

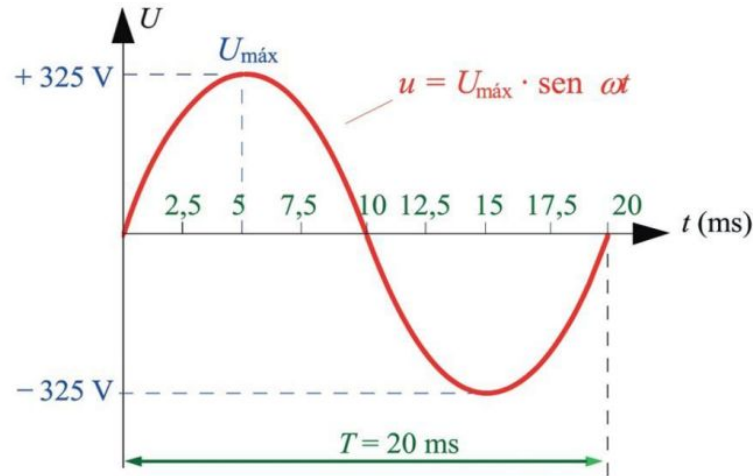
UD6. CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA

1.- Valores característicos de la corriente alterna

Al representar en un gráfico la tensión que aparece en un alternador en función del tiempo, aparece una curva que se conoce con el nombre de senoide.

Esto es así porque la tensión queda en función del seno del ángulo α de giro.

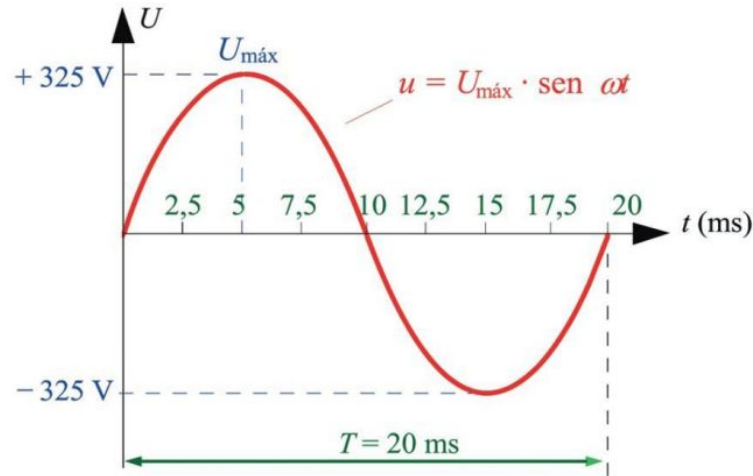
En nuestras viviendas, la tensión es de 230 V y la frecuencia 50 ciclos por segundo.



Valor instantáneo de tensión

Es el valor que toma la tensión en cada instante del tiempo siguiendo la función senoidal:

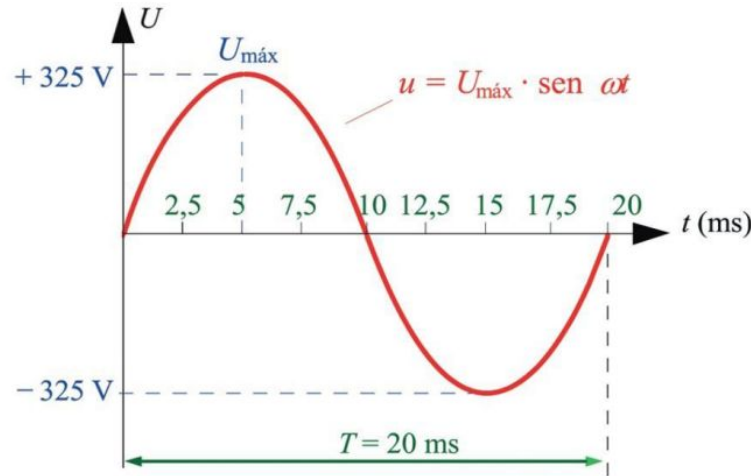
$$u = U_{\text{máx}} \text{ sen } \omega t$$



Valor máximo de la tensión

La tensión varía a cada instante, de tal forma que por cada ciclo es dos veces nula y dos veces máxima (de sentido opuesto, $+U_{\text{máx}}$ y $-U_{\text{máx}}$).

Se denomina valor máximo al mayor de todos ellos, y que en el gráfico se da en las crestas de la senoide. En nuestro ejemplo este valor es de 325 V.



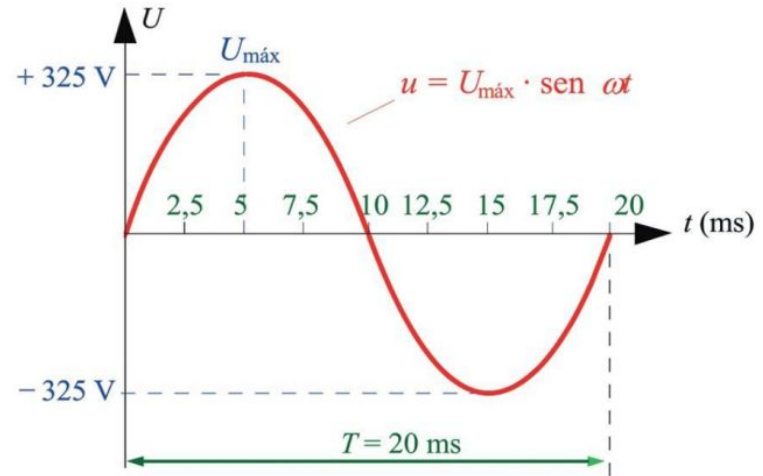
Tensión eficaz

Es necesario determinar un valor que represente a la tensión para realizar los cálculos y medidas (tensión eficaz).

La tensión eficaz es la que mide un voltímetro de C.A. La tensión eficaz también se puede definir como aquella que en las mismas condiciones produce los mismos efectos caloríficos en una resistencia eléctrica que una tensión continua del mismo valor.

En el ejemplo, la tensión eficaz es 230 V.

$$U_{\text{ef}} = \frac{U_{\text{máx}}}{\sqrt{2}}$$



Intensidad eficaz

Al igual que ocurre con la tensión, la intensidad de la corriente también varía según una función senoidal, siendo dos veces nula y dos veces máxima por cada ciclo.

La intensidad eficaz es el valor que produce los mismos efectos energéticos que una corriente continua del mismo valor. Además es la que indican los amperímetros de C.A.

$$I_{\text{ef}} = \frac{U_{\text{ef}}}{R}, \quad \text{siendo} \quad I_{\text{ef}} = \frac{I_{\text{máx}}}{\sqrt{2}}$$

¿Cuál es el valor eficaz de una tensión alterna si su valor máximo es 325 V?

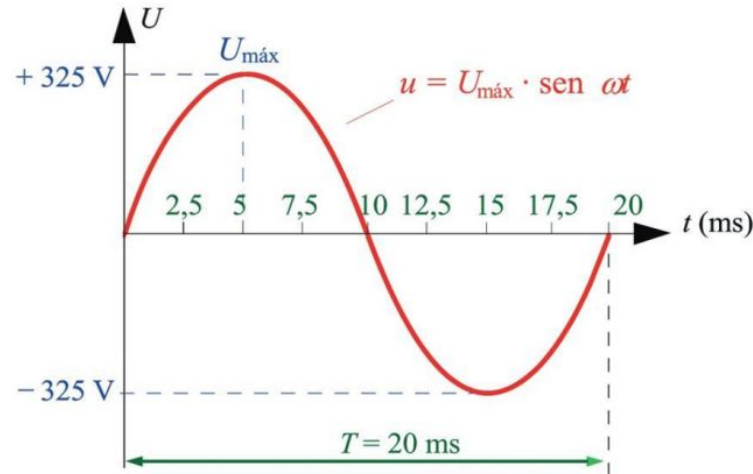
¿Cuál es el valor máximo de una tensión alterna de 125 V?

Conectamos una resistencia de 100 ohmios a una red de C.A. de 230 V. Determina el valor eficaz y máximo de la intensidad de la corriente.

Ciclo o periodo

El periodo es el tiempo que transcurre en un ciclo completo. Se representa por la letra T y se mide en segundos.

En el ejemplo de la Figura se puede comprobar que el periodo es de 20 milésimas de segundo.

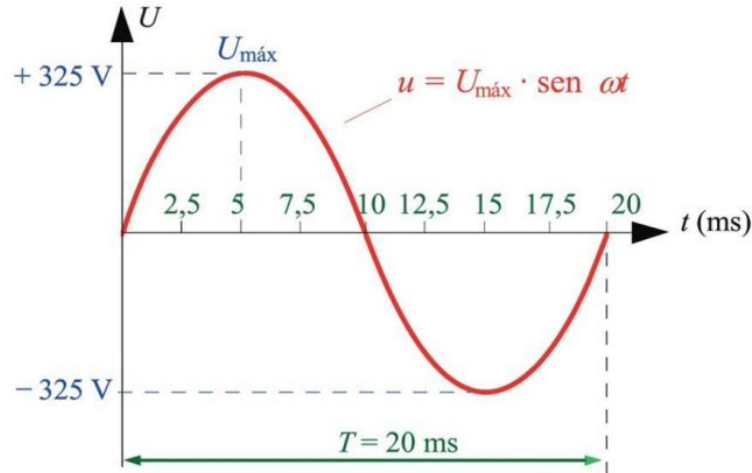


Frecuencia

Es el número de ciclos que se producen en un segundo. Se representa por la letra f y se mide en hercios (Hz) o en ciclos/segundo.

En el ejemplo de la figura, la frecuencia es de $f = 1 / 0,02 \text{ s} = 50 \text{ Hz}$

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

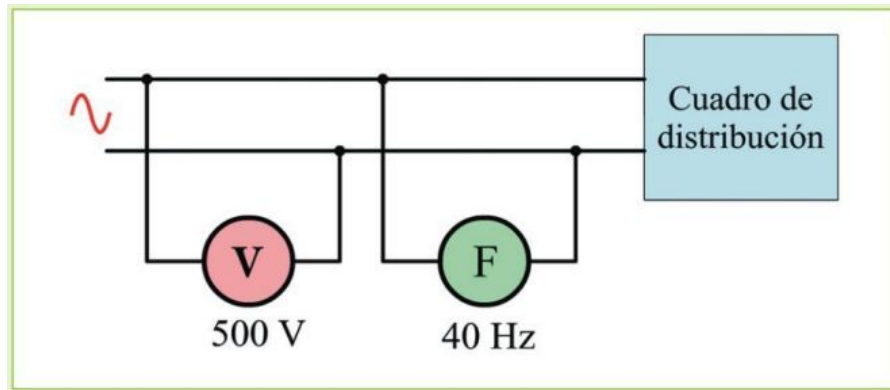


¿Cuál será el valor de la frecuencia de una C.A. senoidal si mediante un osciloscopio determinamos que su periodo es de 0,010 segundos?

Determina el periodo que le corresponde a la frecuencia de la red eléctrica americana si su frecuencia es de 60 Hz.

En la Figura se muestra el esquema de conexiones de un frecuencímetro y un voltímetro de C.A. conectados a la entrada de un cuadro de distribución.

Las lecturas de estos aparatos de medida son 40 Hz y 500 V, respectivamente. Determina el periodo y el valor máximo de la tensión.



Velocidad angular (ω)

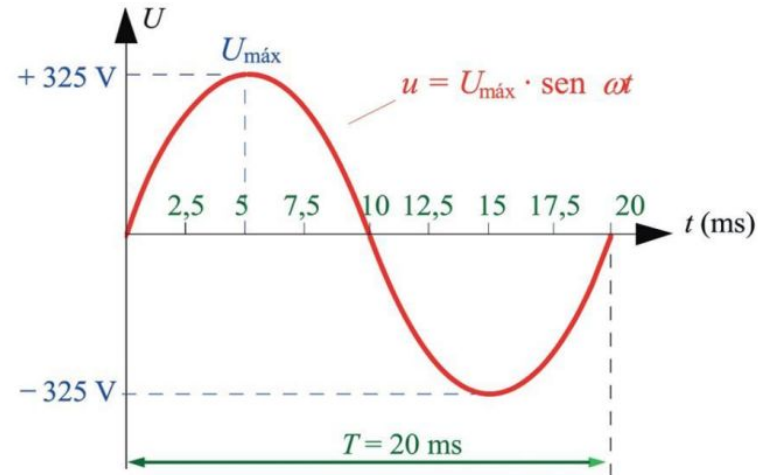
Es el cociente entre el ángulo recorrido en un ciclo y el período transcurrido en recorrerlo:

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

Se relaciona con la frecuencia mediante la siguiente fórmula:

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

$$\omega = 2\pi f$$



¿Qué valor instantáneo alcanzará una tensión de 50 Hz si el valor máximo es de 311 y el tiempo de 0,003 s?

$$u = U_{\text{máx}} \text{ sen } \omega t$$

2.- Receptores en corriente alterna

Dentro de la multitud de receptores que se pueden construir existen tres elementos claramente diferenciados: resistencias, bobinas y condensadores.

Resistencia pura

Una resistencia pura se comporta de forma similar en corriente alterna que en continua.

En este caso también se cumple la ley de Ohm, pero ahora se aplica con los valores eficaces de la corriente y la tensión.

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

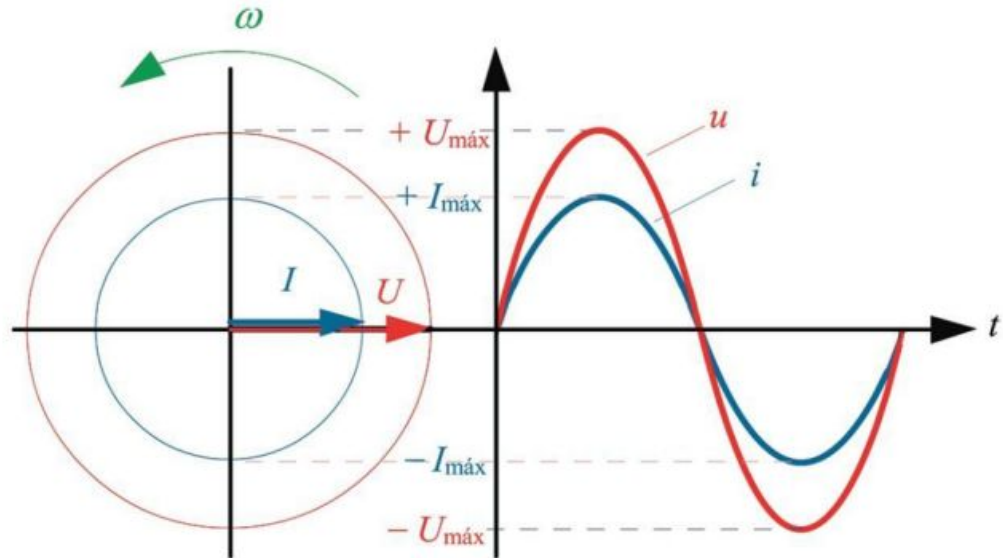
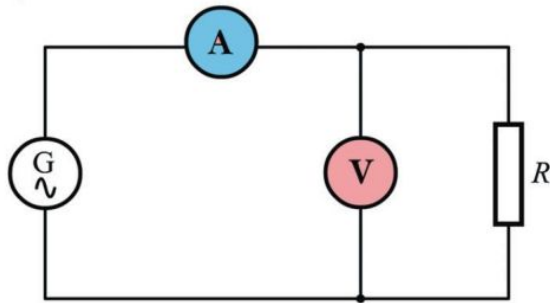
I = Intensidad eficaz en amperios.

U = Tensión eficaz en voltios.

R = Resistencia en ohmios.

Cuando el valor de la tensión U aumenta o disminuye, también lo hace el de la corriente I , alcanzando los valores máximos y nulos en el mismo instante de tiempo. En este caso se puede decir que la corriente y la tensión están en fase.

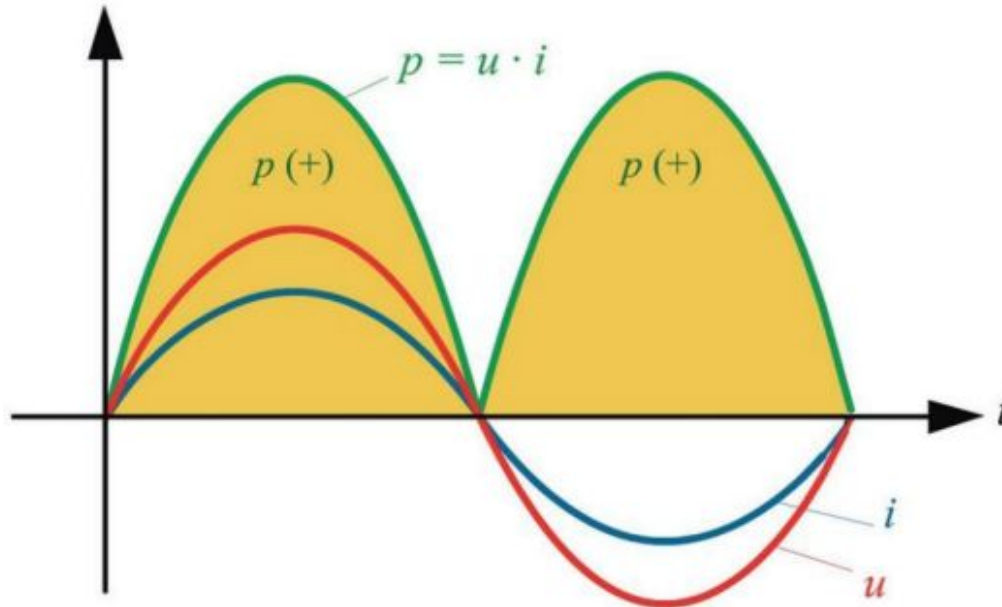
En el diagrama vectorial de U y de I . Estas magnitudes aparecen dibujadas como dos vectores que giran a la velocidad ω en el sentido contrario al de las agujas de un reloj; el valor instantáneo de tales magnitudes es el que correspondería a la proyección de estos vectores en el eje Y.



A la potencia que es consumida por la resistencia, la llamamos potencia activa (P) y se podría calcular obteniendo la potencia media de la potencia instantánea, o mucho más fácil:

$$P = U \cdot I$$

$$P = R \cdot I^2$$



Determina la corriente y la potencia activa que aparecerán en una resistencia pura de 50 ohmios si la sometemos a una tensión alterna senoidal de 230 V. Dibuja el diagrama vectorial.

Circuito con bobina

Las bobinas están presentes en todos aquellos receptores en los que sea necesaria la producción de un campo magnético.

Como por ejemplo: electroimanes, contactores, motores, reactancias de arranque de lámparas de descarga, transformadores, etc.

Circuito con bobina

En corriente continua:

Si conectamos una bobina a una tensión continua, en ella aparece una corriente eléctrica que queda únicamente limitada por la resistencia que posea el conductor.

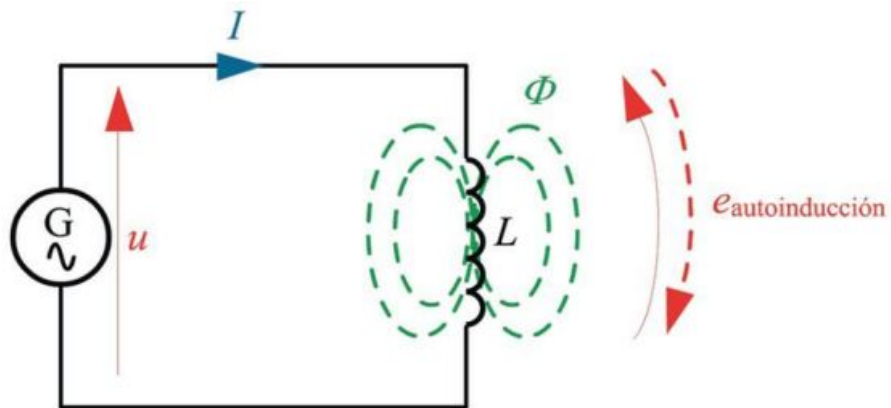
Dado que esta resistencia suele ser pequeña, se comporta prácticamente como un circuito cerrado.

En corriente alterna:

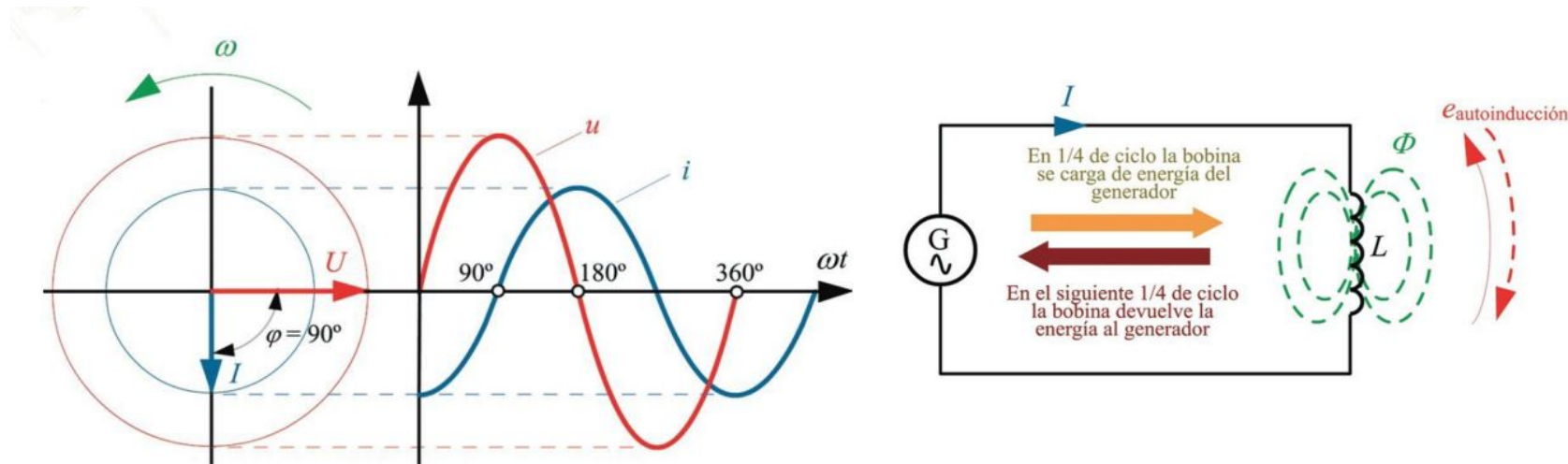
Si conectamos la misma bobina a una tensión alterna, se puede comprobar experimentalmente que ahora la corriente que fluye por la bobina es más bien moderada. Si conectamos un vatímetro podríamos comprobar que el consumo de potencia es prácticamente nulo, a pesar de la existencia de una cierta corriente.

De aquí se puede sacar la conclusión de que la bobina desarrolla una cierta oposición a la corriente eléctrica de carácter diferente a la resistencia óhmica.

La f. e. m. de autoinducción de la bobina se opone a la corriente.



La bobina se carga en 1/4 de ciclo y devuelve la energía al generador el siguiente 1/4 de ciclo. Esto provoca que la corriente se atrase con respecto a la tensión.



Una bobina pura retrasa un ángulo de 90° a la corriente respecto de la tensión.

Reactancia inductiva de una bobina

La reactancia es la oposición que presenta la bobina a la corriente alterna

Tiene que ver con los fenómenos de autoinducción, por lo que será mayor cuanto mayor sea el coeficiente de autoinducción L y más rápidas sean las variaciones de la corriente alterna, es decir, la frecuencia f .

$X_L = \omega L$, o lo que es lo mismo:

$$X_L = 2\pi f L$$

X_L = Reactancia inductiva en ohmios.

f = Frecuencia en hercios.

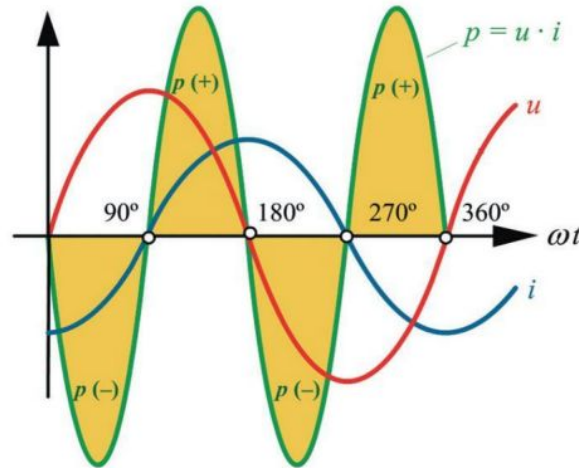
L = Coeficiente de autoinducción en henrios.

Para calcular el valor eficaz de la corriente en una bobina aplicaremos la siguiente expresión, que es muy similar a la ley de Ohm:

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

Potencia en una bobina

La potencia media es cero (potencia activa igual a cero). En el semiciclo positivo el generador cede energía a la bobina y en el negativo, la bobina devuelve esta energía al generador.

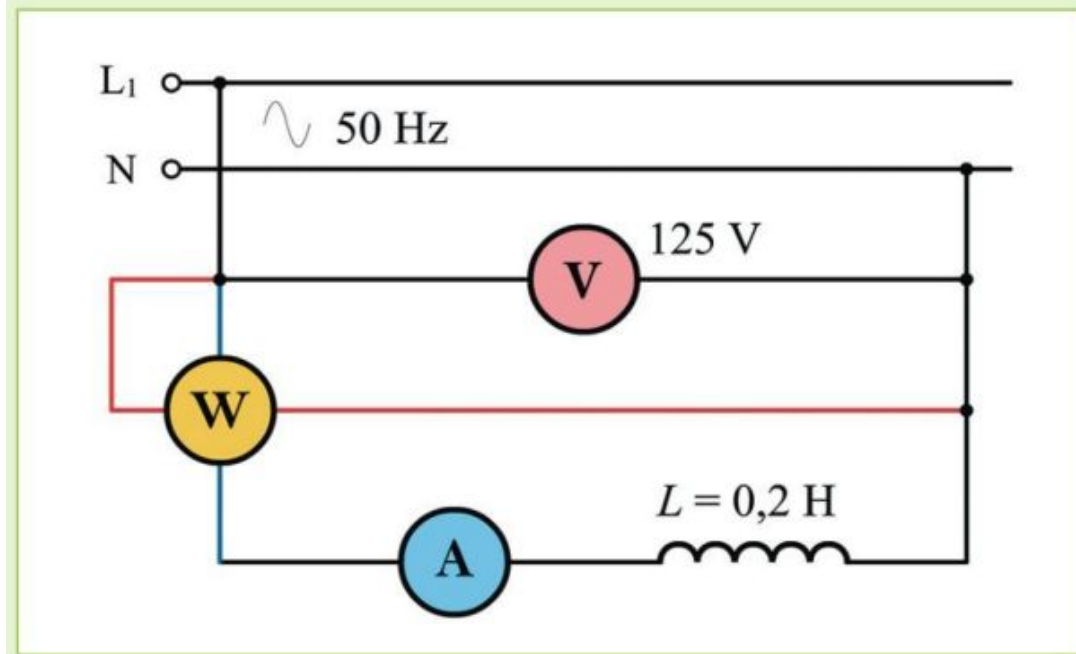


Aunque la bobina no consuma energía real para su funcionamiento, sus constantes cargas y descargas hacen que circule una determinada corriente por los conductores y, por tanto, también aparece una potencia que fluctúa por estos, que llamaremos **potencia reactiva** (Q_L).

En una bobina:

$$Q_L = X_L I^2 \text{ (VAR) (voltiamperios reactivos)}$$

Se conecta una bobina con un coeficiente de autoinducción de 0,2 henrios a una red de C.A. de 50 Hz, tal como se muestra en la Figura . Si el voltímetro indica una tensión de 125 V, averigua las lecturas del amperímetro y el vatímetro, así como la potencia reactiva de la bobina. Dibuja el diagrama vectorial.



Circuito con condensador

Los condensadores no aparecen tan habitualmente en C.A. como las resistencias y las bobinas.

Sin embargo son muy útiles, por ejemplo, para contrarrestar los fenómenos negativos que producen las potencias reactivas de las bobinas.

En corriente continua:

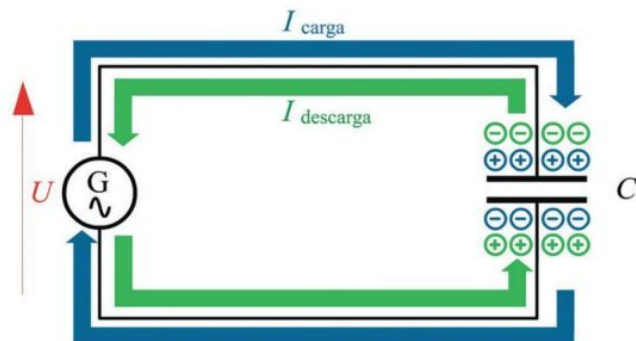
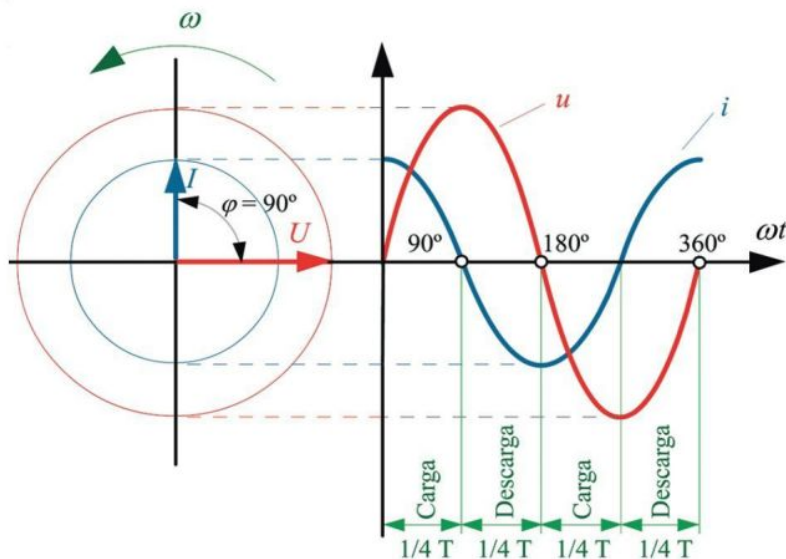
Cuando aplicamos C.C. a un condensador, este se carga de energía eléctrica y hace fluir corriente eléctrica por el circuito solo durante dicha carga. De esta forma, se puede decir que un condensador no permite el paso de la corriente continua.

En corriente alterna:

Si conectamos un condensador a una tensión alterna, se puede comprobar que fluye corriente.

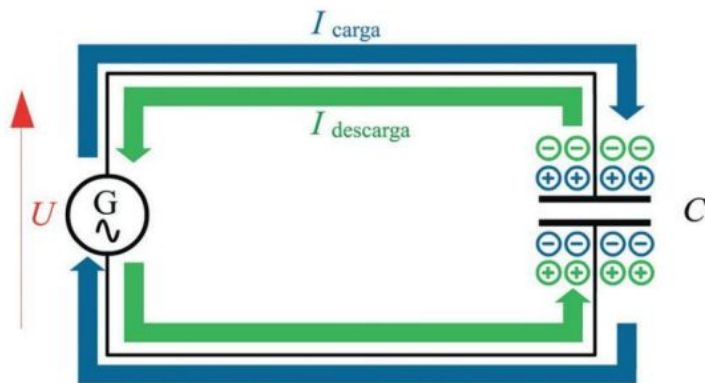
Si conectásemos un vatímetro, al igual que ocurre con el circuito con bobina, podríamos comprobar cómo el consumo de potencia es nulo, a pesar de la existencia de una cierta corriente. De aquí se puede sacar la conclusión de que el condensador, lo mismo que la bobina, no consume potencia.

La condensador se carga en 1/4 de ciclo y devuelve la energía al generador el siguiente 1/4 de ciclo. Esto provoca que la corriente se adelante con respecto a la tensión.



Un condensador puro adelanta un ángulo de 90° a la corriente respecto de la tensión.

Un condensador, en C.A., hace que fluya constantemente una corriente eléctrica por el circuito debido a las constantes cargas y descargas del mismo. Es importante hacer notar que esta corriente nunca llega a atravesar el dieléctrico del condensador, pero sí fluye por los conductores que lo alimentan.



Reactancia capacitiva de un condensador

La corriente será mayor cuanto mayor sea la capacidad del condensador y más rápidas sean dichas cargas y descargas, es decir, la frecuencia f .

$$X_C = \frac{1}{\omega C}, \text{ o lo que es lo mismo:}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

X_C = Reactancia capacitiva en ohmios.

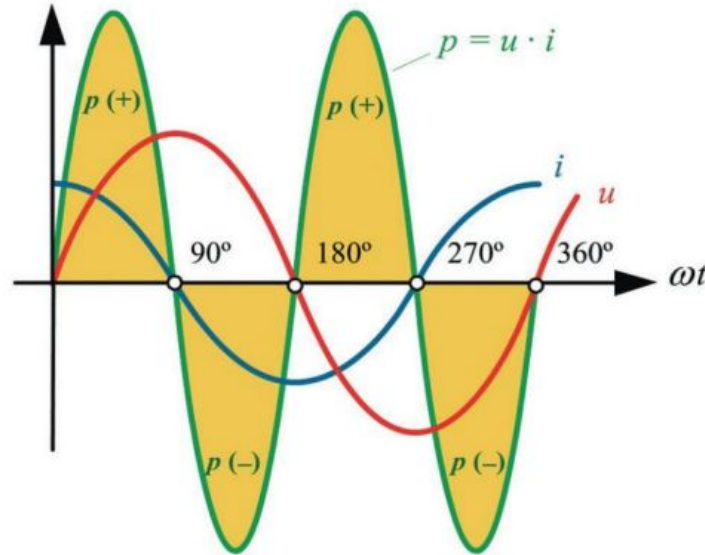
f = Frecuencia en hercios.

C = Capacidad del condensador en faradios.

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

Potencia en un condensador

La potencia media es cero (potencia activa igual a cero). En el semiciclo positivo el generador cede energía al condensador y en el negativo, el condensador devuelve esta energía al generador.



La corriente que fluye hacia el condensador sirve solo para producir las cargas y descargas constantes del mismo. Además, aquí también aparece una potencia reactiva Q_C producida por la energía que se intercambia entre el condensador y el generador.

En un condensador:

$$Q_C = X_C I^2 \text{ (VAR) (voltiamperios reactivos)}$$

La potencia reactiva del condensador es negativa respecto a la bobina y que, por tanto, sus efectos se compensan.

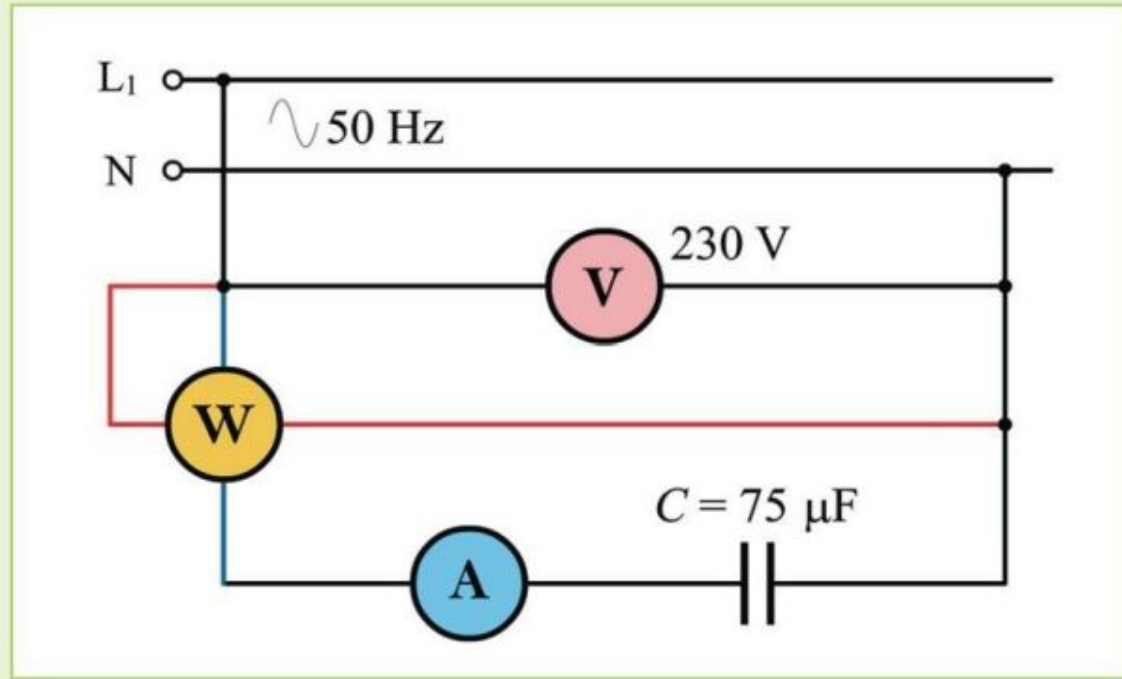
La corriente que fluye hacia el condensador sirve solo para producir las cargas y descargas constantes del mismo. Además, aquí también aparece una potencia reactiva Q_C producida por la energía que se intercambia entre el condensador y el generador.

En un condensador:

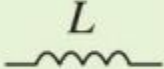
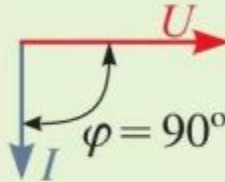
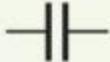
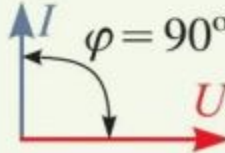
$$Q_C = X_C I^2 \text{ (VAR) (voltiamperios reactivos)}$$

La potencia reactiva del condensador es negativa respecto a la bobina y que, por tanto, sus efectos se compensan.

Se conecta un condensador de $75\ \mu\text{F}$ a una red de C.A. de $50\ \text{Hz}$, tal como se muestra en la Figura . Si el voltímetro indica una tensión de $230\ \text{V}$, averigua las lecturas del amperímetro y el vatímetro, así como la potencia reactiva del condensador. Dibuja el diagrama vectorial.

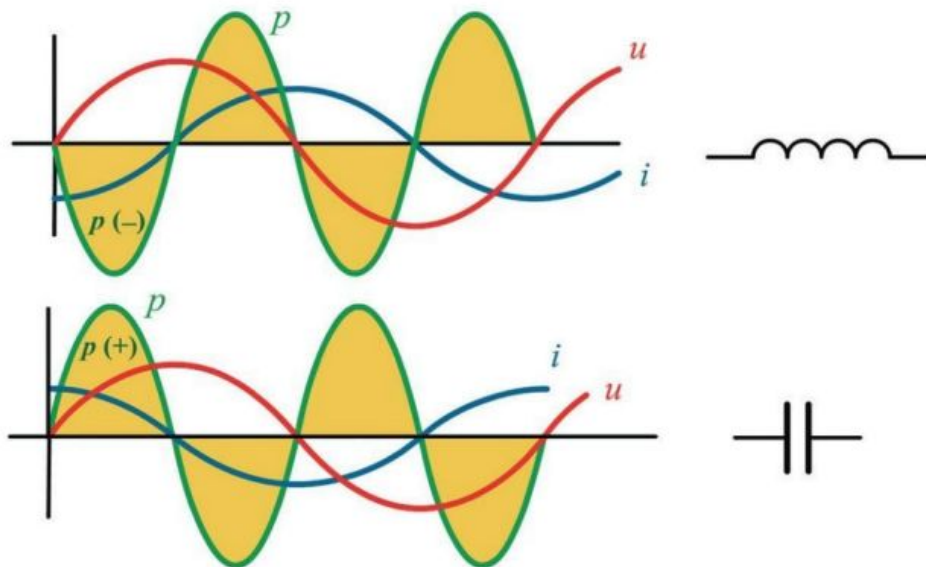


Resumen

Receptor	Diagrama vectorial	Resistencia reactancia	Desfase entre U e I	Potencia
		R	En fase	Activa $P = RI^2$
		$X_L = 2\pi fL$	I se retrasa 90° respecto a U	Reactiva $Q_L = X_L I^2$
		$X_C = 1/2\pi fC$	I se adelanta 90° respecto a U	Reactiva $Q_C = X_C I^2$

En relación con la potencia instantánea de una bobina y un condensador, si contrastamos la situación en las que se encuentran las curvas de potencia, podemos comprobar que en el momento en que la bobina se está descargando de energía (ciclo de potencia negativo), el condensador se carga (ciclo de potencia positiva).

En conclusión, se puede afirmar que la potencia reactiva del condensador es negativa respecto a la de la bobina, por tanto, sus efectos se compensan.



Con un voltímetro de C.A. se mide una tensión de 100 V. ¿Cuál es el valor máximo de la tensión?

Averigua la frecuencia de una C.A. si su periodo es de 5 ms.

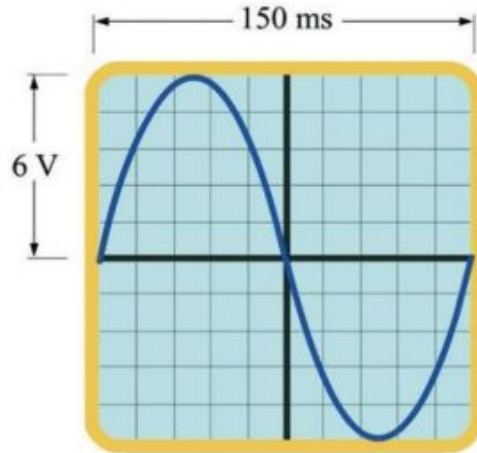
Determina la tensión máxima que deberá soportar un aislador de una línea de transporte de energía eléctrica si la tensión eficaz entre fases es de 220.000 V.

Al medir con un osciloscopio una tensión alterna, obtenemos la señal que se indica en la Figura . Estando el atenuador vertical en 10 V/div y la base de tiempos en 5 ms/div, determina el valor máximo, el valor eficaz, el periodo, la frecuencia y el valor instantáneo a los 5 ms.



Al conectar un osciloscopio a una fuente de tensión senoidal aparece en su pantalla la imagen de la Figura . Averigua la lectura de los siguientes aparatos de medida conectados a la misma fuente:

- a)** Un voltímetro de C.A.
- b)** Un voltímetro de C.C.
- c)** Un frecuencímetro.



El valor máximo de una tensión senoidal es de 311 V, para una frecuencia de 50 Hz. Halla los valores instantáneos de la tensión para los tiempos 1 ms, 3 ms, 5 ms, 6 ms, 10 ms, 11 ms, 13 ms, 20 ms y sitúa dichos valores en un gráfico de la onda senoidal.

Si una tensión senoidal posee un valor de 90 V a los 30° del ciclo, halla el valor eficaz de dicha tensión.

Se conecta un condensador de $200\ \mu\text{F}$ a un alternador de $100\ \text{Hz}$ y $50\ \text{V}$. Determina la intensidad de la corriente y la potencia reactiva.

Las características eléctricas de una plancha eléctrica son: $R = 50 \, \Omega$, $U = 230 \, \text{V}$, $f = 50 \, \text{Hz}$. Calcula la intensidad, la potencia y la energía consumida por ella en 8 horas.

Una bobina pura posee un coeficiente de autoinducción de 0,4 H. Se la conecta a una red de C.A. de 400 V y 60 Hz. Calcula la reactancia inductiva, la intensidad, la potencia reactiva y la energía consumida en 8 horas.