Electrotecnia 2º Bachillerato

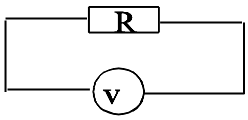
Corriente alterna

Leyes de la corriente alterna.
Aceptaremos como válidas las leyes de la corriente continua aplicadas a valores instantáneos de corriente alterna.
- En un circuito sin ramificaciones, la intensidad instantánea de corriente es la misma en todos los puntos.
- La suma algebraica de los valores instantáneos de la intensidad en un nudo es cero.
- La suma de las variaciones de potencial en un instante dado a lo largo de un circuito cerrado es cero.

Estas afirmaciones no son válidas para los valores máximos y eficaces de la intensidad y el voltaje.
Estudio de circuitos: A partir de estos principios vamos a determinar la intensidad, la diferencia de potencial y la potencia disipada al conectar uno o varios elemento pasivos, resistencia, bobina, condensador o una asociación de varios de ellos cuando se les somete a un voltaje variable sinusoidal.

Circuito con resistencia óhmica.

Cálculo de i, P y P_m por una R conectada a una señal alterna



Relación i=f(R) para una resistencia
Consideremos una resistencia R sometida a un voltaje v tal que $v = V_o \text{ sen } \omega t$
Aplicando las leyes de de Kirchoff al circuito $v - R\cdot i = 0$
Despejando $i = v / R$ resulta

$$\boxed{i = (V_o / R)\cdot \text{sen } \omega t}$$

siendo $\boxed{V_o/R = I_o}$ la máxima intensidad que circula por la resistencia

$$\boxed{i = I_o \cdot \text{sen } \omega t}$$

La intensidad que circula por una resistencia y el voltaje al que se encuentra sometida están en fase.

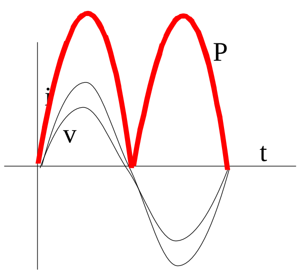
Potencia instantánea

$$P = v\cdot i = (V_0 \cdot sen\omega\cdot t)\cdot\left(\frac{V_0}{R}\cdot sen\omega\cdot t\right) = \frac{V_0{}^2}{R}\cdot sen^2\omega\cdot t = \frac{V_0\cdot I_0}{2}\cdot(1-2\cdot\cos 2\omega\cdot t)\ (1)$$

En el último paso hemos utilizado el valor del coseno del ángulo duplo

$$\cos 2\Phi = \cos^2\Phi - sen^2\Phi = (1-sen^2\Phi) - sen^2\Phi = 1-2\cdot sen^2\Phi$$

Observando la ecuación (1) se ve que la potencia instantánea es siempre positiva y varía de forma pulsante con frecuencia doble de la correspondiente a la de la señal alterna



Potencia media disipada por una resistencia
Para el cálculo de la potencia media calculemos la energía disipada en un instante de tiempo, $dW = v \cdot i \cdot dt$, sumenos a lo largo de un período y dividamos por T para obtener el valor medio

$$P_m = \frac{1}{T}\int_{t=0}^{t=T} v\cdot i\cdot dt = \frac{1}{T}\cdot\int_{t=0}^{t=T}\frac{V_0\cdot I_0}{2}\cdot\left(1-2\cos\omega\cdot t\right)\cdot dt =$$

$$= \frac{1}{T}\cdot\frac{V_0\cdot I_0}{2}\left(\int_{t=0}^{t=T}1\cdot dt + \int_{t=0}^{t=T}2\cdot\cos 2\omega\cdot t\cdot dt\right) = \frac{1}{T}\cdot\frac{V_0\cdot I_0}{2}\left(T+0\right) =$$

$$= \frac{V_0\cdot I_0}{2} = \frac{V_0\cdot I_0}{\sqrt{2}\cdot\sqrt{2}} = V_{ef}\cdot I_{ef}$$

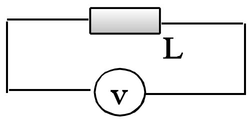
La potencia media disipada por una resistencia viene dada por la expresión (2) si definimos valores eficaces de una corriente aquellos que disiparían la misma energía si la corriente fuera constante. En el caso de la corriente alterna sinusoidal resulta

$$\boxed{P_m = V_{ef}\cdot I_{ef}}$$

$$\boxed{V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}} \qquad \boxed{I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}}$$

Circuito con autoinducción pura:

Cálculo de i, P y P_m en un circuito con una bobina L conectada a una señal alterna



Consideremos una autinducción conectada a una señal alterna $\boxed{v = V_o \text{ sen } \omega t}$

Apliquemos las leyes de Kirchoff al circuito $\boxed{v - L\cdot di/dt = 0}$

Resolvamos la ecuación para calcular la intensidad que circula

$$V_0\cdot sen\omega\cdot t - L\cdot\frac{di}{dt} = 0$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{V_0}{L}\cdot sen\omega\cdot t$$

$$i = \int\frac{V_0}{L}\cdot sen\omega\cdot t\cdot dt = -\frac{V_0}{L\cdot\omega}\cdot\cos\omega\cdot t = \frac{V_0}{L\cdot\omega}\cdot sen\left(\omega\cdot t-\frac{\pi}{2}\right)$$

Por tanto la intensidad que circula por la bobina es $\boxed{i = \frac{V_0}{L\cdot\omega}\cdot sen\left(\omega\cdot t-\frac{\pi}{2}\right)}$

Si comparamos este resultado con el correspondiente a una resistencia vemos que la bobina en cierto sentido se comporta como una resistencia de valor Lω.

Al término Lω se le denomina reactancia inductiva o inductancia de la bobina. $\boxed{X_L = L\omega}$ Reactancia inductiva

Conclusiones:

Una bobina se comporta como una resistencia de valor Lω y adelanta el voltaje π/2 rad con respecto a la intensidad, o retrasa la intensidad π/2 radianes con respecto al voltaje.

La intensidad máxima de la corriente que pasa por un circuito en el que hay una autoinducción viene dada por la expresión: $\boxed{I_o = V_o/L\cdot\omega = V_o / X_l}$

Potencia instantánea disipada por una bobina

$$P = v \cdot i = (V_0 \cdot sen\omega \cdot t) \cdot \left(-\frac{V_0}{L \cdot \omega} \cdot \cos\omega \cdot t \right) = -\frac{V_0{}^2}{L \cdot \omega} \cdot sen\omega \cdot t \cdot \cos\omega \cdot t = -\frac{V_0{}^2}{L \cdot \omega} \cdot sen2\omega \cdot t$$

$$\boxed{P = -\frac{V_0{}^2}{2 \cdot L \cdot \omega} \cdot sen2\omega \cdot t}$$

La potencia instantánea disipada por la bobina varía sinusoidalmente con frecuencia doble de la del voltaje, toma valores positivos (extrae energía del circuito y la almacena asociada a un campo magnético) y valores negativos (devuelve la energía almacenada al circuito).

Potencia media disipada por la bobina
Seguiremos el mismo proceso seguido con la resistencia

$$P_m = \frac{1}{T} \int_{t=0}^{t=T} V_0 sen\omega \cdot t \cdot \frac{-V_0}{L \cdot \omega} \cdot \cos\omega \cdot t \cdot dt = -\frac{1}{T} \cdot \frac{V_0{}^2}{L \cdot \omega} \int_{t=0}^{t=T} \frac{1}{2} \cdot sen2\omega \cdot t =$$

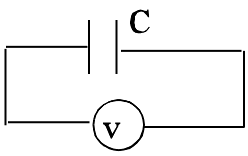
$$= -\frac{1}{T} \cdot \frac{V_0{}^2}{L \cdot \omega} \left[-\frac{1}{4\omega} \cdot \cos 2 \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot t \right]_{t=0}^{t=T} = \frac{1}{T} \cdot \frac{V_0{}^2}{L \cdot \omega} \cdot \left(-\frac{1}{4\pi} \right) [\cos 4\pi - \cos 0] = 0$$

$$\boxed{P_m = 0}$$

Por tanto al someter una bobina a una tensión alterna no consume energía en promedio. Mientras la intensidad crece aumenta el valor del campo magnético B, almacenando la energía como energía magnética, y cuando la intensidad disminuye esa energía almacenada la devuelve al circuito.
Puede demostrarse que la energía almacenada por unidad de volumen en un campo magnético viene dada por la expresión $\boxed{\text{Energía / volumen} = 1/2\ \mu_o B^2}$

Circuito con condensador

Cálculo de i, P y P_m por un condensador conectado a una señal alterna

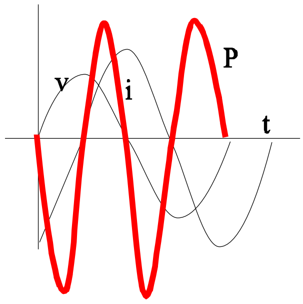


Consideremos un condensador conectado a una señal alterna $\boxed{v = V_o \text{ sen } \omega t}$
Apliquemos las leyes de Kirchoff al circuito $\boxed{v - q/C = 0}$
resolvamos la ecuación para determinar el valor de la intensidad que pasa por el circuito

$$V_0 \cdot sen\omega \cdot t - \frac{q}{C} = 0$$

$$q = C \cdot V_0 \cdot sen\omega \cdot t$$

$$i = \frac{dq}{dt} = C \cdot V_0 \cdot \omega \cdot \cos\omega \cdot t = \frac{V_0}{1/C \cdot \omega} \cdot sen\left(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2} \right)$$



Potencia disipada por L

Por tanto $\boxed{i = \frac{V_0}{1/C\cdot\omega}\cdot sen\left(\omega\cdot t + \frac{\pi}{2}\right)}$ el condensador en cierto sentido se comporta como una resistencia de valor 1/Cω.

Al término 1/Cω se le denomina reactancia capacitiva o capacitancia. $\boxed{\frac{1}{C\cdot\omega} = X_C}$ Reactancia capacitiva

Conclusiones: Un condensador se comporta como una resistencia de valor 1/Cω y retrasa el voltaje π/2 rad con respecto a la intensidad.(O adelanta la intensidad π/2 radianes con respecto al voltaje

La intensidad máxima de la corriente que pasa por un circuito en el que hay un condensador viene dada por la expresión: $\boxed{I_o = V_o\cdot C\cdot\omega = V_o / X_C}$

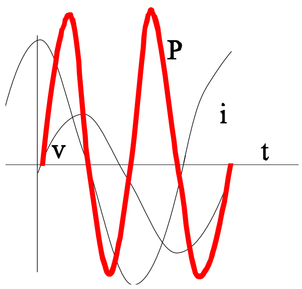
Potencia instantánea disipada por un condensador

$$P = v\cdot i = (V_0\cdot sen\omega\cdot t)\cdot(V_0\cdot C\cdot\omega\cdot\cos\omega\cdot t) =$$

$$= V_0^2\cdot C\cdot\omega\cdot sen\omega\cdot t\cdot\cos\omega\cdot t =$$

$$= \frac{V_0^2\cdot C\cdot\omega}{2}\cdot sen2\cdot\omega\cdot t$$

$$\boxed{P = \frac{V_0^2\cdot C}{2}\cdot\omega\cdot sen2\omega\cdot t}$$



Potencia disipada por C

La potencia instantánea disipada por el condensador varía sinusoidalmente con frecuencia doble de la del voltaje, toma valores positivos (extrae energía del circuito y la almacena asociada a un campo eléctrico) y valores negativos (devuelve la energía almacenada al circuito).

Potencia media

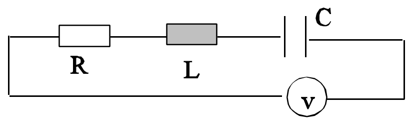
Seguiremos el mismo razonamiento que en el caso de R y L.

$$P_m = \frac{1}{T}\int_{t=0}^{t=T} V_0 sen\omega\cdot t\cdot V_0\cdot C\cdot\omega\cdot\cos\omega\cdot t\cdot dt = \frac{1}{T}\cdot V_0^2\cdot C\cdot\omega\int_{t=0}^{t=T}\frac{1}{2}\cdot sen2\omega\cdot t =$$

$$= \frac{1}{T}\cdot V_0^2\cdot C\cdot\omega\left[\frac{1}{4\omega}\cdot\cos 2\cdot\frac{2\pi}{T}\cdot t\right]_{t=0}^{t=T} = \frac{1}{T}V_0^2\cdot C\cdot\omega\cdot\left(\frac{1}{4\pi}\right)[\cos 4\pi - \cos 0] = 0$$

Un condensador al someterlo a una tensión alterna no consume energía en promedio.
A lo largo de medio período, mientras el voltaje va aumentando, aumenta el valor del campo eléctrico E, almacenando la energía que se le suministra en forma de energía eléctrica, y a lo largo del otro medio período esa energía almacenada la devuelve al circuito.
Puede demostrarse que la energía almacenada por unidad de volumen en un campo eléctrico viene dada por la expresión $\boxed{\text{Energía / volumen} = 1/2\ \varepsilon_o E^2}$

Estudio del circuito serie R LC. Impedancia



Nuestro objetivo consiste en determinar la relación entre el voltaje y la intensidad que circula por un circuito en el que hay una resistencia R, una autoinducción L y un condensador C conectados en serie. Igualmente pretendemos determinar la potencia media disipada por el conjunto.

Aplicaremos las leyes de Kirchoff. Tenemos una corriente única i que en un instante dado será la misma en todos los puntos por encontrarse todos los elementos en.

La supondremos sinusoidal de valor $\boxed{i = I_o \text{ sen } \omega t}$

El voltaje instantáneo en los extremos del conjunto será la suma de los voltajes de todos y cada uno de ellos.(Conservación de la energía)

$$v_{ab} = v_R + v_L + v_C$$

El voltaje en los extremos de cada elemento vendrá dado por:

Resistencia $v_R = I_o R \text{ sen } \omega t$

Bobina $v_L = I_o L \omega \text{ sen } (\omega t + \pi / 2)$

Condensador $v_C = I_o (1/C\cdot\omega) \text{ sen } (\omega t - \pi / 2)$

Por tanto $\boxed{v_{ab} = I_o R \text{ sen } \omega t + I_o L \omega \text{ sen } (\omega t + \pi / 2) + I_o (1/C\cdot\omega) \text{ sen } (\omega t - \pi / 2)}$ (1)

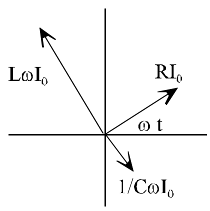
Efectuar esta suma no es simple salvo en el caso de que todos los elementos fueran de la misma clase, resistencias, bobinas o condensadores.

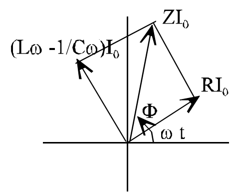
Para efectuar esta suma vamos a utilizar una técnica denominada de los fasores o del vector rotatorio.

En unos ejes de coordenadas cartesianas representamos cuatro vectores cuyos respectivos módulos son:

I_o , $I_o\cdot R$; $I_o\cdot L\omega$; $I_o/C\cdot\omega$

formando un ángulo con el eje X que varía con el tiempo de valores respectivamente: ωt , ωt ; $\omega t + \pi / 2$; $\omega t - \pi / 2$





Observa que las proyecciones sobre el eje Y de esos vectores representan los valores instantáneos de la intensidad y de los voltajes.

Como v_{ab} se obtiene sumando los voltajes instantáneos (1) (que son las proyecciones de los vectores rotatorios) en vez de calcular la proyección de cada uno y sumarlas, sumaremos primero los vectores y calcularemos su proyección sobre el eje Y.

El vector suma tiene por módulo $I_0 \cdot \sqrt{R^2 + \left(L\cdot\omega - \dfrac{1}{C\cdot\omega}\right)^2}$ que representa el máximo voltaje en los extremos del conjunto

Al término que aparece bajo la raíz se le denomina impedancia Z de un circuito en serie RLC

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

Por lo que resulta $\boxed{V_0 = I_0\cdot Z}$ y también $\boxed{V_{ef} = I_{ef}\cdot Z}$

El ángulo que forma este vector rotatorio de módulo V_{ab} con el eje X tiene por valor ($\omega t + \phi$) siendo ϕ el ángulo de desfase existente entre el voltaje instantáneo en los extremos del conjunto y la intensidad instantánea.

En el gráfico de vectores rotatorios observa que las razones trigonométricas delángulo ϕ tienen por valores: $\boxed{\cos\phi = R/Z \quad \text{tg } \phi = X/R}$

Siendo $X = X_L - X_C$.

Conclusiones:Ley de Ohm

Un conjunto RLC podemos considerarlo, en algún sentido, como una resistencia de valor Z que introduce un desfase entre el voltaje y la intensidad de valor el indicado por ϕ

$$\boxed{Z = \sqrt{R^2 + \left(L\cdot\omega - \frac{1}{C\cdot\omega} \right)^2}} \quad \boxed{\cos\phi = \frac{R}{Z}} \quad \boxed{tg\phi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{X}{R}}$$

Por tanto la ley de Ohm aplicada a un circuito de alterna queda para valores máximos o eficaces $\boxed{V_{ef} = I_{ef}\cdot}$ siendo Z la impedancia, e introduciendo un desfase entre el voltaje y la intensidad que viene dado por el ángulo ϕ.

Si $X_L > X_C$ $X>0$ y el voltaje va adelantado con respecto a la corriente.
Si $X_L < X_C$ $X<0$ y el voltaje va retrasado con respecto a la corriente.
En general en un circuito será más habitual conocer la impedancia del mismo Z y el desfase ϕ que introduce y no conocer los valores de R, L y C dado que algunos elementos pueden comportarse simultáneamente como resistencias y autoinducciones.
Muy importante hacer constar que la impedancia Z de un circuito depende además de la Resistencia R, del coeficiente de autoinducción L y de la capacidad C, de la frecuencia de la señal que se le introduzca.
En particular observa que:
Para una bobina la impedancia $Z = L\omega$ aumenta con la frecuencia de la señal y se hace cero cuando la frecuencia es cero (corriente continua constante).
Para un condensador la impedancia $Z = 1/C\,\omega$ disminuye con la frecuencia y se hace infinita cuando la frecuencia tiende a cero (corriente continua constante).
Bobina real: Una autoinducción real puede considerarse como una autoinducción ideal de coeficiente L en serie con una resistencia R. En la bobina ideal la R sería cero
Condensador real: Un condensador real puede considerarse como un condensador ideal en paralelo con una resistencia R. En el caso ideal R sería infinita

Potencia disipada por una impedancia. Factor de potencia. Potencia activa, reactiva y aparente

De los distintos elementos que configuran una impedancia Z cualquiera sólo la resistencia R disipa potencia en promedio, pues la autoinducción y el condensador acumulan y devuelven la energía al circuito tal y como se vió en los apartados anteriores. Por tanto la potencia media disipada será:

$$P_m = P_R + P_L + P_C = P_R = V_{R_{ef}} \cdot I_{Ref} = R\cdot I_{Ref}\cdot I_{Ref} = R\cdot\frac{V_{ef}}{Z}\cdot I_{Ref} = V_{ef}\cdot I_{ef}\cdot\frac{R}{Z} = V_{ef}\cdot I_{ef}\cdot\cos\phi$$

Potencia activa; factor de potencia.

Por tanto la potencia disipada por un circuito RLC, denominada potencia activa, viene dada por la expresión $\boxed{P = V_{ef}\cdot I_{ef}\cdot\cos\phi}$ que también podemos escribir como $\boxed{P = R\cdot {I_{ef}}^2}$

Al término $\cos\phi$ se le denomina factor de potencia y como puede observarse depende del desfase entre la intensidad y el voltaje instantáneo. La potencia disipada depende de este término y de los valores eficaces de la intensidad y el voltaje.
Observa que el factor de potencia vale 1 cuando la impedancia Z es una resistencia y vale cero cuando Z es una o varias bobinas ideales, uno o varios condensadores ideales, o una asociación de estos elementos. En los demás casos el factor de potencia toma un valor comprendido entre 0 y 1.

Por razones de conveniencia se definen:

Potencia reactiva Q $\boxed{Q = X \cdot I_{ef}^2}$ Siendo X la reactancia del circuito (Lω- 1/Cω)

Potencia aparente S $\boxed{S = \sqrt{P^2 + Q^2}}$

Resonancia en un circuito serie RLC.

La intensidad eficaz en un circuito RLC viene dada por la ley de Ohm $\boxed{I_{ef} = \frac{V_{ef}}{Z}}$ dependiendo del voltaje que le suministremos y de la impedancia del circuito.
Pero a su vez la impedancia del circuito depende de la frecuencia de la señal.
Por lo tanto si a un circuito llegan distintas señales alternas que supondremos con el mismo valor de voltaje máximo pero de distinta frecuencia, la intensidad que circulará no será la misma para todas las señales.
Las mayores intensidades se darán para menores impedancias.
Diremos que un circuito está en resonancia con una señal cuando la impedancia es mínima.
¿Cuando se da esta situación?

Como $\boxed{Z = \sqrt{R^2 + \left(L \cdot \omega - \frac{1}{C \cdot \omega}\right)^2}}$ la resonancia se dará si $\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right) = 0$

$$L \cdot C \cdot \omega^2 = 1$$

despejando $L \cdot C \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)^2 = 1$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Por tanto la frecuencia a la que se produce la resonancia es $\boxed{f = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L \cdot C}}}$

Modificando la capacidad C o la autoinducción L de un circuito podemos variar la frecuencia de resonancia.
Este fenómeno se utiliza en corrientes de alta frecuencia del orden de kHz o superiores para sintonizar señales.
Cuando queremos sintonizar una señal de radio, con un cursor modificamos la capacidad de un circuito, con lo que vamos variando la frecuencia de resonancia del mismo hasta que coincida con la frecuencia de la emisora que pretendemos escuchar. De todas las señales que llegan al circuito de sintonía, la intensidad de la señal correspondiente a la frecuencia de resonancia es mucho mayor que la del resto.

A baja frecuencia 50-60 Hz que es la de la corriente alterna sinusoidal de uso doméstico e industrial no se trabaja en resonancia o próximos a ella dado que en esta situación la ddp instantánea en un elemento puede ser muy superior a la ddp máxima a que se encuentra conectado el conjunto, lo cual supone un riesgo de sobretensiones:
En resonancia resulta $\boxed{v_C + v_L = 0}$ Por lo que el voltaje en la bobina y el condensador son iguales y de signo contrario y se anulan en conjunto pero pueden ser mucho mayores que el voltaje en los extremos del circuito. $v_{ab.} = v_R + v_L + v_C$ pudiendo ser v_L o $v_C >> v_{ab}$.

Resolución de circuitos. Impedancia compleja

Para resolver problemas de c.a. es conveniente trabajar con números complejos tanto en forma binómica como polar.

Las operaciones que se utilizan son:

Suma y resta de números complejos (más fácil hacerlo en forma binómica)

Producto y cociente de números complejos (más fácil hacerlo en forma polar)

En múltiples ocasiones tendremos que pasar los números complejos de una forma a otra.

En c.a. la unidad imaginaria se escribe j y no i como en Matemáticas para evitar confusiones con la intensidad de corriente.

Impedancia compleja

A la impedancia de un elemento RLC serie le asociaremos un número complejo que en forma binómica viene dado por

$$\boxed{Z = R + j\cdot(L\omega - 1/C\cdot\omega)}$$

y en forma polar por Z_ϕ siendo

$$\boxed{Z = \{ R^2 + (X_L - X_C)^2\}^{1/2}} \quad \boxed{\cos\phi = R/Z \qquad tg\,\phi = X/R}$$

Ley de Ohm en c.a.

Si expresamos asimismo voltaje e intensidad en forma de números complejos la ley de Ohm aplicada a una impedancia viene dada por

$$\boxed{v = Z\cdot i}$$

Leyes de Kirchoff en c.a

En un circuito cerrado cualquiera. $\Sigma\, v_i = 0$

En un nudo cualquiera $\Sigma\, i_i = 0$

Impedancia equivalente de elementos en serie:

La impedancia equivalente de un conjunto de impedancias en serie es la suma de todas y cada una de ellas escritas en forma compleja.

$$\boxed{Z_{eq} = \Sigma\, Z_i}$$

Impedancia equivalente de elementos en paralelo

La inversa de la impedancia equivalente de un conjunto de impedancias en paralelo es la suma de las inversas de todas y cada una de ellas escritas en forma compleja.

$$\boxed{1/Z_{eq} = \Sigma\, 1/Z_i}$$

En el caso particular de dos impedancias en paralelo resulta

$$\boxed{Z_{eq} = Z_1\cdot Z_2/(Z_1+Z_2}$$

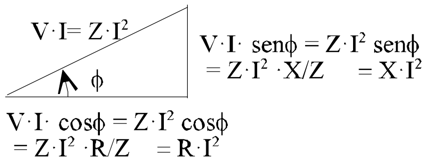
Resolución de circuitos de c.a.

Los teoremas y métodos utilizados para resolver circuitos de corriente continua (cálculo de R equivalente, superposición, independencia de las fuentes, corrientes de mallas, nudos, Thévenin, Norton...) son válidos para resolver circuitos de corriente alterna debiendo expresarse los voltajes e intensidades en forma compleja así como la impedancia.

Potencia compleja. Triángulo de potencias

Se define potencia compleja como el producto de dos complejos, el voltaje y el conjugado de la intensidad.

$$\boxed{S = V \cdot I^*}$$



Representamos en el plano complejo un número complejo de módulo el producto del voltaje por la intensidad eficaces formando un ángulo de ϕº con el eje real.

Observar que la potencia compleja tiene el módulo de la potencia aparente S, que su componente real es la potencia activa P y que su componente imaginaria es la potencia reactiva Q siendo

$P = R \cdot I^2$; $Q = X \cdot I^2$; $S = Z \cdot I^2$

$$\boxed{S = P + jQ}$$

$$\boxed{S = V \cdot I^*}$$

A la hora de resolver circuitos, las potencias activas y reactivas pueden sumarse independientemente y utilizar los resultados para determinar parámetros en los circuitos.

Triángulo de impedancias

Observa el triángulo de potencias, si dividimos los lados del mismo por I^2 nos resulta un triángulo semejante en que la hipotenusa es Z y sus catetos R y X.

Ejercicios

- Comprueba que si en el circuito RLC sólo hubiera un elemento, se llega a los mismos resultados que en los cálculos efectuados para R , L y C en solitario.

- Comprueba que la impedancia de dos o más resistencias en serie, de dos o más bobinas en serie y de dos o más condensadores en serie es la suma de sus impedancias.

-Explica qué sucede cuando se conecta una autoinducción pura en un circuito de c.c.

-Explica qué sucede cuando se conecta un condensador ideal en un circuito de c.c.