

2. Corriente alterna.



Materiales formativos de FP Online propiedad del Ministerio de Educación y Formación Profesional.

[Aviso Legal](#)

1.- Cálculos y medidas en corriente alterna.



Caso práctico

Valle se ha puesto a repasar muy animada el tema de corriente alterna. Recuerda que en este tema comenzó a entender el funcionamiento de la electricidad y de las redes de distribución, así como el diferente comportamiento que manifiestan los componentes electrónicos en este tipo de corriente.

Isidro, sin embargo, recuerda más la parte práctica. Le pareció muy interesante el uso del osciloscopio con el que podía hacer mediciones de cualquier señal. Así que, **Valle** e **Isidro** comienzan este tema con mucho interés.

—Ánimo, espero que para ti resulté igual de interesante.



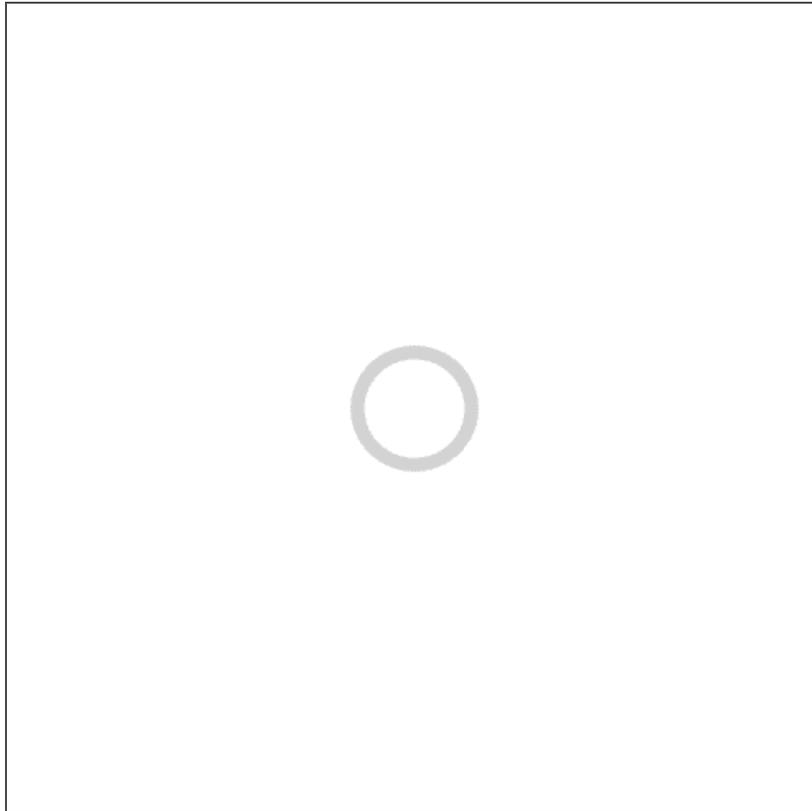
Citas para pensar

¿Por qué esta magnífica tecnología científica, que ahorra trabajo y nos hace la vida más fácil, nos aporta tan poca felicidad? La respuesta es esta, simplemente: porque aún no hemos aprendido a usarla con tino.

Albert Einstein

La característica principal de la **corriente alterna** es que durante un instante de tiempo un polo es negativo y el otro positivo, mientras que en el instante siguiente las **polaridades** se invierten tantas veces como ciclos por segundo o **hertz** posea esa corriente. No obstante, aunque se produzca un constante cambio de polaridad, la corriente siempre fluirá del polo positivo al negativo, tal como ocurre en las fuentes de **f.e.m.** que suministran corriente directa.

Pongamos el caso en el hacemos girar una pila a una velocidad determinada, este efecto producirá un cambio constante de polaridad en los bornes. Esta acción hará que se genere una corriente alterna tipo **pulsante**, cuya frecuencia dependerá de la cantidad de veces que se haga girar la pila durante un segundo.



[Resumen textual alternativo](#)
[DESCARGA DE PRESENTACIÓN](#)

Si hacemos una representación gráfica utilizando un eje de coordenadas para la tensión o voltaje y otro eje para el tiempo en segundos, se obtendrá una corriente alterna de forma rectangular o pulsante. Si la velocidad a la que hacemos girar la pila es de una vuelta completa cada segundo, la frecuencia de la corriente alterna que se obtiene será de un ciclo por segundo o hertz (1 Hz). Si aumentamos ahora la velocidad de giro a 5 vueltas por segundo, la frecuencia será de 5 ciclos por segundo o hertz (5 Hz).

La electricidad que recibimos en nuestras casas es alterna pero no de tipo pulsante sino senoidal y, para el caso de Europa, se trata de una tensión eficaz de 220 Voltios a una frecuencia de 50 Hz. Su generación se producen en grandes los alternadores de las plantas termoeléctricas, hidroeléctricas o centrales atómicas.



Para saber más

En el siguiente enlace encontrarás la revista sobre la generación de energía y la eficiencia energética, en ella podrás leer las noticias de más actualidad sobre el sector de la energía, encontrar oferta formativa y también encontrar información sobre el empleo en el sector.

 [Revista sobre la generación de energía y la eficiencia energética.](#)

1.1.- Ventajas de la corriente alterna frente a la corriente continua.

Aunque muchos de los aparatos que conocemos funcionan con corriente continua, las ventajas de la corriente alterna la han generalizado en determinados usos, sobre todo para su distribución básica en edificios y hogares. La corriente alterna más común es la senoidal. Para poder utilizar la corriente alterna en las aplicaciones de aparatos electrónicos domésticos se recurre a los  transformadores que rectifican y transforman la señal senoidal al valor adecuado. Las ventajas de la corriente alterna frente a la continua son:



- ✔ Es más eficiente en su transporte. Se transporta a grandes distancias con pocas pérdidas de energía.
- ✔ Al incrementar su frecuencia por medios electrónicos en miles o millones de ciclos por segundo es posible transmitir voz, imagen, sonido y órdenes de control a grandes distancias, de forma inalámbrica.
- ✔ Es posible convertirla en corriente directa con facilidad.
- ✔ Permite aumentar o disminuir la tensión mediante el uso de transformadores.



Para saber más

En la Wikipedia podrás conocer más sobre los sistemas de distribución de la energía, en el enlace podrás ver una exposición de los medios que se utilizan para el suministro eléctrico.

 [Sistema de suministro eléctrico.](#)



Autoevaluación

Dos ventajas de la electricidad alterna frente a la continua son:

- Es más práctica.
- Es más limpia
- Es más eficiente su transporte.

No es eso.

Inténtalo de nuevo.

Correcta.

Solución

1. Incorrecto

- 2. Incorrecto
- 3. Opción correcta

1.2.- Generación de corriente alterna.

La generación de la corriente alterna se basa en la **Ley de Faraday**, estudiada anteriormente, y en el efecto de **inducción electromagnética**, cuya explicación es que cuando un conductor se mueve en un campo magnético, cortando sus líneas de fuerza, se produce una fuerza electromotriz por inducción en el conductor directamente proporcional al flujo cortado e inversamente proporcional al tiempo empleado. Con un imán permanente como inductor estático y una espira como inducido tendremos un generador básico. A medida que la espira va cortando las líneas de flujo con un ángulo determinado, el valor de la tensión varía y el sentido de la corriente irá cambiando, de manera que se produzca una corriente alterna, como podéis ver en la siguiente simulación.



Debes conocer

En este enlace comprobarás cuál es el procedimiento de generación de una señal alterna:

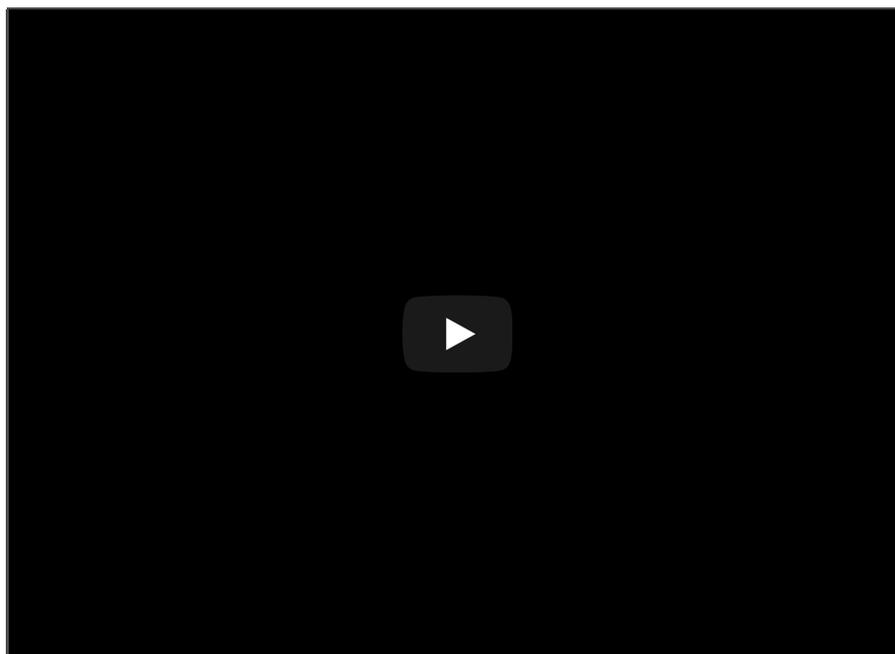
 [Generación de la corriente alterna.](#)

El resultado es la generación es **una corriente alterna senoidal**, la cual se caracteriza porque corriente y tensión cambian de valor y de sentido a cada instante, según una función senoidal. El valor instantáneo de la tensión en cada momento es una función senoidal, según la siguiente fórmula:

$$v(t) = V_{max} \text{sen}(\omega t)$$

La tensión en el tiempo es igual a la tensión máxima por el seno de la  velocidad angular multiplicada por el tiempo. V_{max} es el valor más alto que alcanza la tensión, ω es la velocidad angular a la que se mueve la espira, en radianes por segundo, t es el tiempo.

En el siguiente vídeo podemos ver que el punto de mayor tensión producida en la espira es cuando está perpendicular al campo magnético. El valor mínimo se producirá cuando la espira esté paralela al campo magnético.



[Resumen textual alternativo](#)

1.3.- Características de la corriente alterna.

Las características de la corriente alterna están relacionadas con su naturaleza periódica y de cambio de sentido y de valor en el tiempo, sus aspectos más destacables son:

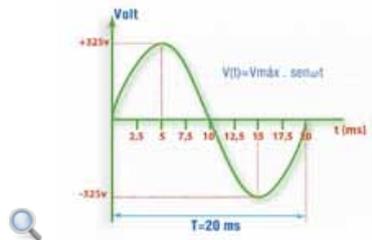
- ✓ **Periodo:** Es el tiempo en el cual transcurre un ciclo completo de la onda senoidal, es decir, el tiempo en el que la espira del punto de partida tarda en dar una vuelta. Se mide en segundos (s).
- ✓ **Frecuencia:** Es una magnitud inversa al periodo. Se define como el número de ciclos que se producen por segundo. Se mide en Hertzio (Hz) o ciclos/segundo.
- ✓ **Velocidad angular o pulsación angular:** es la velocidad angular a la que se mueve la espira. Este parámetro se relaciona con el periodo y con la frecuencia según las siguientes fórmulas.

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

- ✓ **Fase:** Desviación inicial de la señal. Se mide en radianes o en grados.

En la señal alterna que llega de distribución eléctrica en las casas, la frecuencia 50Hz, el tiempo es de 20ms, y la velocidad angular de 314,6 rad/s.



En la imagen anterior, la tensión eficaz es 220 voltios y la tensión máxima es 311 voltios, mientras que la pulsación angular es 314 radianes/segundo.

Aplicando la función senoidal tendríamos:

$$V = 220$$

$$v = 220 \cdot \sqrt{2} \cdot \text{sen}(314 \cdot t)$$

$$v = 311 \cdot \text{sen } 314 \cdot t$$



Autoevaluación

El tiempo que transcurre para que se produzca un ciclo completo de una señal senoidal se denomina:

- Periodo.
- Frecuencia.
- Velocidad angular.
- Amplitud.

Exactamente, esta es la definición de periodo.

No, no es la frecuencia. La frecuencia es la inversa de ese tiempo.

No, no es la definición de la velocidad angular.

No, la amplitud es la altura de la onda.

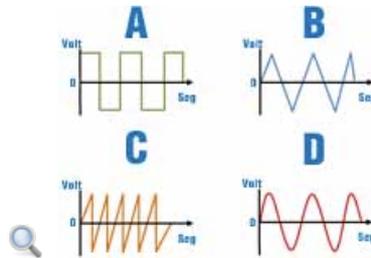
Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Incorrecto

1.4.- Tipos de corriente alterna.

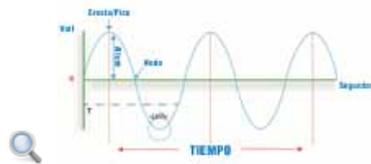
Ya has visto que la onda más común de corriente alterna es la señal senoidal por sus ventajas en cuanto a la eficiencia y su distribución, pero también puede ser de otros tipos. En función de su forma gráfica, la corriente alterna se clasifica en:

- A. Rectangular o pulsante.
- B. Triangular.
- C. Diente de sierra.
- D. Sinusoidal o senoidal.



La forma de la onda senoidal se obtiene a partir de la función matemática del seno. Las partes que la componen son las siguientes:

- ✓ A: Altura o amplitud de onda.
- ✓ P: Pico de la onda o cresta.
- ✓ N: nodo o valor 0.
- ✓ V: Valle o valor más bajo.
- ✓ T: Periodo es el tiempo en que se repite un ciclo completo de la señal.



1.5.- Valores característicos de la corriente alterna.

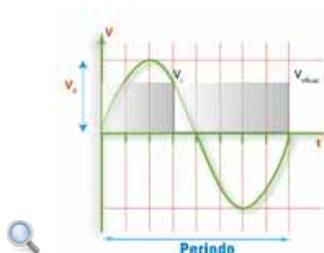
La corriente alterna se caracteriza por un continuo cambio de valor en el tiempo, por lo que hay que definir una serie de parámetros que nos den idea del valor de la señal en conjunto para poder aplicar las leyes básicas de resolución de circuitos. Los valores característicos de la corriente alterna son:

- ✓ **Tensión máxima (V_0 ó también V_{max}):** Es el valor máximo de la señal.
- ✓ **Tensión instantánea (V_i):** Es el valor instantáneo de la señal en un instante determinado i .
- ✓ **Tensión eficaz (V_{ef}):** Se llama valor eficaz de una tensión alterna, al valor que tendría una tensión continua que produjera la misma potencia que dicha tensión alterna, al aplicarla sobre una misma resistencia. Es un valor importante porque es el valor de referencia que utilizamos siempre para realizar los cálculos en un circuito.

$$V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

- ✓ **Valor medio (V_m):** Se llama valor medio de una tensión alterna a la media aritmética de todos los valores instantáneos de tensión, medido en un cierto intervalo de tiempo. En una corriente alterna sinusoidal, el valor medio durante un período completo es nulo.

$$V_m = \frac{2V_0}{\pi}$$



Autoevaluación

Es un tipo de corriente alterna:

- La corriente continua.
- La corriente inducida.
- La corriente pulsante.

Vuelve a leer el texto.

No es correcta.

Es correcta.

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto

3. Opción correcta

1.6.- Potencia en alterna (I).

En corriente alterna, la potencia es igual al producto de los valores eficaces de tensión y de intensidad por un cierto factor, llamado **factor de potencia**. El factor de potencia es el coseno ϕ , siendo ϕ el ángulo de desfase entre la tensión (V) y la intensidad (I). En alterna se identifican tres tipos de potencia: potencia aparente, potencia activa y potencia reactiva.

Potencia aparente (S): Es el producto de la intensidad y la tensión. Es sólo una magnitud de cálculo, porque no tiene en cuenta el desfase entre la tensión y la intensidad de corriente. Su unidad es el voltio amperio (VA). La potencia aparente es el resultado de la suma geométrica de las potencias activa y reactiva. Esta potencia es la que realmente suministra una planta eléctrica cuando se encuentra funcionando al vacío, es decir, sin ningún tipo de carga conectada, mientras que la potencia que consumen las cargas conectadas al circuito eléctrico es potencia activa (P).

$$S = V \cdot I$$

Potencia activa (P): Es la potencia eléctrica que en los receptores se puede transformar en otra forma de energía (calorífica, mecánica,...). Su unidad es el vatio (W). El factor de potencia nos indica qué potencia realmente se transforma en el receptor que contiene la potencia aparente.

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

Potencia reactiva (Q): Este tipo de potencia se utiliza, en los circuitos de corriente alterna, para la formación del campo en las bobinas y para la carga de los condensadores (creación de un campo eléctrico). La potencia reactiva no puede dar ningún tipo de energía. Su unidad es el voltioamperio reactivo (VAR). La potencia reactiva representa una carga para los generadores, las líneas y los transformadores y se origina en ellos una pérdida real de potencia.

El **factor de potencia**, es la relación que existe entre la potencia activa y la potencia aparente, que coincide con el desfase entre la intensidad y la tensión. Debemos procurar que el factor de potencia sea igual a uno para obtener al mayor aprovechamiento de energía.

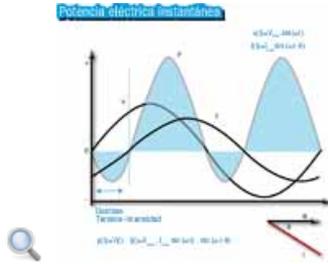
$$\text{Factor de potencia} = \frac{P}{S}$$

El triángulo de potencia es la representación gráfica de la relación entre las potencias activa, reactiva y aparente.



1.6.1.- Potencia en alterna (II).

Potencia instantánea: La potencia eléctrica instantánea es una función senoidal en función del tiempo, que se obtiene de multiplicar la función intensidad instantánea por la función tensión instantánea.



Potencia eficaz: Es la mitad de la potencia máxima cuando la tensión y la corriente están en fase, es decir, los máximos y los mínimos de la tensión y la corriente coinciden en el tiempo.

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



Para saber más

En este enlace puedes ver una animación de la variación de la potencia instantánea dependiendo de la variación de la tensión y de la corriente en un sistema de ejes cartesianos.

 [Animación de la variación de la potencia instantánea.](#)



Autoevaluación

Relaciona las unidades de medida con las magnitudes eléctricas.

Ejercicio de relacionar

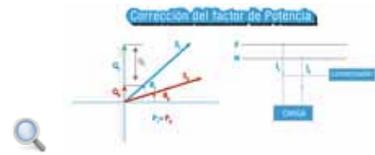
Magnitudes	Relación	Unidades de Medida
Potencia activa.	<input type="checkbox"/>	1. Voltio amperio.
Potencia reactiva.	<input type="checkbox"/>	2. Voltio amperio reactivo.
Potencia aparente.	<input type="checkbox"/>	3. Vatios.

Enviar

Las Unidades de medida de las Potencias activa, reactiva y aparente son los vatios, voltio amperio reactivos y voltio amperios respectivamente.

1.7.- Corrección del factor de potencia.

Como vimos anteriormente el **factor de potencia** es la relación que existe entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), que coincide con el desfase entre la intensidad y la tensión. Debemos procurar que el factor de potencia sea igual a uno para obtener al mayor aprovechamiento de energía. Si la potencia aparente (S) es mayor a la potencia activa (P) quiere decir que es necesario transportar por las líneas de distribución una potencia mayor a la que se consume, por lo que estaremos malgastando los costes del sistema de distribución. En este caso, el factor de potencia será ≤ 1 .



Si potencia activa y potencia aparente son iguales quiere decir que la eficiencia del sistema es total porque sólo se transporta lo que se consume. Por ello, es necesario introducir sistemas de **corrección del factor de potencia**.

¿Cómo mejorar el Factor de Potencia? La mejora del factor de potencia se realiza por medio de la instalación de condensadores eléctricos para compensar los efectos inductivos de la carga de los motores. En otras ocasiones es necesario utilizar motores síncronos para inyectar potencia capacitiva o reactiva con tan sólo variar la corriente de excitación del motor.

En el caso del ejemplo que se muestra a continuación, el factor de potencia se ha corregido con una carga capacitiva. El efecto que ha introducido el condensador es una disminución de la potencia reactiva de Q_1 a Q_2 y por lo tanto una mayor aproximación de la potencia aparente S_2 a P_2 , con lo que el factor de potencia se aproxima más a la unidad.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

1.9.- La impedancia.

La **impedancia** se define como la oposición que presenta un componente en corriente alterna al paso de la corriente alterna. Se representa como Z y la unidad de medida es el ohmio (Ω). El valor de la impedancia depende de la frecuencia y del componente del que se trate. La relación entre Z , I (intensidad) y V (Tensión) se determina como habitualmente señalamos mediante Ley de Ohm ($I = \frac{V}{Z}$). Por su parte la impedancia

se puede calcularse como:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Veamos ahora cómo varía la impedancia en los componentes pasivos:

La impedancia de una resistencia: En este caso, el valor de la impedancia es el de la resistencia, por lo tanto la resistencia no varía con la frecuencia.

La resistencia tiene el mismo valor en continua y en alterna. $Z=R$.

La impedancia de una bobina: El valor de la **reactancia** de una bobina depende de la frecuencia según la ecuación pulsación angular multiplicada por el coeficiente de autoinducción. En continua su valor será 0.

$Z=X_L$ siendo X_L igual a: $X_L = \omega \cdot L(\Omega)$

Se denomina reactancia inductiva y su unidad de medida es el ohmio, siempre y cuando el coeficiente de autoinducción se exprese en henrio y la pulsación angular en radianes por segundo. La inductancia (L), introduce un desfase de $+90^\circ$.

La impedancia de una bobina depende de la frecuencia e introduce un desfase de $+90^\circ$ entre la tensión y la intensidad. $X_L = \omega \cdot L(\Omega)$

La impedancia de un condensador: El valor de la impedancia de un condensador depende de la frecuencia según la fórmula igual a la inversa del producto de la capacidad de un condensador por la pulsación angular. Su impedancia sería máxima en continua.

$Z=X_C$ siendo X_C igual a: $X_C = \frac{1}{C \cdot \omega} = \frac{1}{C \cdot 0} \cong \infty$

Se denomina reactancia capacitiva y su unidad de medida es el ohmio, siempre y cuando la capacidad (C), se exprese en faradios y la pulsación angular se exprese en radianes por segundo. El condensador introduce un desfase de -90° .

La impedancia de un condensador depende de la frecuencia e introduce un desfase de -90° entre la tensión y la intensidad. $X_C = \frac{1}{\omega C}$

Resistor	Capacitor	Inductor	Resistor	Capacitor	Inductor
Resistencia	Capacitancia	Inductancia	Resistencia	Capacitancia	Inductancia
$Z=R$	$Z=\frac{1}{\omega C}$	$Z=\omega L$	$Z=R$	$Z=\frac{1}{\omega C}$	$Z=\omega L$
0°	-90° adelanta	$+90^\circ$ retrasa	0°	-90° adelanta	$+90^\circ$ retrasa

1.10.- La representación fasorial de la impedancia.

La impedancia es un valor de alterna que introduce un desfase y que varía con la frecuencia, por lo tanto se puede representar como un vector con un módulo determinado y su ángulo de desfase. Esta representación se denomina representación polar.

La representación fasorial de la impedancia resistiva es una línea horizontal en el eje de coordenadas, ya que no introduce ningún desfase y su comportamiento no varía con la frecuencia. El valor de la longitud de ese vector es el valor de la resistencia en ohmios. **La representación fasorial de una reactancia capacitiva** es un vector en el lado negativo del eje de ordenadas, cuya longitud expresa el valor de la reactancia capacitiva, con un desfase de -90° . **La representación fasorial de una reactancia inductiva** es un vector en el lado positivo del eje de ordenadas, cuya longitud expresa el valor de la reactancia inductiva, con un desfase de 90° .



Impedancias mixtas: Resistencia y condensador. En este caso, la impedancia se expresa como la suma de dos vectores R y X_C ; $Z = R - jX_C$. El ángulo de desfase $\phi = \arctg\left(-\frac{X_C}{R}\right)$.

En la imagen anterior se representa la impedancia mixta de resistencia, inductancia y condensador. Para calcular la impedancia resultante se calcula por un lado la resta $X_L - X_C$ y a este vector resultante se le suma el vector R.

$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

La representación fasorial de un vector se representa como un número complejo en el que la parte real corresponde con la proyección en el eje de las X y una parte imaginaria b que se representa en el eje de las Y. Para poder operar con estos valores de forma más sencilla se suele convertir este valor a una representación polar, compuesta por un módulo y un ángulo. El módulo será el valor del vector correspondiente a la magnitud (tensión, intensidad, potencia, impedancia, etc) y el ángulo será el ángulo de desfase del vector respecto al eje X.

$$\text{Sea } Z = a + j \cdot b \Rightarrow \text{Entonces } m = \sqrt{a^2 + b^2} \text{ y } \varphi = \arctg \frac{a}{b} \Rightarrow \\ \text{con lo que } Z = m \angle \varphi$$

Para operar con valores en representación polar: Si multiplicamos dos valores polares, los módulos se multiplican y los ángulos se suman. Si dividimos dos valores polares, los módulos se dividen y los ángulos se restan.



Debes conocer

El manejo de los números complejos es muy frecuente en el ámbito de la electrónica, por eso es necesario que te familiarices con ellos. En el siguiente enlace podrás ampliar la información relacionada con ellos.

 [Los números complejos.](#)



Autoevaluación

La impedancia está compuesta de un valor resistivo y otro reactivo. ¿Verdadero o falso?

- Verdadero.
- Falso.

Correcto.

Lo siento, no es correcto.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

2.- Circuitos de corriente alterna.



Caso práctico

Valle e **Isidro** han decidido acudir al taller de electrónica para hacer prácticas con circuitos en alterna para recordar el comportamiento de los componentes pasivos, comprobar con el osciloscopio el efecto de la resonancia en un circuito con resistencia, inductancia y condensador.

Isidro le recuerda a **Valle** cómo se maneja el osciloscopio y cómo se realizan las distintas medidas. Es importante llegar a visualizar las señales de intensidad de corriente y tensión y ver cómo varía su desfase y su amplitud en función de la frecuencia de funcionamiento.



2.1.- Circuitos con componentes pasivos y corriente alterna.

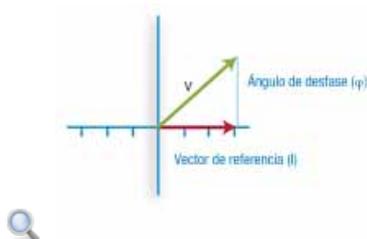
Al igual de lo visto en la corriente continua, los circuitos de corriente alterna básicos se componen de un generador, un conductor y algún componente pasivo, tales como resistencias, bobinas o condensadores.

Acabamos de mostrar que una f.e.m. en alterna se produce mediante la rotación de una bobina con velocidad angular constante dentro de un campo magnético uniforme producido entre los polos de un imán, la relación entre tensión e intensidad de corriente producida por el generador, varía en función de los componentes incluidos en el circuito.

En los circuitos de corriente alterna se aplican las mismas leyes que vimos en corriente continua, así la ley de Ohm que relaciona tensión (V) intensidad (I) y resistencia (R), que en el caso de corriente alterna se conoce como impedancia (Z), es decir, oposición o resistencia al paso de la corriente alterna, no siendo ésta un valor fijo sino que depende de la frecuencia de la señal.

$$V = I \cdot Z$$

La impedancia de un circuito en alterna provoca que entre la intensidad que circula por él y la tensión pueda existir un ángulo denominado ángulo de desfase. Cuando se representa los elementos de un circuito de forma vectorial se toma como referencia un vector que con un valor de desfase de 0° , desde el cual se representan el resto de vectores, en los circuitos en serie el vector de referencia es el de la intensidad.



En la siguiente fórmula se puede apreciar que el desfase de la impedancia es la que determina el desfase entre la tensión y la intensidad:

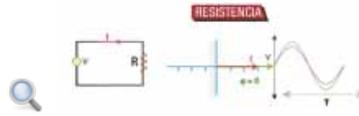
$$Z \angle \varphi = \frac{V \angle 0^\circ}{I}$$

El desfase introducido por la intensidad, que se representa en el denominador, pasaría al numerador con signo contrario.

$$Z \angle -\varphi = \frac{V \angle 0^\circ}{I \angle \varphi} = \frac{V}{I} \angle 0^\circ - \varphi^\circ = \frac{V}{I} \angle -\varphi$$

2.2.- Circuitos con resistencia en alterna.

La presencia de una resistencia en un circuito de corriente alterna tiene la particularidad de no producir ningún desfase entre la tensión y la intensidad del mismo. En una resistencia, la **intensidad** y la diferencia de potencial se dice que **están en fase**. Por tanto la diferencia entre ambas señales es únicamente la amplitud.



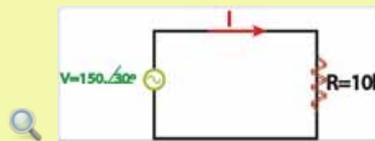
Para calcular la intensidad aplicaríamos la ley de Ohm es decir:

$$I = \frac{V}{R}$$



Ejercicio resuelto

Calcula la intensidad en el siguiente circuito.



Mostrar retroalimentación

$$I = \frac{V}{R} = \frac{150\angle 30^\circ}{10K} = 15\angle 30^\circ mA$$

Al no introducir ningún desfase la intensidad, la intensidad tendrá el mismo valor de fase que la tensión.



Autoevaluación

Una de las siguientes magnitudes depende de la frecuencia:

- La resistencia.
- La fase inicial.
- La reactancia inductiva.

No es así.

¿Estás seguro de esta respuesta?

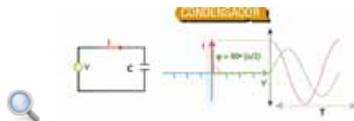
Cierto, el valor de la impedancia depende de la frecuencia.

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta

2.3.- Circuitos con componentes capacitivos.

Con un condensador en un circuito de corriente alterna la intensidad experimenta un desfase de 90° respecto a la tensión, es decir que la intensidad va por delante o adelanta a la tensión en un cuarto de ciclo.



La fórmula para calcular la intensidad es similar a la vista en el circuito con resistencia salvo que la resistencia del condensador se designa mediante X_C y en realidad se denomina reactancia capacitiva.

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$I = \frac{V}{X_C}$$

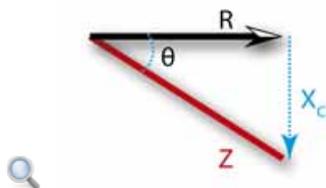
$$I = \frac{V}{X_C \angle -90^\circ} = \frac{V}{X_C} \angle 90^\circ$$

La reactancia capacitiva introduce un desfase de -90° en el denominador que pasa a ser positivo cuando lo pasamos al numerador.

Lo normal es que en el circuito no exista una reactancia capacitiva únicamente, sino que ésta vaya acompañada por la resistencia del circuito, por lo que el circuito presentará una impedancia (Z) compuesta por una parte resistiva y otra reactiva.

$$I = Z = R_t + j \cdot X_C = R_t - j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Hay que tener en cuenta que la impedancia es un número que indica una magnitud con una fase determinada, es decir introduce un desfase de señal. Su representación gráfica sería, la suma fasorial de la resistencia (R) y la reactancia capacitiva (X_C), siendo $X_C = -j/\omega \cdot C$. El signo negativo determina que se trata de un vector dirigido hacia abajo:

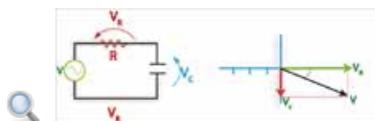


Circuito mixto con resistencia y condensador: La intensidad que circula por el circuito se obtiene dividiendo la tensión entre la impedancia:

$$I = \frac{V}{Z}$$

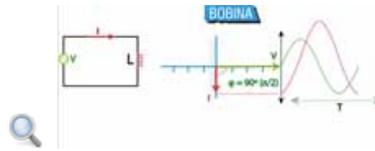
La Intensidad, la tensión y la impedancia son magnitudes con su valor y su fase. Por ello se pueden encontrar representados como:

$$I \angle \varphi = \frac{V \angle \varphi}{Z \angle \varphi}$$



2.4.- Circuito con inductancia en corriente alterna.

El desfase que introduce una inductancia en un circuito de corriente alterna entre la tensión y la intensidad es también de 90° sin embargo en esta ocasión a diferencia del condensador la intensidad se encuentra retrasada respecto a la tensión:



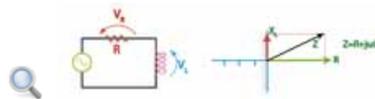
La fórmula para calcular la intensidad es similar las anteriores salvo que la bobina se designa mediante X_L .

$$I = \frac{V}{X_L}$$

$$I = \frac{V}{X_L \angle 90^\circ} = \frac{V \angle -90^\circ}{X_L}$$

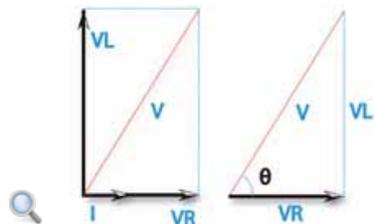
Circuito mixto con resistencia y bobina: La intensidad que circula por el circuito se calcula aplicando la ley

de Ohm: $I \angle \varphi = \frac{V \angle \varphi}{Z \angle \varphi}$



La impedancia también se puede calcular como la división entre la tensión total con su magnitud, su fase y la intensidad.

$$\text{Impedancia} = Z \cdot \angle \Theta = \frac{v_S \cdot \angle \Theta}{I \cdot \angle \Theta}$$



Autoevaluación

En alterna la intensidad y la tensión presentan el siguiente desfase:

- Desfase de 90° en un circuito resistivo.
- Adelanto de 90° de la Intensidad sobre la Tensión en un circuito inductivo.
- Adelanto de 90° de la Intensidad sobre la Tensión en un circuito capacitivo.

Repasa los contenidos.

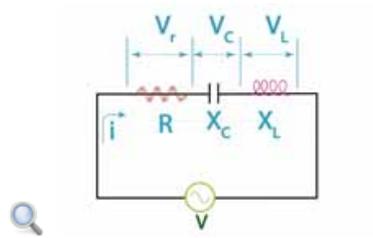
Exacto, la Intensidad adelanta 90° sobre la Tensión en un circuito inductivo.

No es así.

Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto

2.5.- Circuito mixto en alterna con R.L.C.



Este circuito es lo más próximo a lo que podemos encontrar en la realidad. Cualquier circuito contiene una parte resistiva y una parte reactiva con el componente capacitivo y el componente inductivo, por lo que será el tipo de circuito que más frecuentemente te encontrarás.

$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

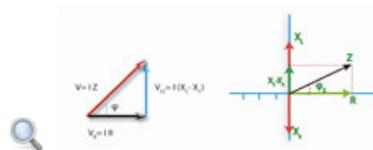
La Intensidad se calcula como el cociente de la tensión y la impedancia:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{Z \angle \varphi_2}$$

La tensión y la impedancia total se calculan como una suma vectorial.

La impedancia se calcula como una suma e vectores: X_L y X_C en la misma dirección pero en sentido contrario, se restan. El resultado se suma vectorialmente con R y nos da como resultado un vector Z con un ángulo determinado que se aprecia en el dibujo.

Si multiplicamos cada uno de los vectores por el valor de la intensidad tenemos el diagrama vectorial de las tensiones en cada uno de los componentes:



2.6.- Ejercicios para calcular.



Ejercicio resuelto

Calcular la Impedancia (Z) y la Intensidad (I) que circula en el circuito.



Mostrar retroalimentación

La impedancia está compuesta por la Resistencia y por la reactividad capacitiva:

$$Z = R + j \cdot X_C = R + \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 314 \text{ rad/s}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{314 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = 63,7\Omega$$

$$Z = 10^3 + j \cdot 63,7\Omega$$

Como se trata de una fase también se puede representar mediante su módulo y en fase.

$$|Z| = \sqrt{(1000)^2 + (63,7)^2} = \sqrt{10^6 + 4057} = 1002,02\Omega$$

$$\varphi = \arctang \frac{63,7}{1000} = 0,017^\circ$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100 \cdot \angle 0^\circ}{|1002,02| \angle 0,017^\circ} = 0,099A \angle -0,017^\circ$$



Autoevaluación

El ángulo de desfase de la impedancia depende de la frecuencia. ¿Verdadero o falso?

- Verdadero.
- Falso.

Correcto.

Lo siento, no es así.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

2.7.- Resonancia en serie.

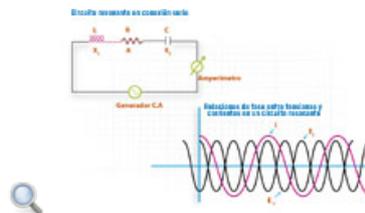
La **resonancia eléctrica** es un fenómeno que se produce en un circuito RLC en el que existen elementos reactivos (bobinas y capacitores) cuando es recorrido por una corriente alterna, de una frecuencia tal que anula la reactancia en caso de estar ambos en serie, o se haga infinita si están en paralelo.

Circuitos serie de resistencia, inductancia, capacidad.

La reactancia inductiva de un circuito serie RLC aumenta con la frecuencia, mientras que la reactancia capacitiva disminuye con el aumento de la frecuencia del voltaje aplicado. El circuito estará en resonancia para la frecuencia en la cual la reactancia capacitiva e inductiva son iguales (es decir, $X_L = X_C$), en resonancia o a la frecuencia natural (f_r).

$$X_L = X_C; 2\pi \cdot f_r \cdot L = \frac{1}{2\pi \cdot f_r \cdot C}; f_r^2 = \frac{1}{4\pi^2 \cdot L \cdot C}; \Rightarrow f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

f_r es en ciclos/seg, si L está en henrios y C en faradios, o f_r es en ciclos/seg, Dado que la reactancia neta ($X_L - X_C$) es cero a resonancia, la impedancia total del circuito iguala a la resistencia en serie, $Z = R$, y su valor es mínimo.



Según se ve en el circuito anterior, la intensidad se encuentra atrasada 90 grados con respecto a la tensión y en el condensador la misma intensidad se encuentra adelantada, también 90 grados, con respecto a la tensión. Así pues, la tensión en la bobina estará desplazada 180 grados con respecto a la tensión en el condensador, y como para resonancia ambas tensiones son iguales, las mismas se cancelarán, lo cual implica que entre los extremos de L y C conjuntamente, no habrá caída de tensión, y en consecuencia la intensidad será máxima.

Resumiendo, en un circuito resonante en serie como el de la figura, para la condición de resonancia la intensidad a través del mismo será máxima y por lo tanto la impedancia mínima. Esta última quedará limitada sólo por la resistencia óhmica, siendo la resistencia óhmica la única oposición al flujo de corriente. Tensión e intensidad se encontrarán en fase. Las reactancias capacitivas e inductivas se cancelarán entre sí, igual que las caídas de tensión en la bobina y el capacitor, por estar 180 grados fuera de fase.

2.8.- Curva característica de circuitos resonancia en serie.

La fórmula de la corriente de línea (Total) como hemos visto en varias ocasiones es:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{R}$$

La fórmula del factor de potencia es:

$$f_p = \cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{R}{R} = 1$$

La fórmula de ángulo de fase es como sigue:

$$\theta = \text{tang}^{-1} \frac{X}{R} = \text{tang}^{-1} 0 = 0^\circ$$

Curva de resonancia de circuitos en serie:

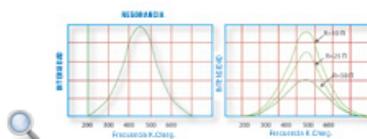
En las figuras siguientes se pueden identificar los valores que adopta la intensidad en función de la resistencia.

Ya sabes que para la condición de resonancia corresponderá el máximo valor de intensidad por el circuito, si variamos la frecuencia de la tensión aplicada, veras que:

- ✓ A una frecuencia menor que la de resonancia, la corriente estaría limitada por la reactancia capacitiva, que iría asumiendo mayor valor cuando más se fuera reduciendo la frecuencia de la tensión aplicada.
- ✓ Y a su vez, la reactancia inductiva iría disminuyendo, haciéndose, así más notable la diferencia entre ambas reactancias y por lo tanto mayor la oposición total al paso de la intensidad.

Por lo tanto, cuanto más se bajara la frecuencia de la tensión aplicada, en mayor grado decrecería la intensidad de la corriente. Igual condición se cumpliría en circunstancias inversas. Si la frecuencia de la tensión aplicada se fuera aumentando, a partir del valor de resonancia, mayor sería la reactancia inductiva y menor la capacitiva. La máxima altura que podría alcanzar la curva del circuito serie considerado, sería aquella que correspondiera al valor de resonancia.

En el gráfico, se ilustran las curvas para diferentes valores de resistencia óhmica en sus componentes series. Estas demuestran que cuanto menor resistencia posean la bobina o el capacitor, mayor será la intensidad de corriente por el circuito para el valor de resonancia.



Autoevaluación

Las características de un circuito resonante serie son:

- La reactancia capacitiva es igual a la inductiva.
- Se produce a la frecuencia armónica.
- Se disipa la mínima potencia.

Correcto, esta característica es fundamental en resonancia.

Incorrecto.

Revisa este concepto.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto

2.9.- Resonancia en paralelo.

En este circuito RLC paralelo se produce la resonancia cuando la X_L y la X_C son iguales y por lo tanto producen corrientes iguales pero desfasadas 180° , por lo tanto, se cancelan como se aprecia en el diagrama fasorial. La única intensidad que quedaría en el circuito sería la que circula por la resistencia.

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{R}$$

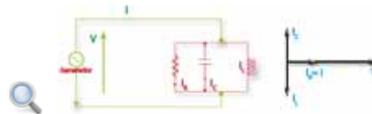
La impedancia de este circuito paralelo se calcula con la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R_P^2} + \frac{1}{X^2}}$$

Siendo R_P la resistencia en paralelo y X la reactancia resultante de la inductancia y del condensador. En resonancia, los términos reactivos se cancelan entre sí, y el valor total de la reactancia es igual a cero.

En frecuencia de resonancia (f_0) sería:

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R_P^2}} = \frac{1}{R_P} \Rightarrow Z = R_P$$



2.10.- Factor de calidad o factor de sobretensión.

La relación de la reactancia de la bobina o del condensador, a la frecuencia de resonancia, con la resistencia se denomina Q del circuito y determina la agudeza de la curva de resonancia (corriente versus frecuencia).

$$Q = \frac{X}{R} = \frac{2\pi \cdot f \cdot L}{R} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C \cdot R}$$

En resonancia, la caída de voltaje sobre la bobina o el condensador es Q veces el voltaje aplicado:

Sobre la bobina

$$E_L = I \cdot X_L = \frac{E}{R} X_L = \frac{X_L}{R} E = Q E$$

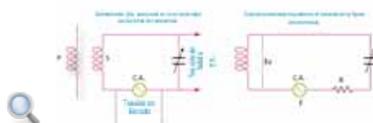
Sobre el condensador:

$$E_C = I \cdot X_C = \frac{E}{R} X_C = \frac{X_C}{R} E = Q E$$

Como ves su magnitud depende exclusivamente de la resistencia óhmica propia de la bobina y el capacitor, que será tanto mayor cuanto más bajo sea el valor resistivo del circuito. El factor de calidad indica la ganancia de tensión obtenida del fenómeno de la resonancia.

El valor del factor Q para un circuito resonante en serie tiene su mayor importancia cuando se consideran circuitos de equipos de radiotransmisores o receptores, donde es fundamental que sea lo más alto posible, pues de ese factor dependerá exclusivamente la sobretensión que pueda obtenerse, o sea, la amplificación que será posible lograr de una tensión inducida y transferida a un circuito sintonizado de radio frecuencia. Por lo tanto, la condición óptima de todo circuito sintonizado habrá de ser sin duda que presente en sus elementos un valor mínimo de resistencia óhmica, lo cual permitirá obtener una curva de resonancia de la suficiente amplitud y agudeza, lo que significa mayor sensibilidad y selectividad del equipo.

En el caso de las figuras siguientes, el "circuito de sintonía" representado permitirá seleccionar o diferenciar las tensiones de frecuencias que llegan a la antena, provenientes de distintas radioemisoras AM. Siendo el capacitor del circuito del tipo variable, es natural que variando la capacidad, se podrá lograr la condición de resonancia para diversas frecuencias, tanto como lo permita la gama de valores entre el mínimo y el máximo de capacidad.



Cada vez que se sintoniza el circuito a la frecuencia correspondiente a cada una de las frecuencias que llegan a la antena, sobre la bobina se induciría una tensión alterna, que por corresponder a la frecuencia propia de resonancia del circuito, haría circular una elevada corriente de una placa del capacitor a la otra, a través de la bobina, provocando así sobre los terminales de los mismos, una extra tensión muy superior a la que se hubiera obtenido si el circuito hubiera estado solamente bobinado. Ello representa pues la ventaja de haber "sintonizado" el dispositivo.



Autoevaluación

El factor de calidad depende de la frecuencia de resonancia. ¿Verdadero o falso?

- Verdadero.
- Falso.

Correcto.

Lo siento, no acertaste.

Solución

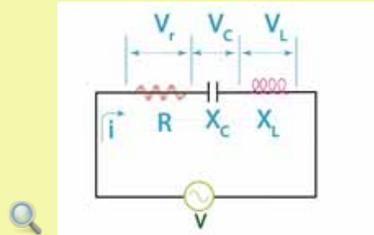
1. Opción correcta
2. Incorrecto

2.11.- Ejercicios de resonancia.



Ejercicio resuelto

Tenemos este circuito como sintonizador de emisoras. Los valores de $R=200$ ohmios y $L=3$ microH. El condensador es variable para sintonizar las emisoras. Calcula la capacidad del condensador para sintonizar la emisora registrada en la frecuencia 107.7 MHz.



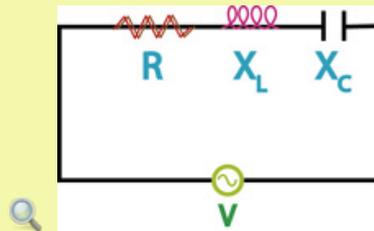
Mostrar retroalimentación

Para sintonizar la emisora de frecuencia 107.7 Mhz, es necesario que ésta sea la frecuencia de resonancia del circuito, por lo tanto habrá que despejar el valor de la Capacidad en la fórmula de la frecuencia de resonancia.

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

$$C = \frac{1}{(2\pi \cdot f_r)^2 \cdot L} = \frac{1}{(2\pi \cdot 107,07 \cdot 10^6)^2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{(676,7)^2 \cdot 10^6 \cdot 3} = 1,37 \mu F$$

El siguiente circuito está formado por una resistencia de 10Ω , un condensador de $50 \mu F$ y una bobina de $0,10$ H. ¿cuál será la frecuencia de la tensión que habrá que aplicar para que el circuito entre en resonancia?



Mostrar retroalimentación

Aplicaremos la fórmula de la frecuencia de resonancia:

$$f_o = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$$

$$\frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{(50 \cdot 10^{-6}) \cdot (0,10)}} = \frac{1}{6,28 \cdot \sqrt{(5 \cdot 10^{-6})}} = \frac{1}{6,28 \cdot \sqrt{5 \cdot 10^{-3}}} = 31,8 \text{ MHz}$$



Para saber más

En este enlace podrás conocer el esquema de un receptor de radio.

 [Esquema de un receptor de radio AM.](#)

2.12.- Armónicos en alterna.

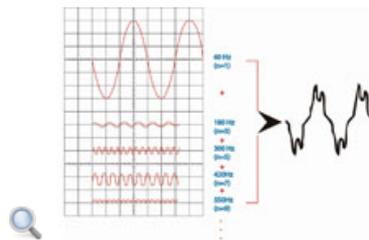
Una señal periódica no senoidal se puede descomponer en la suma de una función senoidal, cuya frecuencia fundamental será igual a la de la señal no senoidal y de otras funciones senoidales, cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. A estas frecuencias se las denomina armónicos.

Si tenemos una señal de 60Hz, el primer armónico es de 60 Hz y se le denomina armónico fundamental, el segundo armónico tendría una frecuencia de 120Hz y así sucesivamente.

La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, etc.

En un sistema de potencia eléctrica, los aparatos y equipos que se conectan a él están diseñados para operar a 50 ó 60 ciclos, con una tensión y corriente sinusoidal. Por diferentes razones, se puede presentar un flujo eléctrico a otras frecuencias de 50 ó 60 ciclos sobre algunas partes del sistema de potencia o dentro de la instalación de un usuario. La forma de onda existente está compuesta por un número de ondas sinusoidales de diferentes frecuencias, incluyendo una referida a la frecuencia fundamental.

En la figura se observa la descomposición de una onda distorsionada en una onda sinusoidal a la frecuencia fundamental (60 Hz) más una onda de frecuencia distinta. El término componente armónico o simplemente armónico, se refiere a cualquiera de los componentes sinusoidales que indicábamos antes, la cual es múltiplo de la fundamental. La amplitud de los armónicos es generalmente expresada en por ciento de la fundamental.



Autoevaluación

Las armónicos son:

- Diferentes timbres de una señal acústica.
- Diferentes tonos de una señal acústica.
- Múltiplos enteros de la frecuencia fundamental.

No es así.

Revisa los contenidos.

Correcto, los armónicos son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental.

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta

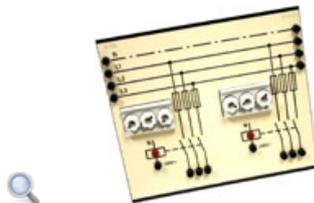
2.13.- Circuitos monofásicos y circuitos trifásicos.

Los **circuitos monofásicos** son aquellos que constan de dos hilos únicamente, que son la fase y el neutro. La fase es el conductor y el neutro sería un hilo de referencia.

Los **circuitos trifásicos** están compuestos de tres fases, es decir tres circuitos con la misma tensión y desfasados 120° . La principal aplicación para los circuitos trifásicos se encuentra en la distribución de la energía eléctrica a la población. **Nikola Tesla** probó que la mejor manera de producir y transmitir la energía eléctrica era usando circuitos trifásicos.

Algunas de las razones por las que la energía trifásica es superior a la monofásica son:

- ✓ La potencia en Kilo Voltios Amperio (KVA) de un motor trifásico es aproximadamente 150 % mayor que la de un motor monofásico.
- ✓ En un sistema trifásico balanceado los conductores necesitan ser el 75 % del tamaño que necesitarían para un sistema monofásico con la misma potencia por lo que esto ayuda a disminuir los costos y por lo tanto a justificar el tercer cable requerido.
- ✓ La potencia proporcionada por un sistema monofásico cae tres veces por ciclo. La potencia proporcionada por un sistema trifásico nunca cae a cero, por lo que la potencia enviada a la carga es siempre la misma.

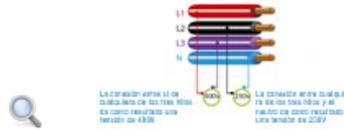


2.14.- Circuitos Trifásicos.

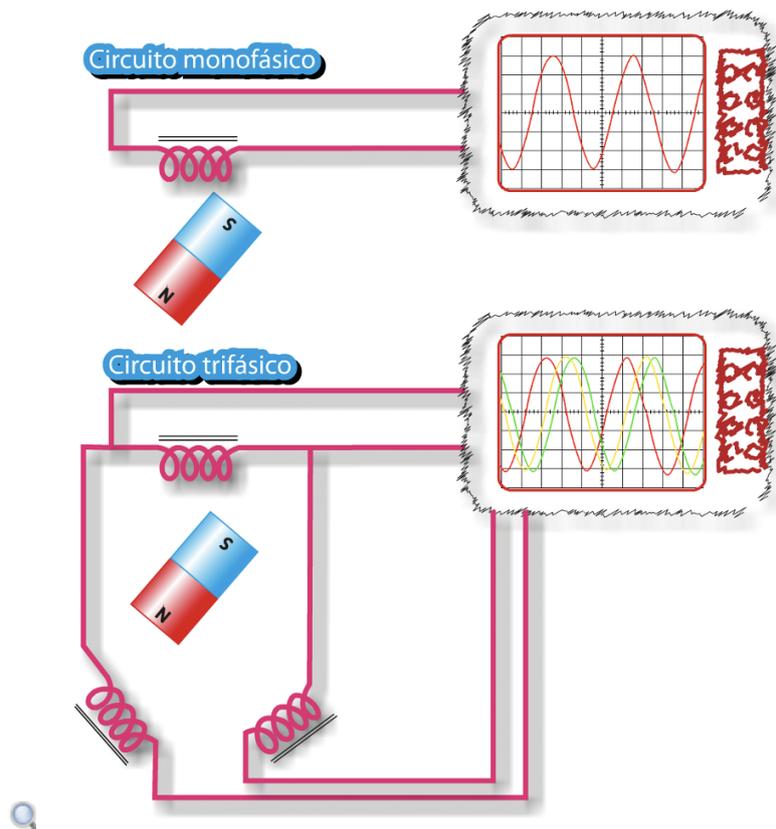
Un circuito trifásico se caracteriza por utilizar generalmente cuatro hilos; de los cuales tres son fases y el cuarto es neutro. De ellos se pueden obtener dos tensiones diferenciadas. Si medimos la tensión que existe entre cualquiera de las fases (los tres hilos) y el neutro con un voltímetro, el resultado será de 230 vatios es lo que conocemos como **tensión de fase**, sin embargo si la medición la realizamos entre cualquiera de las fases, la tensión resultante será de 400 vatios, en este caso se llama **tensión de línea**.

La tensión de línea es raíz de 3 veces mayor que la tensión de fase:

$$V_{línea} = \sqrt{3} \cdot V_{fase}$$



La generación de la energía trifásica es sencilla, si rotamos un campo magnético a través de una bobina entonces se produce un voltaje monofásico, pero si en lugar de una bobina colocamos tres separadas por ángulos de 120° se estarán produciendo tres voltajes con una diferencia de fase de 120° cada uno. El mismo efecto se produciría si se hacen girar tres espiras en torno a un eje común en el seno de un campo magnético.



El valor instantáneo de cada una de las tensiones generadas en el circuito será:

$$v_1 = v_{max} \text{sen}(\omega t)$$

$$v_2 = v_{max} \text{sen}(\omega t - 120^\circ)$$

$$v_3 = v_{max} \text{sen}(\omega t - 240^\circ)$$

En cuanto a las intensidades puede darse un **sistema equilibrado** si las intensidades de cada fase son iguales y los desfases también lo son, el resultado es que la intensidad en circulación por el conductor neutro es cero. Sin embargo, cuando las intensidades y los desfases en cada una de las fases son distintos el **sistema es desequilibrado**, y la intensidad del conductor neutro ya no será cero.

Al tener en la misma línea dos tensiones tiene la ventaja de poder utilizar la tensión más alta para industrias y empresas restringiendo el uso de la tensión más baja para el ámbito doméstico de nuestros hogares. Además, alternadores, transformadores y motores de corriente alterna trifásica, no solo tienen un mejor rendimiento sino que son más sencillos y económicos que los monofásicos, por ejemplo la potencia de un motor trifásico es un 150 % mayor que la del monofásico.



Autoevaluación

En un sistema trifásico equilibrado la intensidad del neutro es cero. ¿Verdadero o falso?

- Verdadero.
- Falso.

Correcto.

Lo siento, no es correcto.

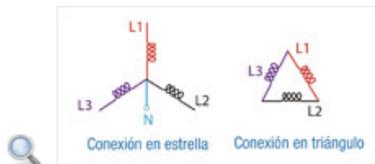
Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

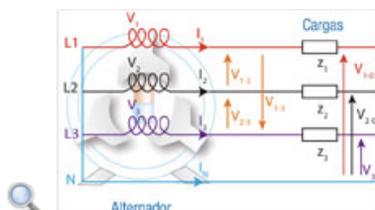
2.15.- Partes de un circuito trifásico.

Un circuito trifásico se puede dividir en tres partes principalmente:

1. La fuente de alimentación. Generalmente un alternador trifásico compuesto por tres bobinas en torno a un potente electroimán. Las tres bobinas del alternador pueden conectarse de dos formas principalmente: En estrella o en triángulo. Aunque la conexión más usual en los alternadores es en estrella.



2. Las líneas o cables del circuito encargados de transmitir el voltaje de la fuente a las cargas. En un circuito trifásico hay tres líneas más el neutro (aunque en muchas ocasiones se puede eliminar en sistemas equilibrados dado que la corriente en esa línea es de 0).
3. Cargas trifásicas; son todos aquellos receptores que están consumiendo la potencia generada por la fuente, pueden ser todo tipo de aparatos eléctricos, focos, lámparas etc...

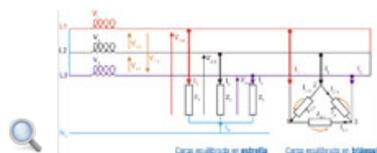


Cada una de las tres bobinas genera una **tensión** denominada **de fase** o simple (V_1, V_2, V_3). Igualmente cada línea experimenta una **intensidad** llamada **de línea** (I_1, I_2, I_3). En cuanto a las tensiones que aparecen entre cada una de las fases, se las denomina **tensiones de línea** o compuestas ($V_{1-2}, V_{2-3}, V_{1-3}$). Las otras tensiones señaladas en el dibujo son las referidas a las que se experimentan al conectar las cargas trifásicas en el circuito, tal y como veremos en los siguientes apartados.

2.16.- Carga de receptores en estrella y triángulo.

A partir de la disposición de un circuito trifásico como el descrito anteriormente, es posible proceder a conectar cargas entre sí en forma de triángulo o estrella (también cargas monofásicas entre una fase y el neutro o entre dos fases). La potencia de cargas trifásicas conectadas tanto en estrella como en triángulo para el caso de sistemas equilibrados es siempre:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$$



Veámoslo para ambos tipos de conexiones, ayudándonos con el diagrama vectorial:

- ✓ **Conexión en estrella:** al ser un sistema equilibrado se cumple que $I_1=I_2=I_3=I_N=0$. (para simplificar se suele eliminar el neutro en el análisis).
 - ◆ **Potencia:** Para calcular la potencia simplemente hay que sumar la potencia de cada una de las tres cargas (monofásicas):

$$P = V_{1-0} \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1 + V_{2-0} \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2 + V_{3-0} \cdot I_3 \cdot \cos\varphi_3$$

Dado que es un sistema equilibrado las corrientes de fase, las tensiones de fase y los factores de potencia son iguales. Es decir, al despejar la fórmula se cumple que:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$$

- ✓ **Conexión en triángulo:** En este caso ocurre igual las intensidades son iguales y para el cálculo de la potencia habrá que sumar las potencias que se desarrollan en cada una de las tres cargas.



Autoevaluación

Los sistemas trifásicos se caracterizan por:

- Disponer de tres fases.
- Tener una fase.
- Disipar más potencia.

Es así, los sistemas trifásicos se caracterizan por disponer de tres fases.

No es así.

No es correcto.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

3. Incorrecto

3.- Aparatos de medida en corriente alterna.



Caso práctico

Isidro y **Valle** han decidido quedar con **Jaime** para que les recuerde cómo se utilizaban los aparatos de medida. Saben que este tema es crucial para realizar una buena prueba, pues una parte de ésta será realizar medidas en alterna con diferentes aparatos.

Jaime es Técnico Superior en Mantenimiento electrónico y sabe muy bien cómo funcionan estos instrumentos.

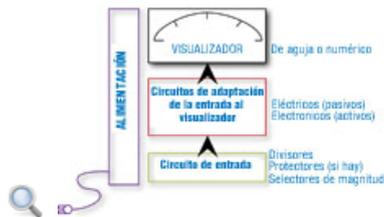


3.1.- Instrumentos de medida.

Los instrumentos de medida son los aparatos que se utilizan para registrar los valores de las magnitudes en las unidades de medida correspondientes.

Los instrumentos de medida se componen básicamente de tres bloques:

1. **Un visualizador** que permite leer el valor de la magnitud. Pueden ser numéricos (digitales) o de aguja (analógicos).
2. **Un circuito adaptador**, que adapta la señal de entrada al visualizador.
3. **Un circuito de entrada**, que recoge la señal a medir.



3.2.- Clasificación de los instrumentos de medida.

Los instrumentos de medida se pueden clasificar de manera global en:

- ✓ **Analógicos:** son los que presentan la medida mediante una aguja móvil que se desplaza por una escala graduada.
- ✓ **Digitales:** son los que presentan la medida en un display numérico.



También se puede hacer una clasificación según el tipo de magnitud:

- ✓ Amperímetro. Medida de Intensidad.
- ✓ Voltímetro. Medida de tensión.
- ✓ Óhmetro. Medida de resistencia.
- ✓ Polímetro. Medida de varios tipos de magnitudes.
- ✓ Vatímetro. Medida de potencia.
- ✓ Contador de energía. Medida de energía.
- ✓ Frecuencímetro. Medida de frecuencia.
- ✓ Medidor de aislamiento. Medida de aislamiento.
- ✓ El osciloscopio. Diferentes tipos de medidas sobre la señal.
- ✓ Analizador lógico. Visualiza señales digitales.
- ✓ La sonda lógica. Medida de señal digital.



Autoevaluación

Relaciona las magnitudes eléctricas con los aparatos de medida.

Ejercicio de relacionar

Magnitudes	Relación	Aparatos de Medida
Varias magnitudes.	<input type="checkbox"/>	1. Sonda lógica.
Señales digitales.	<input type="checkbox"/>	2. Vatímetro.
Potencia.	<input type="checkbox"/>	3. Polímetro.

Enviar

La sonda lógica, el vatímetro y el polímetro son aparatos de medida que miden señales digitales, potencia y diversas magnitudes respectivamente.

3.3.- Polímetro digital.

El **polímetro** es un instrumento de medida portátil que mide diferentes magnitudes eléctricas tanto en continua como en alterna. Las magnitudes que se pueden medir son tensión, intensidad, resistencia, capacidad, prueba de continuidad, prueba de diodos y transistores.

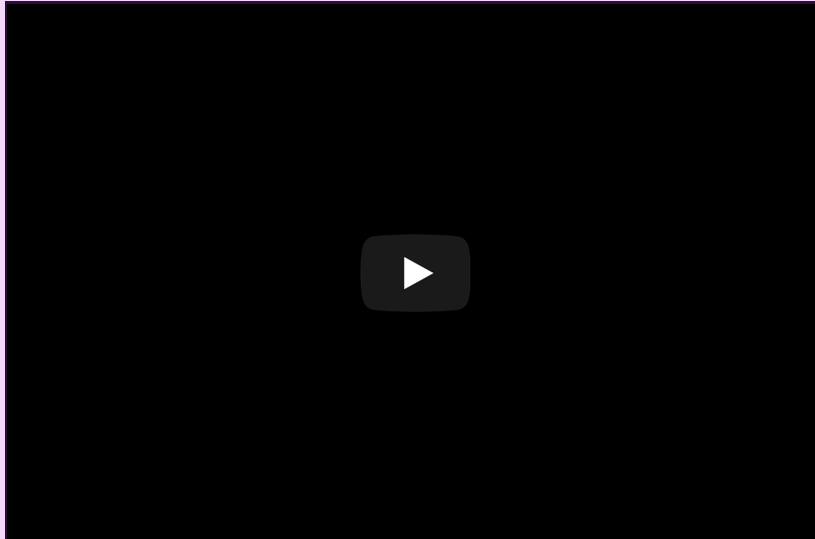
Las partes que componen el polímetro digital son:

- ✓ Display, pantalla de cristal líquido donde aparecen los dígitos.
- ✓ Conmutador tipo de corriente AC/DC.
- ✓ Ruleta giratoria con la que elegimos el tipo de magnitud que queremos medir (ohmios, DCV, ACV, etc.) y el rango o alcance máximo de la medida (20 MΩ, 200 mA, 2 mV).
- ✓ Bornes de conexión: donde se han de conectar las clavijas de las puntas de prueba. Según el tipo de medida que se vaya a realizar deberán colocarse en una posición u otra.
- ✓ Puntas de prueba: son los elementos que interconectan el polímetro con el componente o circuito a medir. Disponen de una punta metálica montada sobre un mango aislante de la electricidad y se conectan a través de un cable al polímetro por medio de una clavija. Uno es de color rojo, que se suele emplear para la polaridad positiva, y el otro de color negro para la negativa.



Debes conocer

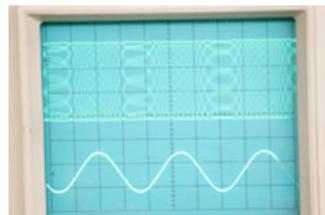
En este enlace podrás ver un vídeo en el que se explica las características de un polímetro digital y su uso para realizar las diferentes medidas.



[Resumen textual alternativo](#)

3.4.- El osciloscopio.

El osciloscopio es un dispositivo de visualización gráfica que nos muestra la evolución de una señal en el tiempo. En corriente alterna el osciloscopio es un elemento indispensable ya que nos mostrará la forma de la señal y se pueden medir en él todos los parámetros fundamentales de la señal eléctrica. La señal se dibuja en un sistema de ejes de referencia cartesiana.



Con el osciloscopio se puede determinar el periodo (en el eje de las X) y el voltaje de una señal (en el eje de las Y). Se puede calcular la frecuencia de la señal a partir del periodo y se puede medir la fase entre dos señales. Además se puede diferenciar la parte de la señal que consiste en ruido de la señal original. A partir de estas medidas sobre el osciloscopio se puede localizar averías en un circuito.

En el tutorial que puedes ver a continuación dispones de un tutorial de manejo del osciloscopio, pero podemos adelantarte alguna idea principal: lo más importante para realizar medidas en un osciloscopio es tener claro que debe ser colocado en paralelo, lo cual implica que podrá medir tensiones pero no intensidades. Se pueden realizar dos medidas simultáneamente que aparecerán en dos canales diferentes. Las señales se conectan mediante unas sondas a unos conectores **BNC**. En el equipo se dispondrá de diferentes mandos, que podrán variar de un modelo a otro, pero para las medidas básicas los más importantes serán la base de tiempos, en el que se podrá variar la unidad de tiempo por cada división de la pantalla y, la rueda que determina la amplitud de la señal en cada uno de los canales. Se trata de graduar estas ruletas para poder visualizar la señal correctamente y realizar las medidas de la manera adecuada. Para el resto de los detalles consultad el tutorial.



Debes conocer

En este enlace podrás encontrar información sobre el uso del osciloscopio.

 [En este enlace podrás encontrar un tutorial muy completo sobre el uso del osciloscopio.](#)

3.5.- Otros instrumentos de medida.

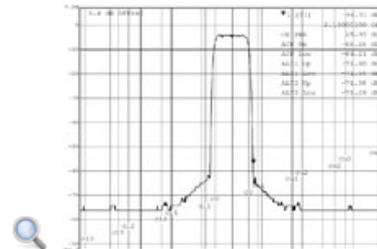
El frecuencímetro.



El frecuencímetro es un instrumento que mide la frecuencia, basándose en el funcionamiento de un contador que contabiliza el número de repeticiones de una onda en un intervalo de tiempo. El valor de esta frecuencia aparece en un display en las unidades del S.M.I. (Hertz).

Su uso se puede sustituir por el de un osciloscopio, por lo que veremos que este instrumento no es imprescindible para detectar las averías de un circuito electrónico.

El analizador de espectros.



El **analizador de espectros** es un instrumento de medida que permite visualizar los componentes espectrales de una señal en el dominio de la frecuencia. Es muy útil ya que con este instrumento se consiguen ver aquellas características que no se aprecian en el dominio del tiempo y, que por lo tanto no se apreciarían con el osciloscopio. También se puede utilizar para comprobar el espectro radioeléctrico con ayuda de una antena.



Autoevaluación

El osciloscopio es el instrumento ideal para estudiar una señal alterna. ¿Verdadero o falso?

- Verdadero.
- Falso.

Correcto.

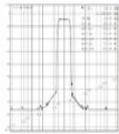
Lo siento, no es así.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto

Anexo.- Licencias de recursos.

Licencias de recursos utilizados en la Unidad de Trabajo

Recurso (1)	Datos del recurso (1)	Recurso (2)	Datos del recurso (2)
	<p>Autoría: Coaster J, Erik Baas. Licencia: Creative Commons. Procedencia: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/Frequency_counter.jpg</p>		<p>Autoría: Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, Mühldorfstraße 15, D-81671 München. Licencia: Creative Commons. Procedencia: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/FSL.jpg</p>
	<p>Autoría: JoBa2282. Licencia: Creative Commons. Procedencia: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/ACP_1_UMTS_FDD_Carrier.png</p>		