

## Medición de potencia trifásica

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando haya terminado este ejercicio será capaz de calcular las potencias activa, reactiva y aparente de circuitos trifásicos balanceados conectados en estrella o en triángulo. Aprenderá a utilizar un medidor de potencia en circuitos monofásicos. También conocerá cómo medir potencia en circuitos trifásicos de tres y cuatro conductores.


### PRINCIPIOS

#### Cálculo de potencia en circuitos trifásicos balanceados

Como se observó en el ejercicio previo, la potencia activa total  $P_T$  entregada a una carga trifásica balanceada (es decir, la potencia activa total disipada en un circuito), se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:


$$P_T = 3 \times P_{Fase} = 3 (E_{Fase} \times I_{Fase} \times \cos \varphi)$$

En un circuito conectado en estrella,  $E_{Fase} = E_{Línea}/\sqrt{3}$  y la corriente de fase  $I_{Fase}$  es igual a la corriente de línea  $I_{Línea}$ . La ecuación anterior se convierte en:



$$P_T = \frac{3}{\sqrt{3}} \times E_{Línea} \times I_{Línea} \times \cos \varphi$$

El factor  $3/\sqrt{3}$  se puede simplificar para obtener  $\sqrt{3}$ , de tal forma que la ecuación final para la potencia activa total disipada en el circuito conectado en estrella es:



$$P_T = \sqrt{3} (E_{Línea} \times I_{Línea} \times \cos \varphi) \quad (6-1)$$

donde  $P_T$  es la potencia activa total disipada en el circuito trifásico expresada en vatios (W)

En un circuito conectado en triángulo, se obtiene la misma ecuación porque la tensión de fase  $E_{Fase}$  es igual a la tensión de línea  $E_{Línea}$  e  $I_{Fase} = I_{Línea}/\sqrt{3}$ . Por lo tanto, en todo circuito balanceado conectado en estrella o en triángulo, la potencia activa total  $P_T$  disipada en el circuito trifásico se puede calcular utilizando la ecuación (6-1).

Como  $(E_{Fase} \times I_{Fase} \times \cos \varphi)$  es la expresión que representa la potencia activa  $P_{Fase}$  disipada en una sola fase de un circuito trifásico, se desprende que la expresión  $E_{Fase} \times I_{Fase}$  representa la potencia aparente en esa única fase. La potencia aparente total  $S_T$  en un circuito trifásico balanceado conectado en estrella o en triángulo se puede calcular entonces utilizando la siguiente ecuación:

$$S_T = 3 (E_{Fase} \times I_{Fase}) \quad (6-2)$$

donde  $S_T$  es la potencia aparente total en el circuito trifásico, expresada en voltio-amperios (VA)

Siguiendo los mismos pasos utilizados para obtener la ecuación de la potencia activa total  $P_T$  en circuitos trifásicos mediante la tensión de línea  $E_{Línea}$  y la corriente de línea  $I_{Línea}$ , la ecuación para la potencia aparente total  $S_T$  se puede reescribir como se muestra a continuación:

$$S_T = \sqrt{3} (E_{Línea} \times I_{Línea})$$

El factor de potencia de un circuito trifásico balanceado es la relación entre la potencia activa total y la potencia aparente total (es decir,  $P_T/S_T$ ) y la relación entre  $P_T$ ,  $Q_T$  y  $S_T$  es la misma que para los circuitos ca monofásicos (es decir,  $S_T^2 = P_T^2 + Q_T^2$ ). Por lo tanto, la potencia reactiva total  $Q_T$  de un circuito trifásico se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_T = \sqrt{S_T^2 - P_T^2} \quad (6-3)$$

donde  $Q_T$  es la potencia reactiva total en el circuito trifásico, expresada en voltio-amperios reactivos (var)

### Medición de potencia en circuitos monofásicos

Los instrumentos comerciales disponibles miden directamente la potencia activa, reactiva y aparente. Estos instrumentos se conocen como medidores de potencia. Por lo general, el medidor de potencia cuenta con un selector que le permite medir potencia activa, reactiva o aparente. Un medidor de potencia mide la tensión y corriente del circuito para calcular la potencia. Por lo tanto, todos estos instrumentos tienen en general por lo menos una entrada de tensión y una de corriente para medir dichas variables del circuito. La figura 6-9(a) muestra las conexiones típicas de un medidor de potencia en un circuito monofásico y la figura 6-9(b) muestra las conexiones equivalentes necesarias para medir potencia utilizando el módulo Interfaz de adquisición de datos y de control (DACI).

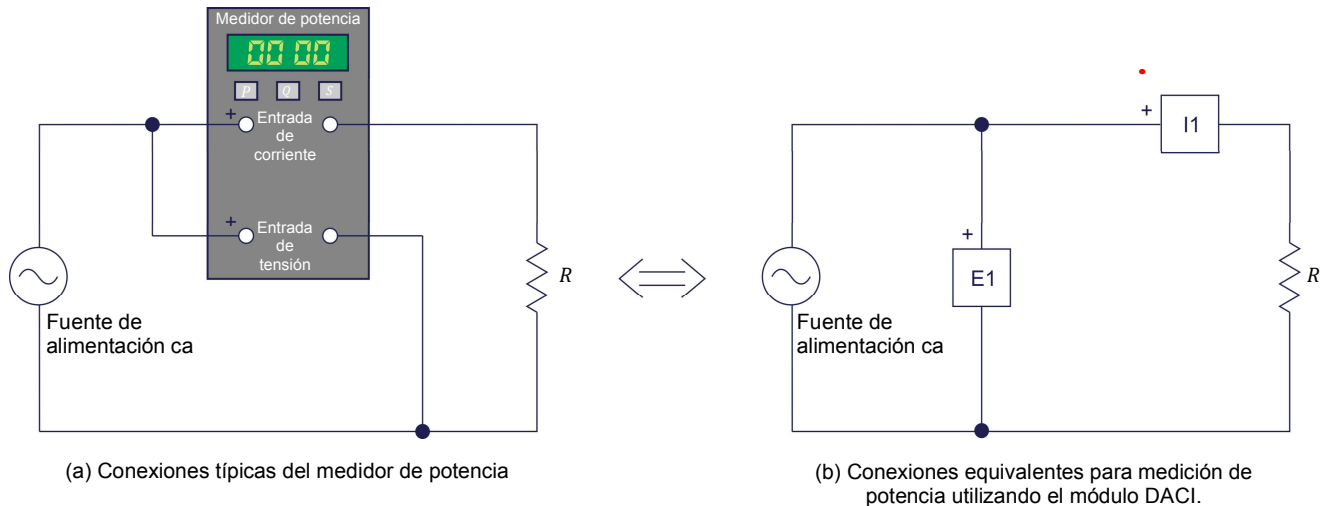


Figura 6-9. Diagramas de circuito que muestran las conexiones requeridas para la medición de potencia.

### Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de cuatro conductores

La medición de la potencia total en un circuito trifásico de cuatro conductores se realiza midiendo la tensión y la corriente en cada fase del circuito (es decir, la tensión en cada elemento de carga y la corriente que fluye en el mismo), calculando la potencia en cada fase a partir de la tensión y la corriente medidas y sumando los valores de potencia medidos en las tres fases. En otras palabras, es como medir la potencia en cada fase de manera independiente utilizando tres medidores de potencia y sumando los tres valores medidos. La figura 6-10 muestra las conexiones requeridas para medir la potencia total en un circuito trifásico de cuatro conductores utilizando el módulo DACI. Observe que en el diagrama del circuito, las entradas E1 e I1, las entradas E2 e I2 y las entradas E3 e I3, representan cada una un medidor de potencia.

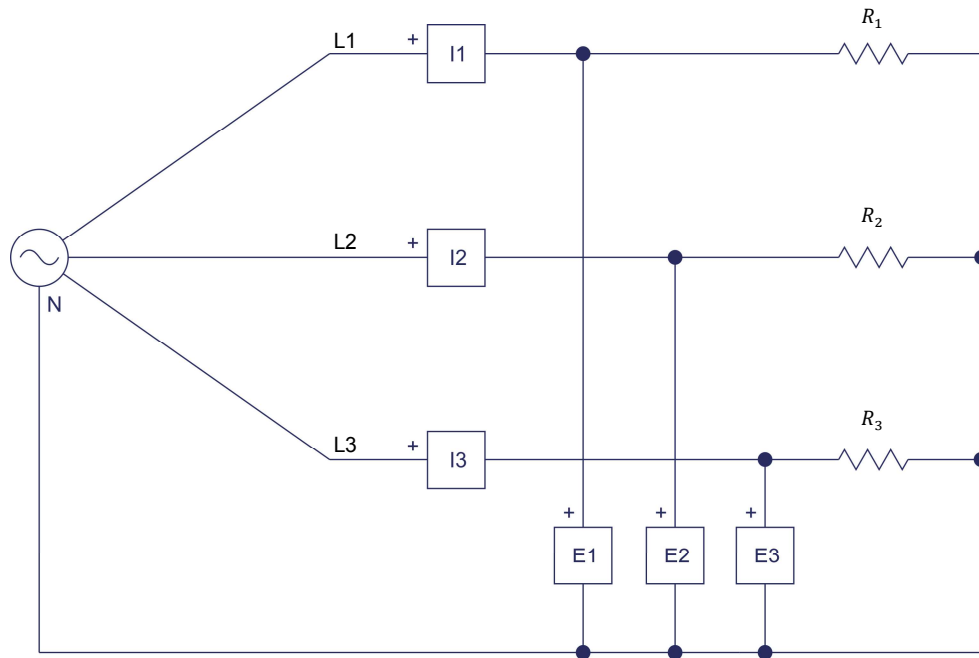


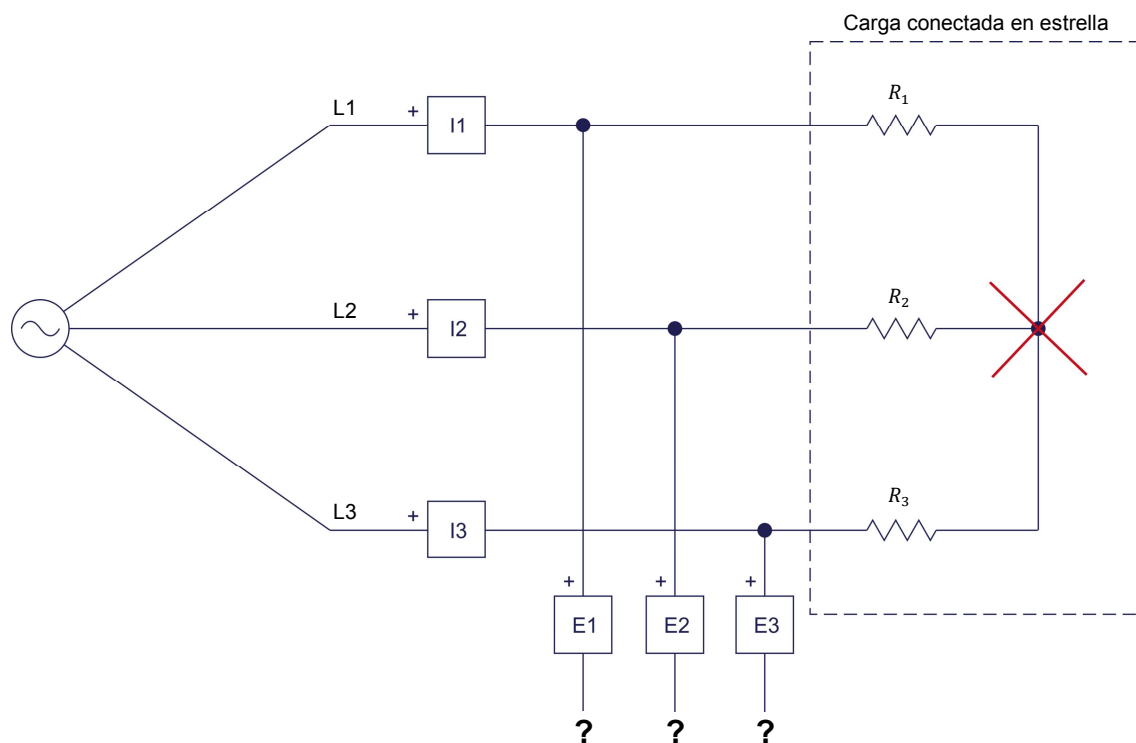
Figura 6-10. Medición de potencia trifásica utilizando tres medidores de potencia.

El método de medición de potencia mostrado en la figura 6-10 se puede utilizar para medir la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  en circuitos trifásicos de cuatro conductores. Este método de medición de potencia funciona sin importar si el circuito trifásico está balanceado o no.

### Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de tres conductores (método de los dos vatímetros)

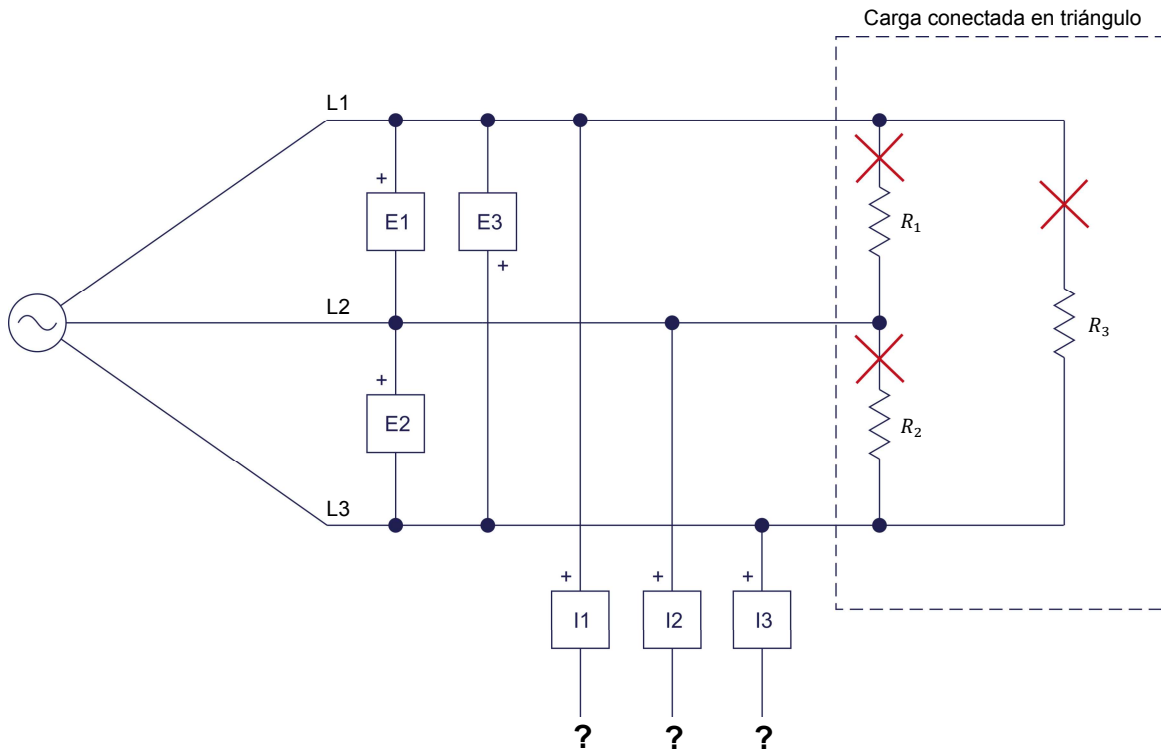
Un circuito trifásico de tres conductores es simplemente un circuito trifásico con tres conductores de línea pero sin conductor neutro. Los circuitos trifásicos de tres conductores se utilizan de manera corriente porque permiten transportar potencia trifásica utilizando tres conductores en lugar de cuatro. Esto hace que estos circuitos sean más económicos que los circuitos trifásicos de cuatro conductores.

El método para medir la potencia total en circuitos trifásicos de cuatro conductores visto en la sección anterior no se puede utilizar para medir la potencia total en circuitos trifásicos de tres conductores. Por ejemplo, cuando la carga se conecta en configuración en estrella, las corrientes de fase se pueden medir pero las tensiones de fase (tensión en cada elemento de carga) no, porque el punto neutro generalmente no está disponible para conectar las entradas de tensión de los medidores de potencia, como lo muestra la figura 6-11.



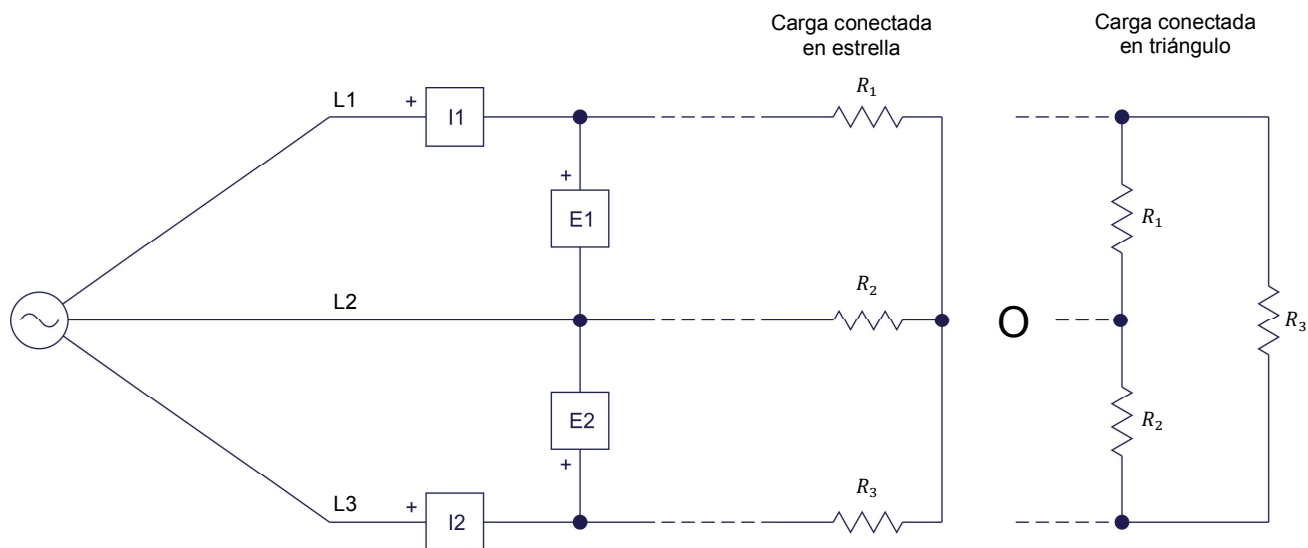
**Figura 6-11. Diagrama de circuito trifásico de tres conductores conectado en estrella que muestra que las entradas de tensión de los medidores de potencia generalmente no se pueden conectar al punto neutro del circuito.**

De forma similar, cuando se conecta la carga en configuración en triángulo, las tensiones de fase se pueden medir pero las corrientes de fase (corriente que fluye hacia cada elemento de carga) no, porque el acceso individual a cada elemento de carga no es posible (es decir, es imposible conectar la entradas de corriente de los medidores para medir las corrientes de fase), como lo muestra la figura 6-12.



**Figura 6-12.** Diagrama de un circuito trifásico de tres conductores conectado en triángulo que muestra que las entradas de corriente de los medidores de potencia no se pueden conectar para medir las corrientes de fase.

Para medir la potencia total (ya sea la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  o la potencia aparente total  $S_T$ ) en circuitos trifásicos de tres conductores, se puede utilizar un método que emplea sólo dos medidores de potencia. Este método se conoce normalmente como **método de los dos vatímetros** porque inicialmente se implementó con dos vatímetros en lugar de dos medidores de potencia. La figura 6-13 muestra las conexiones de las entradas de tensión y corriente de los dos medidores de potencia requeridos por dicho método para medir potencia trifásica. Observe que las entradas de tensión y corriente de los medidores de potencia se deben conectar con la polaridad indicada en la figura para obtener mediciones correctas.



**Figura 6-13. Conexiones de las entradas de tensión y corriente de los medidores de potencia en un circuito trifásico de tres conductores cuando se mide la potencia total utilizando el método de los dos vatímetros.**

La potencia total (ya sea activa, reactiva o aparente) en circuitos trifásicos de tres conductores es simplemente igual a la suma de los valores de potencia indicados por los dos medidores de potencia. Este método de medición funciona ya sea que el circuito esté balanceado o no.

### **Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de cuatro conductores utilizando el método de los dos vatímetros**

El método de los dos vatímetros para medición de potencia también se puede utilizar para medir la potencia total (ya sea activa, reactiva o aparente) en circuitos trifásicos de cuatro conductores. Esto es útil porque el método de los dos vatímetros requiere sólo dos medidores de potencia (es decir, dos entradas de tensión y dos entradas de corriente) en lugar de tres (es decir, tres entradas de tensión y tres entradas de corriente) como se vio anteriormente en la teoría. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado cuando se usa el método de los dos vatímetros para medir la potencia total de un circuito trifásico de cuatro conductores, porque el método sólo funciona con circuitos balanceados.

### **EQUIPO REQUERIDO**

A fin de obtener la lista de aparatos que se necesitan para este ejercicio, consulte la Tabla de utilización de los equipos del Apéndice C.

## PROCEDIMIENTO



Durante esta experiencia de laboratorio, usted estará en presencia de tensiones elevadas. No realice ni modifique ninguna conexión con las fichas tipo banana en los circuitos bajo tensión, salvo indicación contraria.

### Montaje y conexiones

*En esta sección configurará el equipo para medir potencia en un circuito trifásico de cuatro conductores.*

1. Dentro del puesto de trabajo EMS, instale la Fuente de alimentación, el módulo para la adquisición de datos, la Carga resistiva y la Carga capacitiva.
2. Asegúrese de que el interruptor principal de la Fuente de alimentación se encuentra en la posición O (apagado) y que la perilla de control de la tensión de salida ha sido girada completamente a la izquierda. Ajuste el selector del voltímetro en la posición 4-5 y luego asegúrese de que la Fuente de alimentación esté enchufada a una toma mural trifásica.
3. Asegúrese de que el cable USB de la computadora está conectado al módulo para la adquisición de datos.

Conecte la ENTRADA ALIMENTACIÓN del módulo de Adquisición de datos a la salida de 24 V – ca de la Fuente de alimentación. Ajuste el interruptor de 24 V – ca en la posición I (ON).

4. Inicie el software Adquisición de datos (LVDAC o LVDAM). Abra el archivo de configuración *ES16-6a.dai*.



*Si está utilizando el software LVSIM-EMS en LVVL, para abrir el archivo de configuración debe utilizar la opción IMPORTAR (IMPORT) en el menú File.*

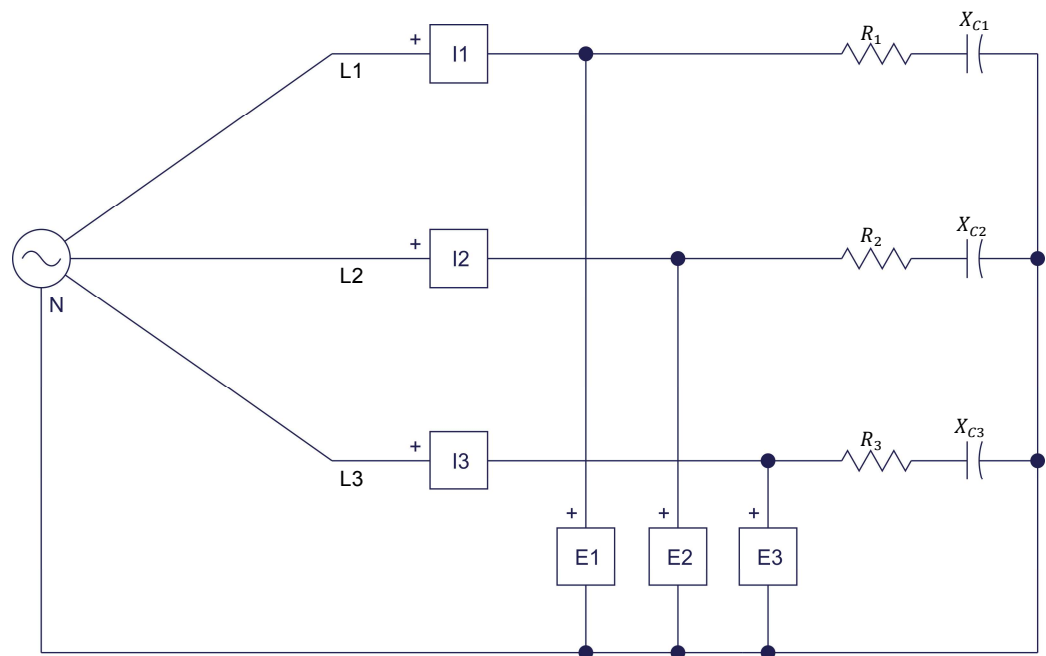


*Este ejercicio fue realizado con la configuración por defecto. Si se requiere, ésta se puede cambiar durante el ejercicio.*

Asegúrese de que el modo de Regeneración continua está seleccionado.

5. Configure el circuito mostrado en la figura 6-14.





Red local de potencia ca		$R_1, R_2, R_3$ ( $\Omega$ )	$X_{C1}, X_{C2}, X_{C3}$ ( $\Omega$ )
Tensión (V)	Frecuencia (Hz)		
120	60	171	240
220	50	629	880
220	60	629	880
240	50	686	960

Figura 6-14. Configuración de un circuito trifásico balanceado de cuatro conductores conectado en estrella para medición de potencia.

6. Asegúrese de hacer los ajustes necesarios en los módulos Carga resistiva y Carga capacitiva para obtener los valores de resistencia y reactancia capacitiva requeridos.

### Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de cuatro conductores

*En esta sección resolverá el circuito configurado en la sección previa calculando los valores de potencia activa, reactiva y aparente de cada fase del circuito. Medirá los valores de tensión, corriente y potencia para confirmar que los parámetros medidos son iguales a los calculados. Luego desbalanceará el circuito trifásico modificando la impedancia en una de sus fases y resolverá el circuito trifásico desbalanceado resultante. Finalmente, medirá los valores de potencia activa, reactiva y aparente totales para verificar que los parámetros medidos del circuito son iguales a los calculados en el mismo, confirmando así que la potencia total tanto en circuitos trifásicos de cuatro conductores balanceados como desbalanceados, se puede medir utilizando tres medidores de potencia.*

7. Resuelva el circuito de la figura 6-14 para determinar los siguientes parámetros: potencia activa  $P$ , potencia reactiva  $Q$  y potencia aparente  $S$  en cada fase del circuito, así como la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$ .

---



---



---



---

8. Encienda la fuente de alimentación principal y ajuste la perilla de control de tensión de forma tal que la tensión de la fuente de alimentación (indicada por el medidor  $E_{1-N}$ ) sea igual a la tensión nominal de la red local ca. No cambie los ajustes de la tensión hasta el final del ejercicio.

Mida y registre a continuación las tensiones y corrientes en el circuito de la figura 6-14, así como las potencias activa, reactiva y aparente en cada fase del circuito, luego apague la fuente de potencia ca trifásica de la Fuente de alimentación.



*Puede cambiar el tipo de potencia (es decir, activa, reactiva o aparente) medida por el medidor de potencia en la ventana Aparatos de medición haciendo clic en el botón Modo del medidor. Con este método, puede realizar rápidamente todas las mediciones de potencia activa, luego todas las mediciones de potencia reactiva y finalmente todas las mediciones de potencia aparente utilizando los mismos tres medidores.*

Mediciones de tensión y corriente:

$$E_{1-N} = \text{_____ V}$$

$$E_{2-N} = \text{_____ V}$$

$$E_{3-N} = \text{_____ V}$$

$$I_{Fase\ 1} = \text{_____ A}$$

$$I_{Fase\ 2} = \text{_____ A}$$

$$I_{Fase\ 3} = \text{_____ A}$$

Mediciones de potencia activa, reactiva y aparente:

$$P_1 = \text{_____ W}$$

$$P_2 = \text{_____ W}$$

$$P_3 = \text{_____ W}$$

$$Q_1 = \text{_____ var}$$

$$Q_2 = \text{_____ var}$$

$$Q_3 = \text{_____ var}$$

$$S_1 = \text{_____ VA}$$

$$S_2 = \text{_____ VA}$$

$$S_3 = \text{_____ VA}$$

9. Compare los valores de tensión, corriente y potencia (activa, reactiva y aparente) medidos en el paso anterior con los valores de los parámetros calculados en el paso 7. ¿Estos valores son aproximadamente iguales?

☐ Sí      ☐ No

10. Abra el archivo de configuración *ES16-7a.dai*. Este archivo adiciona un medidor en la ventana *Medición* que indica la potencia total en el circuito trifásico.

**11.** Encienda la fuente de potencia ca trifásica de la Fuente de alimentación.

Mida y registre sucesivamente la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  en el circuito utilizando el medidor configurado para la medición de potencia total, luego apague la fuente de potencia ca trifásica de la Fuente de alimentación.

$$P_T = \text{_____ W}$$

$$Q_T = \text{_____ var}$$

$$S_T = \text{_____ VA}$$



Compare los valores de potencia total que acaba de medir con la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  calculada en el paso 7 y medida en el paso 8 ¿Todos los valores son aproximadamente iguales?

☐ Sí

☐ No
**12.** Modifique las configuraciones en los módulos Carga resistiva y Carga capacitiva del circuito de la figura 6-14 para obtener los valores de resistencia y reactancia capacitiva indicados en la tabla 6-1. Debido a estas modificaciones, la carga trifásica ahora está desbalanceada (es decir, la primera fase del circuito tiene una impedancia diferente a la de la segunda y tercera fases).

**Tabla 6-1.** Valores de resistencia y reactancia capacitiva utilizados para desbalancear el circuito trifásico de cuatro conductores conectado en estrella de la figura 6-14.

Red local de potencia ca		$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_2, R_3$ ( $\Omega$ )	$X_{C1}$ ( $\Omega$ )	$X_{C2}, X_{C3}$ ( $\Omega$ )
Tensión (V)	Frecuencia (Hz)				
120	60	300	171	600	240
220	50	1100	629	2200	880
220	60	1100	629	2200	880
240	50	1200	686	2400	960



- 13.** Resuelva el circuito de la figura 6-14 utilizando los valores de resistencia y reactancia capacitiva indicados en la tabla 6-1, para determinar los siguientes parámetros: potencia activa total  $P_T$ , potencia reactiva total  $Q_T$  y potencia aparente total  $S_T$  en el circuito.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- 14.** Encienda la Fuente de alimentación.

Mida y registre sucesivamente la potencia activa  $P_T$ , la potencia reactiva  $Q_T$  y la potencia aparente  $S_T$  en el circuito utilizando el medidor de potencia total configurado anteriormente, luego apague la fuente de potencia ca trifásica de la Fuente de alimentación.

$$P_T = \text{_____ W}$$

$$Q_T = \text{_____ var}$$

$$S_T = \text{_____ VA}$$

- 15.** Compare la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  medidas en el paso anterior con los valores calculados en el paso 13. ¿Todos los valores son aproximadamente iguales?

☐ Sí      ☐ No

La potencia total en circuitos trifásicos de cuatro conductores tanto balanceados como desbalanceados se puede medir utilizando tres medidores de potencia. ¿Las mediciones realizadas en esta sección lo confirman?

☐ Sí      ☐ No

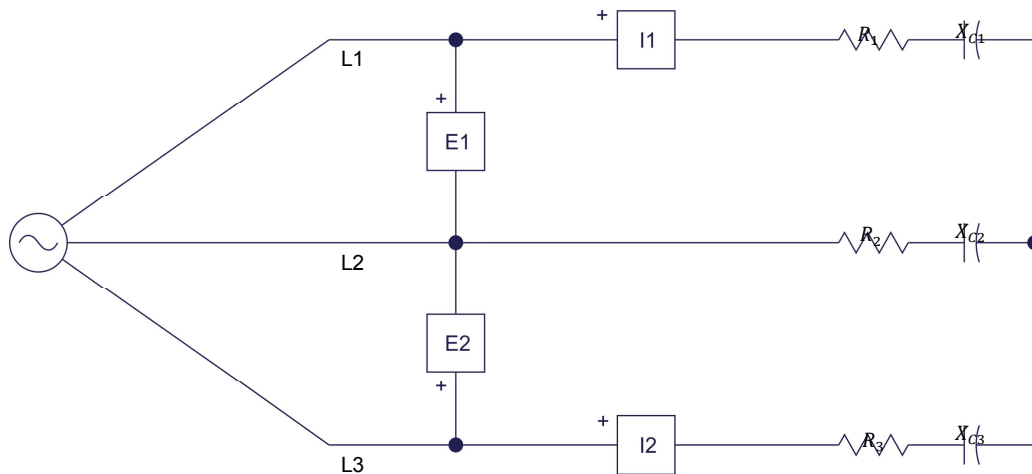
### Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de tres conductores (configuración en estrella)

En esta sección configurará un circuito trifásico balanceado de tres conductores conectado en estrella. Medirá los valores de potencia activa, reactiva y aparente totales en el circuito utilizando el método de los dos vatímetros y verificará que los valores de potencia medidos son iguales a los valores calculados, confirmando así que el método de los dos vatímetros funciona para medir la potencia total en circuitos trifásicos balanceados de tres conductores.

**16.** Configure el circuito mostrado en la figura 6-15.



La carga trifásica balanceada en el circuito de la figura 6-15 es idéntica a la que se utilizó en la sección previa de este ejercicio. La potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  son en conclusión iguales a aquellas que se calcularon en la sección previa (ver paso 7) del ejercicio.



Red local de potencia ca		$R_1, R_2, R_3$ ( $\Omega$ )	$X_{C1}, X_{C2}, X_{C3}$ ( $\Omega$ )
Tensión (V)	Frecuencia (Hz)		
120	60	171	240
220	50	629	880
220	60	629	880
240	50	686	960

**Figura 6-15.** Configuración de un circuito trifásico balanceado de tres conductores conectado en estrella para medición de potencia mediante el método de los dos vatímetros.

**17.** Asegúrese de hacer los ajustes necesarios en los módulos Carga resistiva y Carga capacitiva para obtener los valores de resistencia y reactancia capacitiva requeridos.

**18.** Abra el archivo de configuración *ES16-8a.dai*.

**19.** Encienda la fuente de potencia ca trifásica de la Fuente de alimentación.

Mida y registre sucesivamente la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  en el circuito utilizando el medidor configurado para la medición de potencia total, luego apague la fuente de potencia ca trifásica de la Fuente de alimentación.

$$P_T = \text{_____ W}$$

$$Q_T = \text{_____ var}$$

$$S_T = \text{_____ VA}$$

**20.** Compare la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  medidas en el paso anterior con los valores calculados en el paso 7. ¿Todos los valores son aproximadamente iguales?

☐ Sí      ☐ No

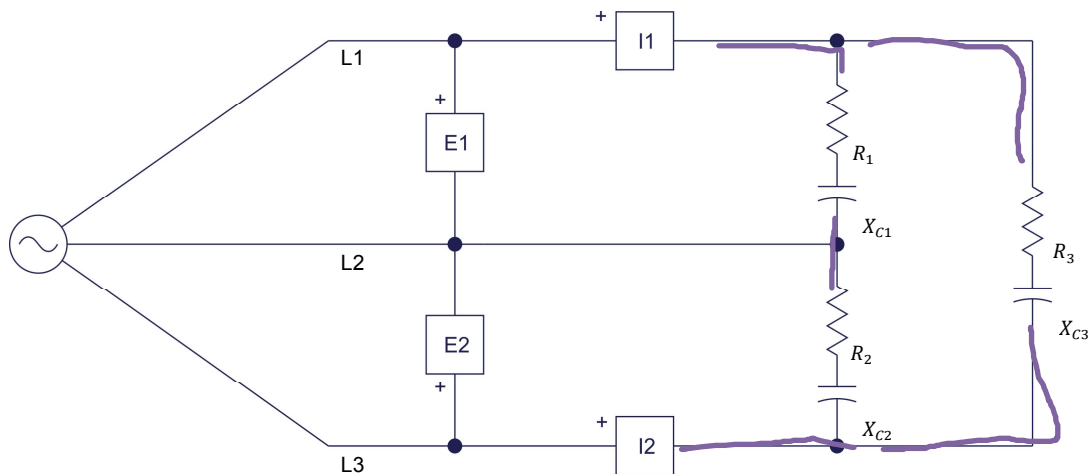
El método de los dos vatímetros se puede utilizar para medir la potencia total en circuitos trifásicos balanceados de tres conductores conectados en estrella. ¿Las mediciones realizadas en esta sección lo confirman?

☐ Sí      ☐ No

**Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de tres conductores (configuración en triángulo)**

*En esta sección configurará un circuito trifásico balanceado de tres conductores conectado en triángulo. Resolverá el circuito calculando los valores de potencia activa, reactiva y aparente en cada fase del mismo y los valores de potencia activa, reactiva y aparente totales. Medirá los valores de potencia activa, reactiva y aparente totales utilizando el método de los dos vatímetros y confirmará que los valores medidos son iguales a los valores calculados. Luego desbalanceará el circuito trifásico modificando la impedancia de una de sus fases y resolverá el circuito trifásico desbalanceado resultante. Finalmente, medirá los valores de potencia activa, reactiva y aparente totales utilizando el método de los dos vatímetros y verificará que los valores medidos son iguales a los valores calculados confirmando así que dicho método se puede utilizar para medir la potencia total tanto en circuitos trifásicos de tres conductores balanceados como desbalanceados.*

**21.** Configure el circuito que se muestra en la figura 6-16.



Red local de potencia ca		$R_1, R_2, R_3$ ( $\Omega$ )	$X_{C1}, X_{C2}, X_{C3}$ ( $\Omega$ )
Tensión (V)	Frecuencia (Hz)		
120	60	171	240
220	50	629	880
220	60	629	880
240	50	686	960

Figura 6-16. Configuración de un circuito trifásico balanceado de tres conductores conectado en triángulo para la medición de potencia utilizando el método de los dos vatímetros.

**22.** Haga los ajustes necesarios en los módulos [Carga resistiva](#) y [Carga capacitiva](#) para obtener los valores de resistencia y reactancia capacitiva requeridos.



- 23.** Resuelva el circuito de la figura 6-16 para determinar los siguientes parámetros: potencia activa  $P$ , potencia reactiva  $Q$  y potencia aparente  $S$  en cada fase del circuito, así como la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$ .

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- 24.** Encienda la fuente alimentación.

Mida y registre sucesivamente la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  en el circuito utilizando el medidor configurado para la medición de potencia total, luego apague la fuente de potencia ca trifásica de la Fuente de alimentación.

$$P_T = \text{_____ W}$$

$$Q_T = \text{_____ var}$$

$$S_T = \text{_____ VA}$$

- 25.** Compare la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  medidas en el punto anterior con los valores calculados en el paso 23. ¿Todos los valores son aproximadamente iguales?

☐ Sí      ☐ No

- 26.** Modifique los valores en los módulos Carga resistiva y Carga capacitiva del circuito de la figura 6-16 para obtener los valores de resistencia y reactancia capacitiva indicados en la tabla 6-2. Debido a estas modificaciones, la carga trifásica ahora está desbalanceada (es decir, la primera fase del circuito tiene una impedancia diferente a la de la segunda y tercera fases).

**Tabla 6-2. Valores de resistencia y reactancia capacitiva utilizados para desbalancear el circuito trifásico de tres conductores conectado en triángulo de la figura 6-16.**

Red local de potencia ca		$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_2, R_3$ ( $\Omega$ )	$X_{C1}$ ( $\Omega$ )	$X_{C2}, X_{C3}$ ( $\Omega$ )
Tensión (V)	Frecuencia (Hz)				
120	60	300	171	600	240
220	50	1100	629	2200	880
220	60	1100	629	2200	880
240	50	1200	686	2400	960

- 27.** Resuelva el circuito de la figura 6-16 utilizando los valores de resistencia y reactancia capacitiva indicados en la tabla 6-2 para determinar los siguientes parámetros: potencia activa total  $P_T$ , potencia reactiva total  $Q_T$  y potencia aparente total  $S_T$ .

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- 28.** Encienda la Fuente de alimentación.

Mida y registre sucesivamente la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  en el circuito utilizando el medidor configurado para la medición de potencia total, luego apague la fuente de potencia ca trifásica de la Fuente de alimentación.

$$P_T = \text{_____ W}$$

$$Q_T = \text{_____ var}$$

$$S_T = \text{_____ VA}$$

- 29.** Compare la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  medidas en el paso anterior con los valores calculados en el paso 27. ¿Todos los valores son aproximadamente iguales?

☐ Sí      ☐ No

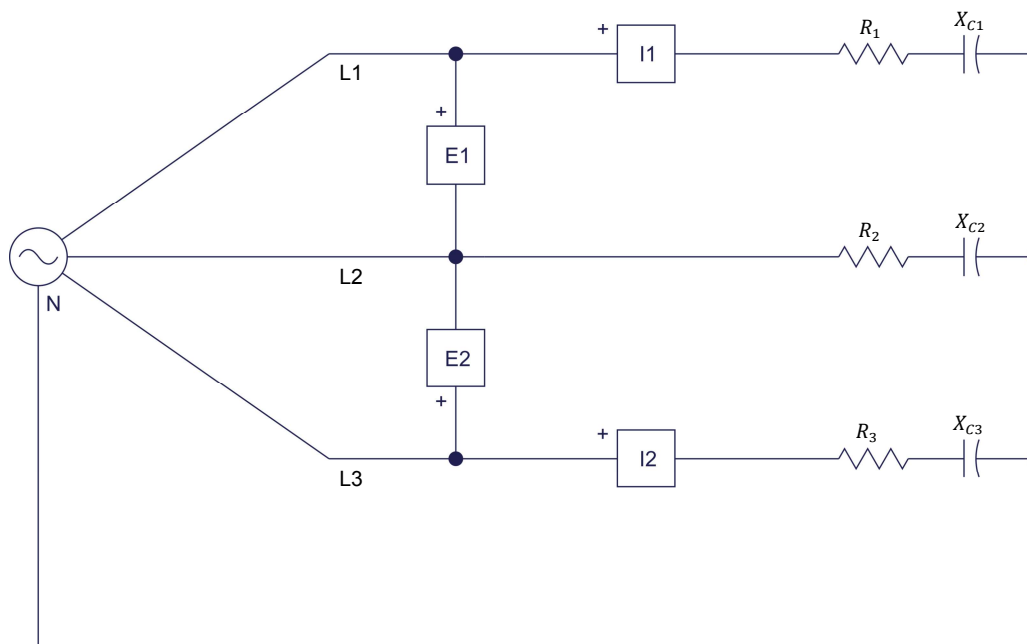
El método de medición de potencia de los dos vatímetros se puede utilizar para medir la potencia total en circuitos trifásicos de tres conductores conectados en triángulo tanto balanceados como desbalanceados. ¿Las mediciones realizadas en esta sección lo confirman?

☐ Sí      ☐ No

### **Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de cuatro conductores utilizando el método de los dos vatímetros**

*En esta sección configurará un circuito trifásico balanceado de cuatro conductores conectado en estrella similar (con la misma carga pero con entradas de tensión y corriente conectadas para la medición de potencia total utilizando el método de los dos vatímetros) al que configuró en la sección “Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de cuatro conductores” de este ejercicio. Medirá los valores de potencia activa, reactiva y aparente totales en el circuito utilizando el método de los dos vatímetros y confirmará que los valores medidos son iguales a los valores calculados para el circuito trifásico balanceado de la sección “Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de cuatro conductores” de este ejercicio. Luego desbalanceará el circuito trifásico modificando la impedancia en una fase del mismo. Finalmente, medirá los valores de potencia activa, reactiva y aparente totales en el circuito y verificará que los valores medidos difieren de los valores calculados para el circuito trifásico desbalanceado de la sección “Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de cuatro conductores” de este ejercicio. Confirmará que el método de los dos vatímetros para la medición de potencia sólo se puede utilizar en circuitos trifásicos de cuatro conductores que estén balanceados.*

- 30.** Configure el circuito que se muestra en la figura 6-17.



Red local de potencia ca		$R_1, R_2, R_3$ ( $\Omega$ )	$X_{C1}, X_{C2}, X_{C3}$ ( $\Omega$ )
Tensión (V)	Frecuencia (Hz)		
120	60	171	240
220	50	629	880
220	60	629	880
240	50	686	960

Figura 6-17. Configuración de un circuito trifásico de cuatro conductores conectado en estrella para la medición de potencia utilizando el método de los dos vatímetros.

- 31.** Haga los ajustes necesarios en los módulos Carga resistiva y Carga capacitiva para obtener los valores de resistencia y reactancia capacitiva requeridos.



El circuito trifásico balanceado que acaba de configurar corresponde al circuito trifásico balanceado de cuatro conductores utilizado en la sección “Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de cuatro conductores” de este ejercicio. Los cálculos requeridos para resolver el circuito son idénticos y no es necesario repetirlos.

**32.** Encienda la Fuente de alimentación.

Mida y registre sucesivamente la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  en el circuito utilizando el medidor configurado para la medición de potencia total, luego apague la fuente de potencia ca trifásica de la Fuente de alimentación.

$$P_T = \text{_____ W}$$

$$Q_T = \text{_____ var}$$

$$S_T = \text{_____ VA}$$

**33.** Compare la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  medidas en el paso anterior con los valores calculados en el paso 7. ¿Todos los valores son aproximadamente iguales?
☐ Sí

☐ No
**34.** Modifique los valores en los módulos **Carga resistiva** y **Carga capacitiva** del circuito de la figura 6-17 para obtener los valores de resistencia y reactancia capacitiva indicados en la tabla 6-3. Debido a estas modificaciones, la carga trifásica ahora está desbalanceada (es decir, la primera fase del circuito tiene una impedancia diferente a la de la segunda y tercera fases).

*El circuito trifásico que acaba de configurar corresponde al circuito trifásico desbalanceado de cuatro conductores utilizado en la sección “Medición de la potencia total en circuitos trifásicos de cuatro conductores” de este ejercicio. Los cálculos requeridos para resolver el ejercicio son idénticos y no es necesario repetirlos.*

**Tabla 6-3.** Valores de resistencia y reactancia capacitiva utilizados para desbalancear el circuito trifásico de cuatro conductores conectado en estrella.

Red local de potencia ca		$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_2, R_3$ ( $\Omega$ )	$X_{C1}$ ( $\Omega$ )	$X_{C2}, X_{C3}$ ( $\Omega$ )
Tensión (V)	Frecuencia (Hz)				
120	60	300	171	600	240
220	50	1100	629	2200	880
220	60	1100	629	2200	880
240	50	1200	686	2400	960

**35.** Encienda la Fuente de alimentación.

Mida y registre sucesivamente la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  en el circuito utilizando el medidor configurado para la medición de potencia total, luego apague la fuente de potencia ca trifásica de la Fuente de alimentación.

$$P_T = \text{_____ W}$$

$$Q_T = \text{_____ var}$$

$$S_T = \text{_____ VA}$$

**36.** Compare los valores de la potencia activa total  $P_T$ , la potencia reactiva total  $Q_T$  y la potencia aparente total  $S_T$  medidos en el paso anterior con los valores de potencia calculados en el paso 13. ¿Todos los valores son iguales?

☐ Sí      ☐ No

¿Qué conclusiones puede sacar con respecto al método de medición de potencia de los dos vatímetros en circuitos trifásicos de cuatro conductores?

---

---

---

---

**37.** Asegúrese de que la Fuente de alimentación está apagada y de que la perilla de control de tensión se encuentra girada completamente a la izquierda. Retire todos los conectores.**CONCLUSIÓN**

En este ejercicio, usted aprendió a calcular la potencia activa, reactiva y aparente en circuitos trifásicos balanceados conectados en estrella y en triángulo. También aprendió a utilizar los medidores de potencia en circuitos trifásicos. Observó cómo medir la potencia en circuitos trifásicos de tres y cuatro conductores y aprendió cuándo es posible utilizar el método de los dos vatímetros para medir potencia en esos circuitos.

**PREGUNTAS DE REVISIÓN**

1. Un circuito trifásico puramente resistivo conectado en triángulo tiene una tensión de línea  $E_{\text{Línea}}$  de 100 V y una corriente de línea  $I_{\text{Línea}}$  de 1,5 A. Calcule la potencia activa total  $P_T$  disipada en la carga resistiva del circuito.
  - a. 260 W
  - b. 300 W
  - c. 450 W
  - d. 150 W
  
2. Explique cómo conectar dos medidores de potencia a las líneas de un circuito trifásico de tres conductores cuando se utiliza el método de los dos vatímetros para medición de potencia.
  - a. la entrada de corriente de uno de los medidores de potencia se conecta para medir la corriente de línea que fluye en uno de los cables de línea del circuito, mientras que la segunda entrada se conecta para medir la corriente de línea en el neutro. Una entrada de tensión del medidor de potencia está conectada para medir la tensión de línea entre dos cables de línea y la otra entrada para medir dicha tensión entre un cable de línea y uno de línea a neutro.
  - b. Las entradas de corriente de los medidores de potencia están conectadas para medir la corriente de línea que fluye en dos de los cables de línea del circuito, mientras que las entradas de tensión están conectadas para medir la tensión de línea entre cada una de los dos cables de línea conectados a las entradas de corriente y al cable de neutro.
  - c. Las entradas de corriente de los medidores de potencia están conectadas para medir la corriente que fluye en dos de los cables de línea, mientras que las entradas de tensión están conectadas para medir la tensión de línea entre dos de los cables de línea conectados a las entradas de corriente y el cable de línea restante.
  - d. La entrada de corriente de uno de los medidores de potencia esta conectada para medir la corriente de línea que fluye en uno de los cables de línea del circuito, mientras que la segunda entrada de corriente está conectada para medir la corriente de línea que fluye en dos de los cables de línea del circuito. Una entrada de tensión del medidor de potencia se conecta entonces a un cable de tensión de línea y al cable de línea neutro.

3. Un circuito trifásico balanceado resistivo y capacitivo conectado en estrella tiene una tensión de fase  $E_{Fase}$  de 80 V y una corriente de fase  $I_{Fase}$  de 2,5 A. Calcule la potencia aparente total  $S_T$  en el circuito.
  - a. 350 VA
  - b. 800 VA
  - c. 600 VA
  - d. 1000 VA
  
4. Un circuito trifásico balanceado de tres conductores resistivo y capacitivo se conecta a dos medidores de potencia configurados para la medición de potencia utilizando el método de los dos vatímetros. Los dos medidores indican lecturas de potencia activa de 175 W y -35 W. Calcule la potencia activa total  $P_T$  disipada en el circuito.
  - a. 120 W
  - b. 375 W
  - c. 230 W
  - d. 140 W
  
5. El método de medición de potencia de los dos vatímetros para medir la potencia total en el circuito, ¿en qué tipo de circuitos trifásicos no funciona?
  - a. en circuitos trifásicos de cuatro conductores desbalanceados
  - b. en circuitos trifásicos de tres conductores balanceados
  - c. en circuitos trifásicos de tres conductores desbalanceados
  - d. en ninguno de los anteriores