



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA
ZONA XALAPA



LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

RESPONSABLE DR. OSCAR MANUEL LÓPEZ YZA

NOMBRE: _____ MATRÍCULA: _____

E.E: _____

EQUIPO O BRIGADA No. _____ DÍA: _____ HORA: _____

PRÁCTICA No. 6 FECHA: _____

NOMBRE DE LA PRÁCTICA

REACTANCIA CAPACITIVA E INDUCTIVA

OBJETIVOS

- Estudiar el comportamiento del capacitor en circuitos de c-a.
- Familiarizarse con el concepto de potencia reactiva capacitiva.

EXPOSICIÓN

La capacitancia se puede definir como una medida de la cantidad de carga eléctrica que puede almacenar un dispositivo en el dieléctrico (aislamiento) entre dos conductores (placas) cuando se aplica un voltaje dado. La unidad básica de la capacitancia es el farad y se usa en ecuaciones donde hay términos que representan capacitancia. No obstante, el farad es una cantidad tan grande, que para mediciones se emplea el microfaradio (μF), que equivale a un millonésimo de farad. En electrónica, la unidad común es el picofaradio (pF), o sea, un millonésimo de (μF).

Si se aplica repentinamente un voltaje de c-d a un capacitor, se producirá un gran flujo de corriente. Esta corriente fluirá a una velocidad decreciente hasta que el capacitor sea igual al voltaje de la fuente. La corriente desciende a cero tan pronto como el voltaje del capacitor se estabiliza (se vuelve constante, esto es, cuando el capacitor no se carga ni se descarga). La corriente puede ser bastante grande si el voltaje aplicado al capacitor cambia con rapidez. Si el voltaje de fuente aumenta con rapidez, una corriente intensa pasara al capacitor para cargarlo. En esas condiciones, el capacitor actúa como carga. Por el contrario, si el voltaje de fuente

disminuye rápidamente, se tendrá una corriente intensa que sale del capacitor, el cual se comporta entonces como fuente momentánea de potencia, en otras palabras, como si fuera un generador.

El capacitor tiene la habilidad de almacenar energía eléctrica debido al campo electrostático que se establece entre las dos placas. La cantidad de energía almacenada depende de la capacitancia (en faradios) y del cuadrado del voltaje. Cuando se está cargando un capacitor, recibe y almacena energía; pero no la disipa. Cuando la unidad se descarga más tarde, la energía almacenada se libera hasta que el voltaje aplicado al capacitor desciende hasta cero.

El capacitor no disipa energía eléctrica, sólo la almacena y luego la libera. Esto es muy diferente al papel que desempeña una resistencia, que no puede almacenar energía, sino que sólo puede disiparla en forma de calor. Estos hechos ayudan a entender el comportamiento del capacitor cuando se conecta a una fuente de energía de c-a. El voltaje de c-a aumenta, disminuye e invierte su polaridad en forma continua. Cuando el voltaje aumenta, el capacitor almacena energía y cuando disminuye, la libera. Durante el periodo de “almacenamiento”, el capacitor actúa como carga con relación a la fuente de alimentación de c-a; pero durante el periodo de “liberación”, el capacitor devuelve la energía a la fuente. Entonces, se tiene una situación sumamente interesante en que el capacitor actúa periódicamente como fuente de alimentación devolviendo la energía a donde la tomó, es decir, a la fuente que originalmente le proporcionó dicha energía.

Es un circuito de c-a, la energía oscila entre el capacitor y su fuente de alimentación, con lo cual no se logra nada útil. Si se conecta un vatímetro entre la fuente de energía y el capacitor del circuito ilustrado en la figura 1, habrá energía que fluya de izquierda a derecha cuando el capacitor se carga, y de derecha a izquierda cuando se descarga.

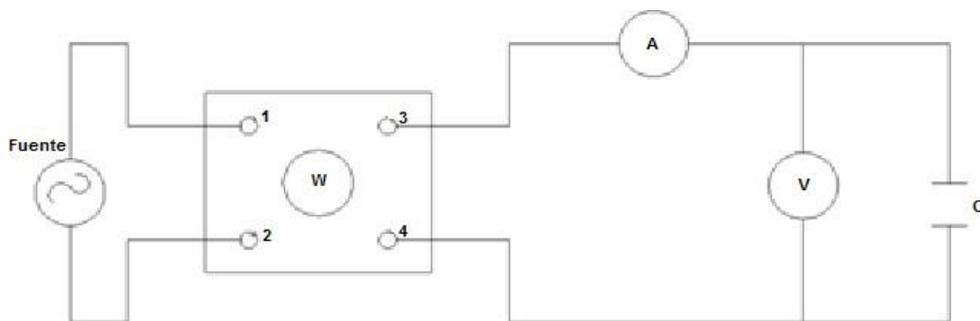


Figura 1

Puesto que no se disipa ninguna potencia en el capacitor, el vatímetro indicara cero. (En realidad, trata de iniciar una lectura positiva cuando la corriente fluye

de izquierda a derecha y negativa cuando el flujo se invierte; pero esta inversión se efectúa con tanta rapidez, que la aguja indicadora no tiene tiempo de responder). Por lo tanto, la potencia real correspondiente a un capacitor ideal sería cero. Sin embargo, se produce una caída de voltaje en el capacitor y se tiene un flujo de corriente en el circuito. El producto de ambos es la potencia aparente. La corriente se adelanta 90° eléctricos al voltaje.

La razón de que la corriente se adelante al voltaje se comprende fácilmente. Cuando el voltaje aplicado llega al máximo o pico, el voltaje correspondiente a dicho instante no varía y, en consecuencia, la corriente es cero. Cuando el voltaje pasa por cero, su velocidad de variación es máxima y, por lo tanto, la corriente llega al máximo. Debido a esta condición singular, la potencia aparente se denomina también potencia reactiva (var). La potencia reactiva relacionada con capacitores lleva un signo negativo (-).

La reactancia capacitiva es la resistencia al flujo de la corriente alterna, debido a la presencia de una capacitancia en el circuito. Esta resistencia se mide en Ohms y es igual a la relación E/I .

La reactancia depende también de la frecuencia y a la capacitancia en faradios, y se expresa matemáticamente en la siguiente forma:

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

En donde:

X_C = Reactancia capacitiva de Ohms.

C = Capacitancia en faradio.

f = Frecuencia en ciclos por segundo.

$2\pi = 6.28$.

El valor de la capacitancia se puede determinar según la ecuación (1)

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

Cuando se tienen dos o más capacitores conectados en paralelo, la capacitancia total es la suma de las capacitancias individuales:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad (3)$$

Cuando dos o más capacitores se conectan en serie, la capacitancia total se encuentra mediante la fórmula:

$$\frac{1}{C_T} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad (4)$$

Cuando se tienen sólo dos capacitores conectados en serie:

$$C_T = \frac{C_1 + C_2}{C_1 + C_2}$$

INSTRUMENTOS Y EQUIPO

Módulo de fuente de energía (0-120 V c-d)	EMS 8821
Módulo de capacitancia	EMS 8321
Módulo de medición de c-a (2.5 A)	EMS 8425
Módulo de medición de c-a (250 V)	EMS 8426
Módulo de vatímetro monofásico (750 W)	EMS 8431
Cables de conexión	EMS 8941

PROCEDIMIENTOS

Advertencia ¡En este experimento se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente está conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Examine la construcción del módulo de capacitancia EMS 8311, dando especial atención a los capacitores, los interruptores articulados, las terminales de conexión y el alambrado.
2. Observe que el módulo se compone de tres secciones idénticas, cada una de las cuales tiene tres elementos de capacitancia con valores 8.8 μF , 4.4 μF y 2.2 μF . En la carátula del módulo están marcados los valores de reactancia y de corriente de c-a (a 60 Hz) correspondientes a cada capacitor.
3. Si se cierran los interruptores articulados correspondientes, entonces dos capacitores cualesquiera o los tres se pueden conectar en paralelo. Los valores en paralelo son:

6.6 μF , 11.0 μF , 13.2 μF y 15.4 μF .

Estos valores de capacitancia en paralelo se pueden duplicar o triplicar conectando las secciones en paralelo.

4. Conviene recordar que cuando la capacitancia se duplica, la reactancia se reduce a la mitad. Por lo tanto si se seleccionan cuidadosamente los interruptores, la corriente de línea de 60 Hz y 120 V se puede controlar, en pasos de 0.1 amperes hasta un total de 2.1 amperes (todos los interruptores cerrados todas las secciones en paralelo).
5. Conecte el circuito de la figura 2, usando los módulos EMS de capacitancia, medición de c-a, vatímetro y fuente de alimentación.

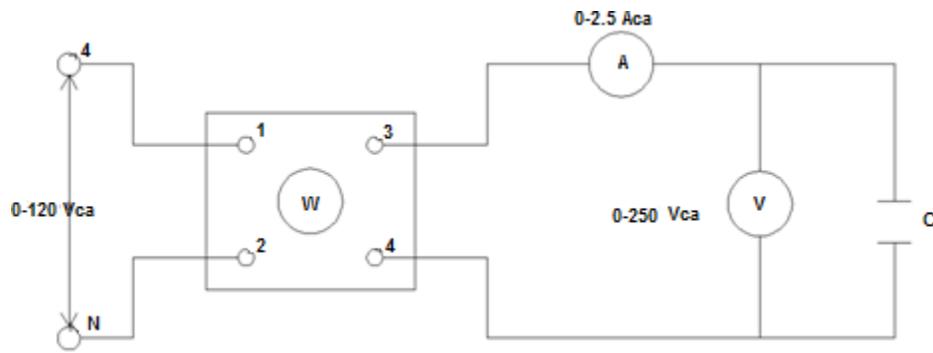


Figura 2

6.
 - a) Conecte las tres secciones de capacitancia en paralelo y cierre (posición de arriba) todos los interruptores del módulo.
 - b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120 V c-a, guiándose por las lecturas que tome el voltímetro de c-a conectado a la carga de capacitancia.
 - c) Mida y anote la corriente y la potencia, tomando estas lecturas en el amperímetro, respectivamente.

$$I = \underline{\hspace{10em}} \text{ A c-a.}$$

$$P = \underline{\hspace{10em}} \text{ W.}$$

6.
 - d) Vuelva el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.

7. Calcule el valor de X_C y la capacitancia correspondiente en microfaradios. Determine la potencia aparente y reactiva.

- a) Reactancia.

_____ $X_C =$ _____ Ω
 b) Capacitancia.

_____ $C =$ _____ $\mu f.$

c) Potencia aparente.
 _____ $=$ _____ $VA.$

d) Potencia reactiva.
 _____ $=$ _____ $var.$

8. En la gráfica de la figura 3. Se muestran las ondas del voltaje y corriente del circuito, junto con la curva de potencia resultante.

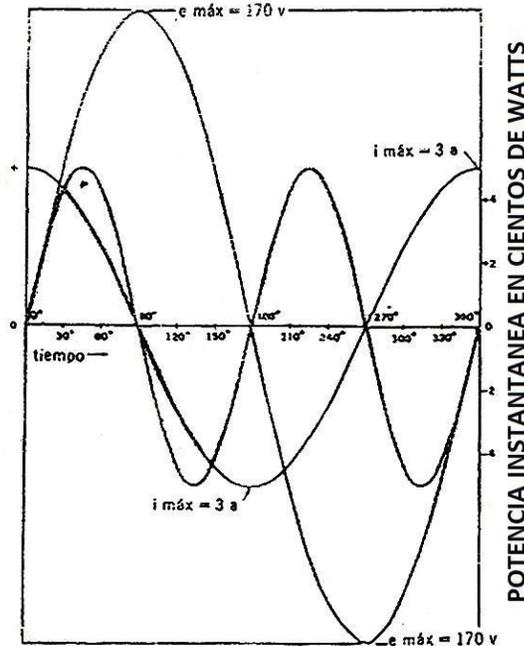


Figura 3

Observe que la curva de potencia instantánea tiene dos ciclos por cada ciclo (360°) del voltaje o la corriente.

La mitad positiva de la curva de potencia es igual a la negativa; es decir, durante parte del ciclo, p es negativa, lo cual significa que durante este tiempo, la energía es devuelta a la fuente. Este hecho importantísimo indica que, en un circuito de c-a con carga capacitiva. La fuente proporciona energía al circuito durante una porción del ciclo (las semiondas de potencia positiva) y el circuito

devuelve esta energía a la fuente durante el resto del ciclo.

De acuerdo con esto, si en un ciclo la cantidad de energía devuelta es igual a la proporcionada por la fuente, la potencia neta (total) absorbida por el circuito es cero. Esto es exactamente lo contrario de lo que sucede en un circuito cuya carga es una resistencia, en donde toda la energía proporcionada por la fuente es positiva. La resistencia disipa toda la energía en forma de calor, por lo que ésta no puede ser devuelta a la fuente.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

1. El capacitor que aparece en el circuito de la figura 3 se carga durante los primeros $^{\circ}$ de rotación angular (tiempo).

2. A continuación, este mismo capacitor se descarga durante los siguientes $^{\circ}$

3. Un capacitor toma una corriente de 3 A cuando se conecta a una fuente de 60 Hz, 600 V. Calcule:

a) La potencia aparente.

_____ = _____ *va.*

b) La potencia reactiva.

_____ = _____ *var.*

c) La potencia real.

_____ = _____ *W.*

d) La reactancia del capacitor.

_____ = _____ Ω .

e) El valor del capacitor.

_____ = _____ $\mu f.$

4. Un sistema de 60 Hz, incluye un capacitor con una reactancia de 100 Ohms.

a) ¿Cuál es su reactancia a 120 Hz?

_____ $X_c =$ _____ Ω .

b) ¿Cuál es su reactancia a 30 Hz?

_____ $X_c =$ _____ Ω .

c) ¿Qué regla expresa la relación que hay entre la reactancia capacitiva y la frecuencia?

d) ¿Cuál sería el valor de la capacitancia a 60 Hz?

_____ $C =$ _____ μF .

e) ¿Qué valor de capacitancia se deberá tener a 120 Hz?

_____ $C =$ _____ μF .

f) ¿Cuál sería la reactancia en el caso de c-d?

_____ $X_c (c-d) =$ _____ Ω .

5. Calcule el valor de la capacitancia que tiene una reactancia de 300 Ohms a 60 Hz

_____ $C =$ _____ μF .

6. ¿Coincide esta cifra con el valor indicado en el módulo de Capacitancia? _____

Explique por qué _____

REACTANCIA INDUCTIVA:

OBJETIVOS

- Estudiar el comportamiento del inductor en los circuitos de c-a.
- Familiarizarse con el concepto de potencia reactiva inductiva.

EXPOSICIÓN

Con frecuencia, los inductores reciben el nombre de reactores o bobinas, por lo cual, de aquí en adelante se usarán indistintamente los tres términos. Las bobinas eléctricas son, básicamente, inductancias diseñadas para producir un cambio magnético. Hasta cierto punto, toda la industria gira alrededor de bobinas eléctricas. Estas bobinas se encuentran en motores, generadores, relevadores y muchos otros dispositivos.

Inductancia es aquella propiedad de un circuito eléctrico que se opone a un cambio en la corriente. La Inductancia se mide en henrys (H).

Cuando una corriente pasa por una bobina, se crea un campo magnético que contiene energía. Al aumentar la corriente, la energía contenida en él aumenta también. En cambio, cuando la corriente disminuye, la energía contenida se libera y disminuye a cero cuando la corriente también se reduce a cero.

Esta situación es análoga a lo que sucede con un capacitor, excepto que en este último, el voltaje es el que determina la cantidad de energía almacenada, en tanto que en el inductor, se trata de la corriente.

Por ejemplo, sea la bobina ilustrada en el circuito de la figura 4. La fuente de energía de c-a hará que fluya una corriente alterna en la bobina y dicha corriente aumenta, disminuye y cambia de polaridad en forma continua.

Por lo tanto, la bobina recibe energía de la fuente y luego la devuelve a la misma, dependiendo de si la corriente aumenta o disminuye. En un circuito de c-a, la energía fluye en un sentido y en otro, entre la bobina y la fuente de alimentación, sin hacer nada útil.

El vatímetro dará una lectura cero para la misma razón que se citó cuando la carga era un capacitor. En consecuencia, una bobina ideal (perfecta) no necesitará ninguna potencia real. De ahí que la potencia real correspondiente a un inductor es cero. No obstante, se tiene una caída de voltaje en la bobina y la corriente fluirá por el circuito. El producto de los dos determina la potencia.

La corriente tiene un atraso de 90° eléctricos en relación al voltaje. (Esto es exactamente lo inverso de lo que se tuvo en el circuito de capacitor del Experimento de Laboratorio Anterior). En el caso singular en que esto suceda, la potencia aparente $E \times I$ se denomina también potencia reactiva (var).

Para distinguir entre el valor (-) var relacionado con un capacitor, y el que se tiene en un inductor, el valor var inductivo lleva el signo (+).

La reactancia inductiva es la resistencia ofrecida al flujo de una corriente alterna, debido a la presencia de una Inductancia en el circuito. La reactancia se mide en Ohms y es igual a la relación en E/I . (Figura 4).

La reactancia depende también de la frecuencia y de la inductancia en henrys, y se puede expresar matemáticamente como sigue:

$$X_L = 2\pi fL \quad (1)$$

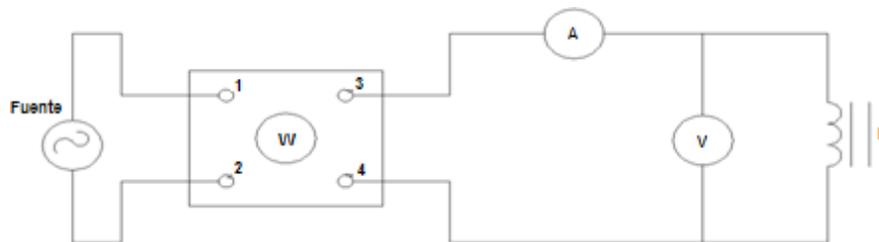


Figura 4

En donde:

X_L = Reactancia inductiva en Ohms.

L = Inductancia en henrys.

F = Frecuencia en ciclos por segundo.

$(H_z) 2\pi = 6.28$

El valor de la inductancia se puede obtener de la ecuación (1)

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} \quad (2)$$

Cuando se tienen dos o más inductores en serie, la inductancia total es la suma de las inductancias individuales:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 \quad (3)$$

Cuando dos o más inductores se conectan en paralelo, la inductancia total determinadamente:

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \dots \quad (4)$$

Cuando solo son dos los inductores conectados en paralelo:

$$L_T = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \quad (5)$$

Aunque con una bobina perfecta no necesitaría ninguna potencia real de una fuente de c-a, en la práctica, todas las bobinas disipan cierta cantidad de potencia real, por lo cual el vatímetro dará una lectura diferente de cero. Esto se debe a que la bobina siempre tiene cierta resistencia y, por lo tanto, hay pérdidas por I^2R ; además los núcleos de hierro de algunas bobinas ocasionan pérdidas en el hierro, lo cual significa más potencia real.

INSTRUMENTOS Y EQUIPO

Módulo de fuente de energía (0-120 V c-a)	EMS 8821
Módulo de inductancia	EMS 8321
Módulo de medición de c-a (2.5 A)	EMS 8425
Módulo de medición de c-a (250 V)	EMS 8426
Módulo de vatímetro monofásico (750 W)	EMS 8431
Cables de conexión	EMS 8941

PROCEDIMIENTOS

Advertencia ¡En este experimento de laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente está conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!

1. Examine la estructura del Módulo de Inductancia EMS 8321, fijándose particularmente en los inductores, los interruptores articulados, las terminales de conexión y alambrado.
2. Observe que el módulo tiene tres secciones idénticas, cada una de las cuales se compone de tres inductores con valores de 3.2 H, 1.6 H y 0.8 H. La reactancia y los valores de corriente alterna (a 60 Hz) de cada inductor, están marcados en la caratula de modulo.
3. Si se cierran los interruptores articulados correspondientes, cualesquiera dos inductores o todos los tres se pueden conectar en paralelo. Los valores en paralelo son: 1.07 H, 0.64 H, 0.53 H y 0.46 H. Estos valores de inductancia se pueden reducir todavía más conectando en paralelo las secciones.

4. Recordará que cuando la inductancia se reduce a la mitad, la reactancia disminuye en la misma proporción. Por lo tanto, si se seleccionan los interruptores adecuados, la corriente de línea de 60 Hz, 120 V se pueden controlar, en pasos de 0.1 ampere, hasta un total de 2.1 amperes (todos los interruptores cerrados todas las secciones en paralelo).
5. Use los Módulos EMS de Inductancia, Medición de c-a, Vatímetro y fuente de energía, para conectar el circuito ilustrado en la figura 5.
6.
 - a) Conecte en paralelo las tres secciones de inductancia y cierre (posición arriba) todos los interruptores del módulo.
 - b) Conecte la fuente de alimentación y ajústela a 120 V c-a, guiándose por las lecturas que dé el voltímetro de c-a conectado a la carga del inductor.
 - c) Mida y anote la corriente y la potencia, según lo indiquen el amperímetro y el vatímetro, respectivamente.

$$I = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A c-a.}$$

$$P = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W.}$$

NOTA: El valor que muestra el vatímetro corresponde a las pérdidas en el alambre de cobre y el hierro en la inductancia, así como las pérdidas en el voltímetro y el amperímetro. Si se tratara de una bobina ideal, la potencia indicada sería cero.

- d) Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación

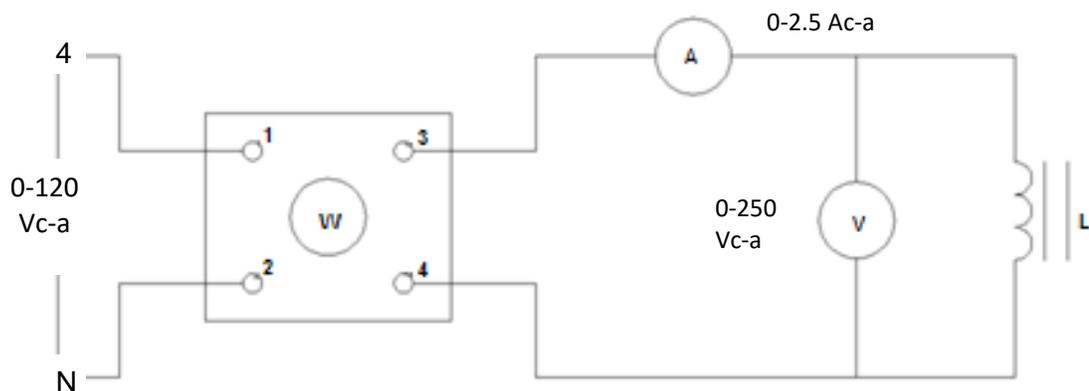


Figura 5

7. Calcule el valor de X_L , y dé el valor de la inductancia correspondiente en henrys. Determine la potencia aparente y reactiva.

a) Reactancia.

_____ $X_L =$ _____ Ω .

b) Inductancia.

_____ $L =$ _____ H .

c) Potencia aparente.

_____ $=$ _____ VA .

d) Potencia reactiva.

_____ $=$ _____ var .

8. En la gráfica de la figura 6 se muestran las formas de ondas de voltaje y corriente del circuito, junto con la curva de potencia resultante.

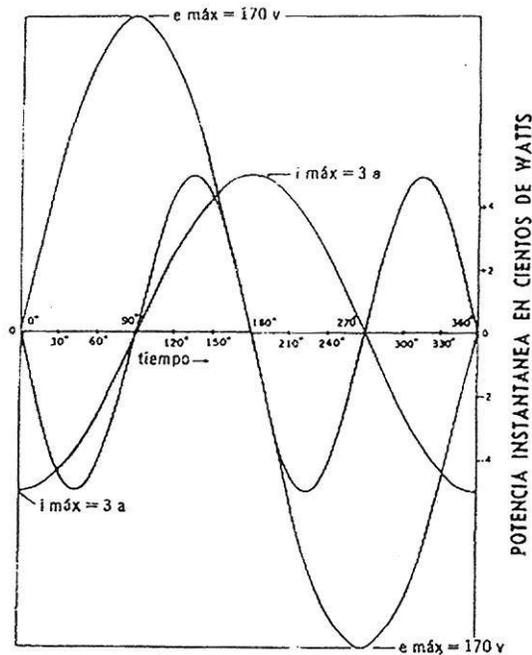


Figura 6

Observe que la curva de potencia instantánea tiene dos ciclos por cada ciclo (360°) del voltaje o la corriente. En la curva de potencia, las semiondas positivas son iguales a las negativas. Por lo tanto, p es negativa durante cierta parte

del ciclo, lo cual significa que la energía vuelve a la fuente durante este tiempo. Este hecho importantísimo indica que en un circuito de c-a con carga inductiva, la fuente proporciona energía al circuito durante partes del ciclo (semiondas positivas de la potencia) y el circuito la devuelve a la fuente durante el resto del ciclo. Por lo tanto, si en el ciclo la cantidad de energía devuelta es igual a la energía proporcionada por la fuente, la potencia absorbida por dicho circuito es cero. La carga inductiva y la carga capacitiva comparten esta característica.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS.

- Una inductancia ideal (que no ofrece resistencia a la c-d) toma una corriente de 3 A cuando se conecta a una fuente de alimentación de 60 Hz, 600 V.

Calcule:

- La potencia aparente.

 _____ = _____ VA.

- La potencia reactiva.

 _____ = _____ vars.

- La potencia real.

 _____ = _____ W.

- La reactancia del inductor.

 _____ = _____ Ω .

- El valor del Inductor.

 _____ = _____ H.

- Un inductor tiene una resistencia de 1 Ohm, según lo indica el ohmímetro. ¿Puede calcular la corriente, si el inductor se conecta a una fuente de energía de 60 Hz, 120 V? Explique por qué. _____

- Calcule la inductancia de una bobina que tiene una reactancia inductiva de 300 Ohms a 60 Hz _____

4. Compare este valor de inductancia con el que se indica en el Módulo de inductancia.

5. Una bobina tiene una reactancia de 100 Ohms en un sistema de 60 Hz.

a) ¿Cuál es su reactancia a 120 Hz?

 $X_L = \underline{\hspace{2cm}} \Omega.$

b) ¿Cuál es su reactancia a 60 Hz?

 $X_L = \underline{\hspace{2cm}} \Omega.$

c) ¿Qué regla expresa la relación existente entre la reactancia inductiva y la frecuencia?

d) ¿Cuál será el valor de la inductancia a 60 Hz?

 $L = \underline{\hspace{2cm}} H.$

e) ¿Cuál será el valor de la inductancia a 120 Hz?

 $L = \underline{\hspace{2cm}} H.$

f) ¿Cuál será la reactancia en c-d?

 $X_L (c-d) = \underline{\hspace{2cm}} \Omega.$

TOMADO DEL LIBRO:
WILDI THEODORE & VITO MICHAEL J. **EXPERIMENTOS CON EQUIPO ELÉCTRICO**, LIMUSA,
6° REIMPRESIÓN, MÉXICO, 1987.