléctrica.

Las fuentes o generadores son los elementos que suministran energía al circuito eléctrico. Utilizaremos dos tipos, la fuente de tensión y la fuente de intensidad. Cada uno de ellos se puede a la vez subdividir en otros dos, reales y ideales. Dentro del grupo de las fuentes ideales se podría hacer una distinción más, entre **independientes** y **dependientes**. Para explicar los elementos activos independientes nos vamos a referir a fuentes de continua, pero la generalización no representa ninguna dificultad.

Las fuentes ideales entregan, bien una tensión constante o bien una corriente constante. La representación de las fuentes ideales mencionadas es la que se indica:

Fuente de tensión alterna ideal



$$v(t) = V_o (\sin \omega t + \theta)$$

Fuente de intensidad alterna ideal



$$i(t) = I_o (\sin \omega t + \theta)$$

Fuente de tensión ideal:

Es aquella que produce una diferencia de potencial entre sus terminales constante e independiente de la intensidad que es capaz de suministrar a un circuito exterior.

Fuente de intensidad ideal:

El parámetro característico de la fuente es $i(t)$, el cual es dependiente de la tensión entre sus terminales.

Los componentes individuales que forman la parte receptora de una red eléctrica se llaman elementos o parámetros de circuito. Las relaciones entre tensiones y corrientes en los elementos de circuito se han establecido sobre bases experimentales. Existen tres tipos de interrelaciones y, por ello, es necesario definir tres tipos de elementos de circuito.

Las interrelaciones y sus correspondientes tipos de elementos de circuito son las siguientes:

A) Resistencia:

Este tipo de elemento de circuito requiere una tensión directamente proporcional a la corriente que atraviesa al elemento. La constante de

proporcionalidad recibe el nombre de resistencia. Esta constante o parámetro está íntimamente relacionada con la disipación de energía en forma de calor (efecto Joule) en el circuito.

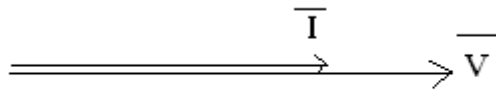


Las relaciones tensión-corriente, en valores instantáneos y con carácter complejo, para este elemento, son las que se indican:

$$v(t) = R i(t)$$

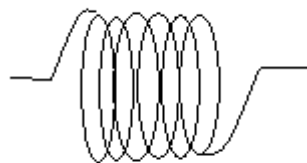
$$V = R I$$

y como la tensión y la intensidad están en fase, el diagrama fasorial correspondiente es:



B) Inductancia:

Otro tipo de elemento de circuito, Bobina, requiere una tensión directamente proporcional a la derivada con respecto al tiempo de la corriente. La constante de proporcionalidad es la inductancia L (parámetro asociado al campo magnético del circuito). La energía inductiva o energía magnética reaparece en el circuito cuando la corriente queda reducida a cero, es decir, al abrir el circuito.



L , Bobina

$$V = L \, di/dt$$

Si es $i = I_o \, \text{sen}(wt + \varphi)$, la relación anterior se escribe

$$v = I_o \, Lw \cos (wt + \varphi) = I_o \, Lw \text{sen} (wt + \varphi + \pi/2)$$

Por consiguiente, la tensión en una inductancia adelanta a la corriente en $\pi/2$.

Al término Lw se le da el nombre de reactancia inductiva, que, naturalmente, se mide en ohmios. La reactancia inductiva se denota por X_L .

$$X_L = L w$$

La relación tensión-corriente, en valores, se expresa:

$$V = X_L I$$

y con notación compleja,

$$V = j X_L I$$

El diagrama fasorial correspondiente es:

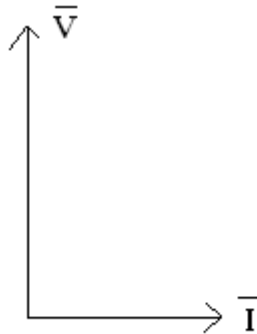
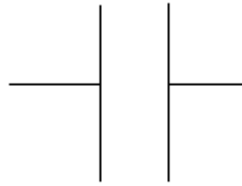


Diagrama fasorial

C) Capacidad:

El tercer tipo de elemento, Condensador, de circuito requiere una corriente proporcional a la derivada con respecto al tiempo de la tensión. La constante de proporcionalidad recibe el nombre de capacidad (parámetro asociado al campo

eléctrico del circuito). La energía capacitiva o electrostática reaparece en el circuito cuando la tensión queda reducida a cero, es decir, al cortocircuitar.



Utilizando un procedimiento similar a los desarrollados en los casos A) y B) se tienen las siguientes relaciones:

$$I(t) = C (dv/dt)$$

o bien,

$$v = 1/C \int i dt$$

$$v = -1/C\omega I_o \cos(\omega t + \phi) = +1/C\omega I_o \sin(\omega t + \phi - \pi/2)$$

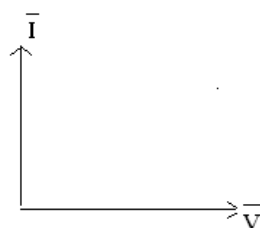
Por consiguiente, la tensión en una capacidad se retrasa con respecto a la corriente en $\pi/2$ radianes.

Al término $1/C\omega$ se le da el nombre de reactancia capacitiva, se denota por X_C y se mide en ohmios. Como se verá en el Tema 18, en problemas de transferencia de potencia, es útil considerar que la reactancia capacitiva es negativa (al contrario que la reactancia inductiva, que es siempre una cantidad positiva). En definitiva, la reactancia capacitiva la expresamos:

$$X_C = +1/C\omega - 1/C\omega$$

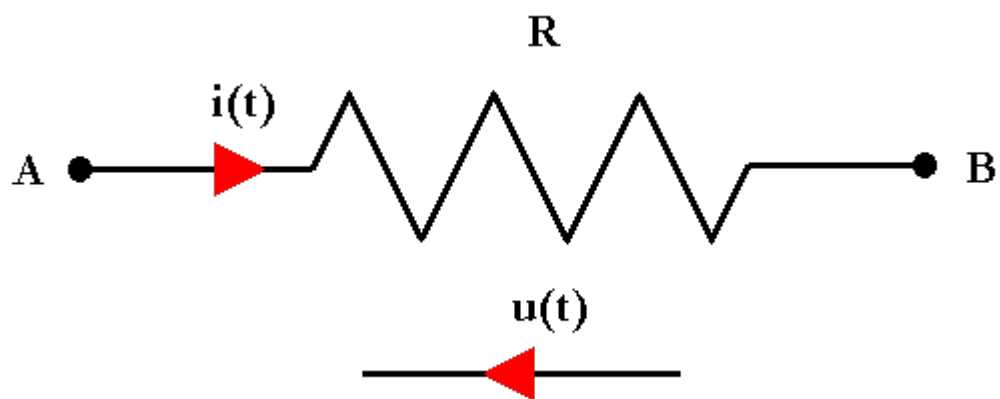
$$V = -X_C I$$

$$V = +j X_C I = +(-j/C\omega) I (-j/C\omega) I$$

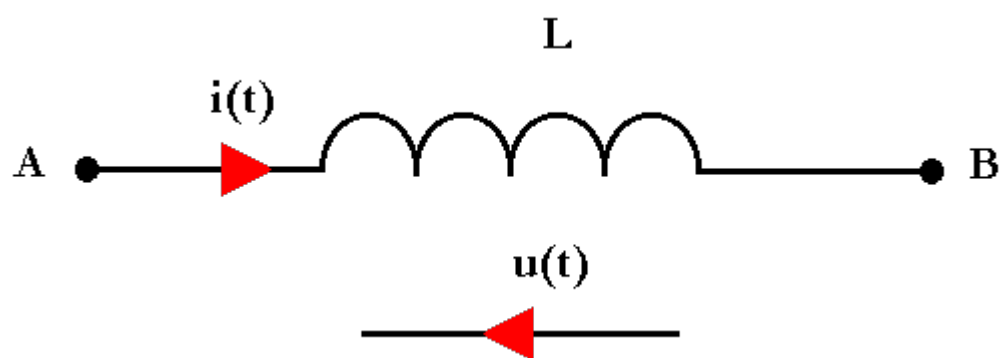


A continuación se resume las relaciones básicas para los tres parámetros fundamentales de un circuito de corriente alterna.

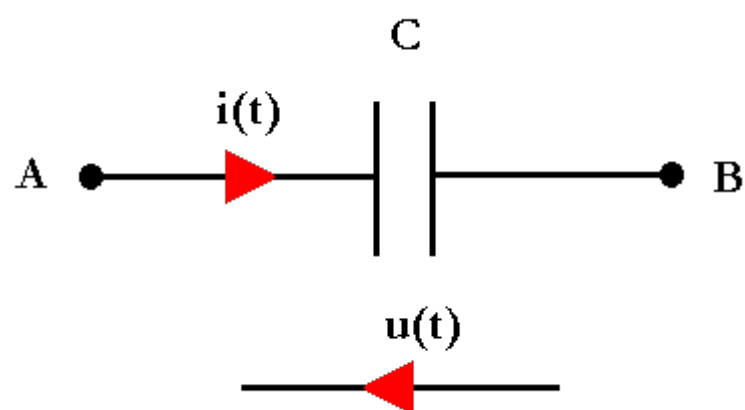
Resistencia:



Bobina:



Condensador:



<u>ELEMENTO</u>	Resistencia (R)	Bobina (L)	Condensador (L)
<u>RELACION v-i</u>	$v = R i$	$v = L (di/dt)$	$v = 1/C \int i dt$
<u>EN REGIMEN PERMANENTE</u>	$V = R I$	$V = 0$	$I = 0$
<u>RESISTENCIA O REACTANCIA</u>	R	$X_L = L\omega$	$X_C = -1/C\omega$
<u>IMPEDANCIA</u>	$Z = R + j 0$	$Z = j L\omega = j X_L$	$Z = -j/C\omega$
<u>RELACION V - I</u>	$V = R I$	$V = j L\omega I$	$V = -j/C\omega I$

Elementos pasivos reales:

En la práctica no existen elementos ideales, es decir, elementos en los que aparezcan los efectos de resistencia o capacidad absolutamente puros, lo que suele haber son elementos en los que dichos efectos se manifiestan combinados, si bien, alguno de ellos puede sobresalir entre los demás.

En la resolución de problemas consideramos los elementos como ideales.

IMPEDANCIA COMPLEJA. ANALISIS DE UN CIRCUITO SERIE R- L - C.

La impedancia compleja Z de un elemento o de un grupo de elementos de circuito se define como el cociente entre la tensión aplicada y la intensidad de corriente absorbida (ambas magnitudes con carácter complejo).

$$Z = V/I = R + j X$$

La parte real de la impedancia compleja es la resistencia R y la parte imaginaria la reactancia X. La resistencia es siempre positiva, mientras que la reactancia puede ser positiva o negativa según que, respectivamente, sea inductiva o capacitiva.



Para cada uno de los tres elementos básicos la impedancia compleja es la que se ha indicado en el resumen de la página anterior.

La admitancia compleja Y es la inversa de la impedancia compleja. Por tanto se tienen las siguientes relaciones:

$$Y = 1/Z = I/V = G + j B$$

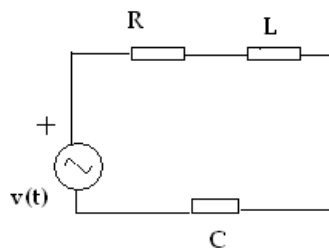
La parte real de la admitancia compleja recibe el nombre de conductancia G y la parte imaginaria se denomina susceptancia B . La conductancia es una cantidad siempre positiva, mientras que la susceptancia puede ser positiva o negativa según que, respectivamente, sea capacitiva o inductiva.

Admitiremos la validez de las leyes de Kirchhoff en redes de corriente alterna, si bien, las corrientes y voltajes deberán estar expresados por sus valores instantáneos o, lo que es más común en régimen sinusoidal, con carácter complejo. Realmente, las leyes citadas son aplicables a cualquier régimen de los denominados “cuasi-estacionarios”, que comprenden los periódicos y los transitorios. Lógicamente, admitir la validez de las leyes de Kirchhoff obliga a admitir también la de todos los métodos de análisis de circuitos derivados de ellas, tales como mallas, nudos, etc.

El concepto de impedancia equivalente es, simplemente, una generalización del ya estudiado de resistencia equivalente en redes de corriente continua. Es inmediato probar que la impedancia equivalente de varios elementos asociados en serie es la suma de las impedancias individuales de estos elementos (suma compleja). Análogamente, la impedancia equivalente de varios elementos conectados en paralelo es el inverso de la suma de los inversos de las impedancias individuales (estando todas las impedancias expresadas en forma compleja).

Estudiaremos, a modo de ejemplo, un circuito R-L-C serie y sobre él revisaremos conceptos tratados en este tema, tales como diagramas vectoriales, notación compleja, etc.

El planteamiento normal en un circuito como el indicado sería, conocidos los parámetros R , L y C , el valor eficaz de la tensión aplicada (fuente ideal de tensión alterna sinusoidal) y la frecuencia o pulsación de la excitación, determinar el valor eficaz de la intensidad de corriente y el desfase entre la tensión y la corriente.



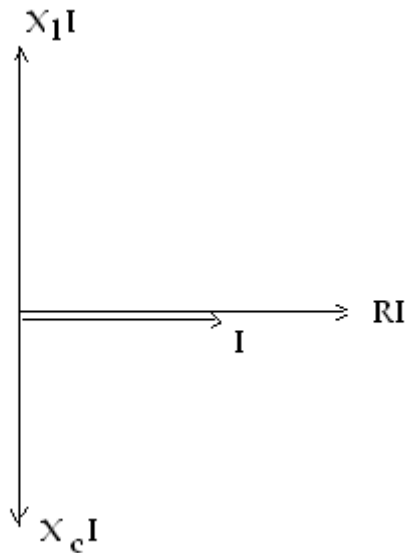
Circuito R,L,C serie

La intensidad de corriente se ha tomado con fase inicial cero por conveniencia (ya se dijo que es lo usual en circuitos serie). La segunda ley de Kirchhoff, para este circuito, se expresa:

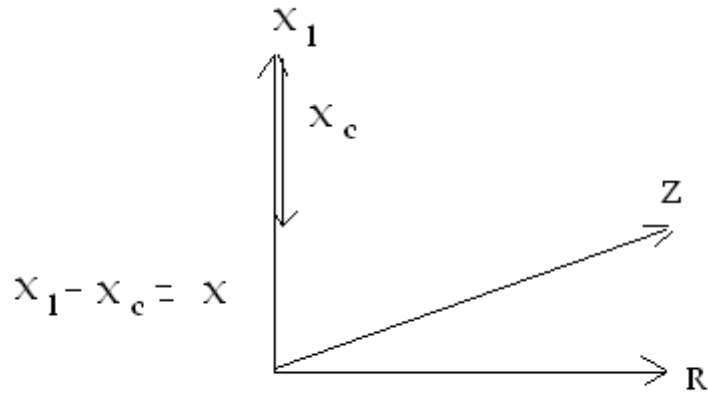
$$V = V_R + V_L + V_C$$

$$ZI = RI + j X_L I + j X_C I$$

Las relaciones las podemos traducir gráficamente a un diagrama fasorial



El diagrama de la Figura . 13.6 es, evidentemente, un diagrama en términos de tensiones. Si dividimos por I obtenemos lo que suele denominarse “triángulo de impedancias”, que tiene una utilidad nemotécnica. Se representa en la Figura.



La intensidad de corriente es:

$$I = V/Z = [V/(R^2 + X^2)^{1/2}] = V/[R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2]^{1/2}$$

Y el desfase entre tensión y corriente:

$$\varphi = \arctan (L\omega - 1/C\omega) / R$$

El diagrama fasorial que se ha representado corresponde a un circuito predominante inductivo, es decir, la tensión adelanta a la intensidad (la reactancia

$$X = X_L - X_C \quad \text{es positiva.}$$

Empleando la notación compleja, el procedimiento es algo más ágil:

$$V = V \angle \varphi$$

$$I = I \angle 0^\circ$$

$$I = V/Z$$

$$Z = R + j(X_L + X_C) = R + j(L\omega - 1/C\omega) = Z \angle \varphi$$

REDUCCION DE UNA RED. CIRCUITOS SERIE – PARALELO

Como ya se ha dicho los métodos de análisis estudiados en circuitos en régimen permanente (corriente continua) son aplicables al caso de redes de corriente alterna sinusoidal. Resumimos los más importantes:

LEYES DE KIRCHHOFF.-

$$\sum I = 0$$

$$\sum E = \sum Z \cdot I$$

METODO DE MALLAS.-

$$[Z] [V] = [I]$$

ASOCIACION DE IMPEDANCIAS.-

** En serie.- $Z = \sum Z_i$

** En paralelo.- $1/Z = \sum 1/Z_i$

TRANSFORMACION ESTRELLA-TRIANGULO.-

$$Z_1 = (Z_A \cdot Z_B + Z_B \cdot Z_C + Z_A \cdot Z_C) / Z_A$$

$$Z_A = Z_2 \cdot Z_3 / Z_1 + Z_2 + Z_3$$

Todas las impedancias de las fórmulas anteriores con carácter complejo (se ha omitido la notación compleja por comodidad).

EQUIVALENCIA DE FUENTES.-

Análogo a lo explicado en corriente continua, sin más que considerar, en fuentes de tensión, impedancia interna (compleja) en lugar de resistencia interna y admitancia interna (compleja), en fuentes de corriente.