

## Polaridad e interconexión del arrollamiento del transformador

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando haya completado este ejercicio, sabrá qué es la polaridad del arrollamiento de un transformador de potencia y cómo representarla en un diagrama. Será capaz de determinar la polaridad de los arrollamientos usando ya sea un osciloscopio o un voltímetro. También sabrá cómo conectar en serie y en paralelo los arrollamientos y cuáles son los efectos de cada tipo de conexión en la tensión, corriente y potencia del transformador.

### RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Introducción a la polaridad del arrollamiento del transformador
- Polaridad de los arrollamientos de un transformador en diagramas esquemáticos
- Determinación de la polaridad de los arrollamientos de un transformador mediante un osciloscopio
- Conexión en serie de los arrollamientos de un transformador
- Determinación de la polaridad de los arrollamientos de un transformador mediante un voltímetro
- Conexión en paralelo de los arrollamientos del transformador

### PRINCIPIOS

#### Introducción a la polaridad del arrollamiento del transformador

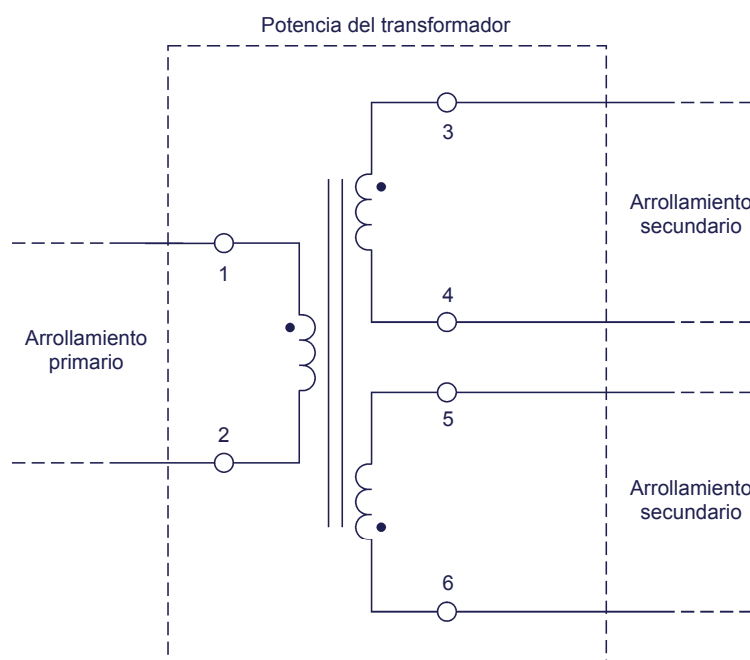
Como se vio anteriormente, cuando se energiza el arrollamiento primario de un transformador de potencia por medio de una fuente de alimentación ca, se establece un flujo magnético alternante en el núcleo de hierro. Dicho flujo enlaza o acopla las espiras de cada arrollamiento e induce tensiones ca en éstos. En los transformadores de potencia, la **polaridad** de estas tensiones inducidas podría parecer de menor importancia pues éstas son ca. Sin embargo, cuando se conectan dos o más arrollamientos del transformador, sus polaridades tienen un efecto significativo en la tensión resultante. Si la tensión de un arrollamiento tiene una polaridad positiva cuando alcanza su valor máximo mientras que la de otro arrollamiento tiene una polaridad negativa cuando también alcanza su valor máximo, es decir, si están desfasadas  $180^\circ$ , las tensiones se oponen entre si y, cuando los arrollamientos están conectados en serie, el valor resultante es igual a la diferencia entre ambas tensiones.

La polaridad del arrollamiento de un transformador se refiere a la polaridad de la tensión en uno de sus extremos con respecto a la tensión en su extremo opuesto en un instante dado. En realidad esto toma relevancia cuando se trata de la polaridad de un arrollamiento en relación con otros. Cuando un extremo de uno de los dos arrollamientos tiene la misma polaridad que uno de los extremos del otro, significa que la polaridad de la tensión en esos extremos es la misma para ambos. En este caso, las tensiones ca a través de los arrollamientos están en fase. Inversamente, cuando un extremo de uno de los dos arrollamientos tiene polaridad opuesta con respecto a uno de los extremos del otro, significa que la polaridad de la tensión de esos extremos es opuesta en ambos. En este

caso, las tensiones ca en dichos arrollamientos están desfasadas  $180^\circ$ . La polaridad de los arrollamientos de un transformador es especialmente importante cuando se deben conectar en serie o en paralelo, como se verá más adelante en este ejercicio.

### Polaridad de los arrollamientos de un transformador en diagramas esquemáticos

En general, para identificar la polaridad de los arrollamientos de un transformador se utilizan marcas. Éstas pueden ser de diferentes tipos, pero la más común es un punto situado al lado de los extremos de los arrollamientos que tienen la misma polaridad. La figura 10 muestra un ejemplo donde se han utilizado puntos para indicar los extremos de los arrollamientos del transformador de igual polaridad.



**Figura 10.** Ejemplo del diagrama esquemático de un transformador de potencia donde se utilizan puntos para indicar los arrollamientos de igual polaridad.

Cuando en la figura 10 la tensión en el terminal 1 es positiva con respecto a (es decir, mayor que) la tensión en el terminal 2, entonces las tensiones en los terminales 3 y 6 también son positivas con respecto a los terminales 4 y 5. Inversamente, cuando la tensión en el terminal 1 es negativa con respecto a (es decir, menor que) la tensión en el terminal 2, entonces las tensiones en los terminales 3 y 6 también son negativas con respecto a las tensiones en los terminales 4 y 5.

### Determinación de la polaridad de los arrollamientos de un transformador mediante un osciloscopio

La polaridad de cada arrollamiento de un transformador de potencia se puede determinar aplicando una tensión ca en uno de ellos (generalmente el primario) y usando un osciloscopio para observar la fase de la tensión inducida a través de cada uno de los otros arrollamientos con respecto a la fase de la tensión de la fuente ca. Cuando la fase de la tensión inducida a través de un arrollamiento es igual a la aplicada al primario, esto indica que los arrollamientos están conectados al osciloscopio con la misma polaridad, como se indica en la figura 11a. Por otro lado, cuando la fase de la tensión inducida a través de un arrollamiento es opuesta (desfasada  $180^\circ$ ) a la aplicada al primario, esto indica que los arrollamientos están conectados al osciloscopio con polaridades opuestas, como se indica en la figura 11b.

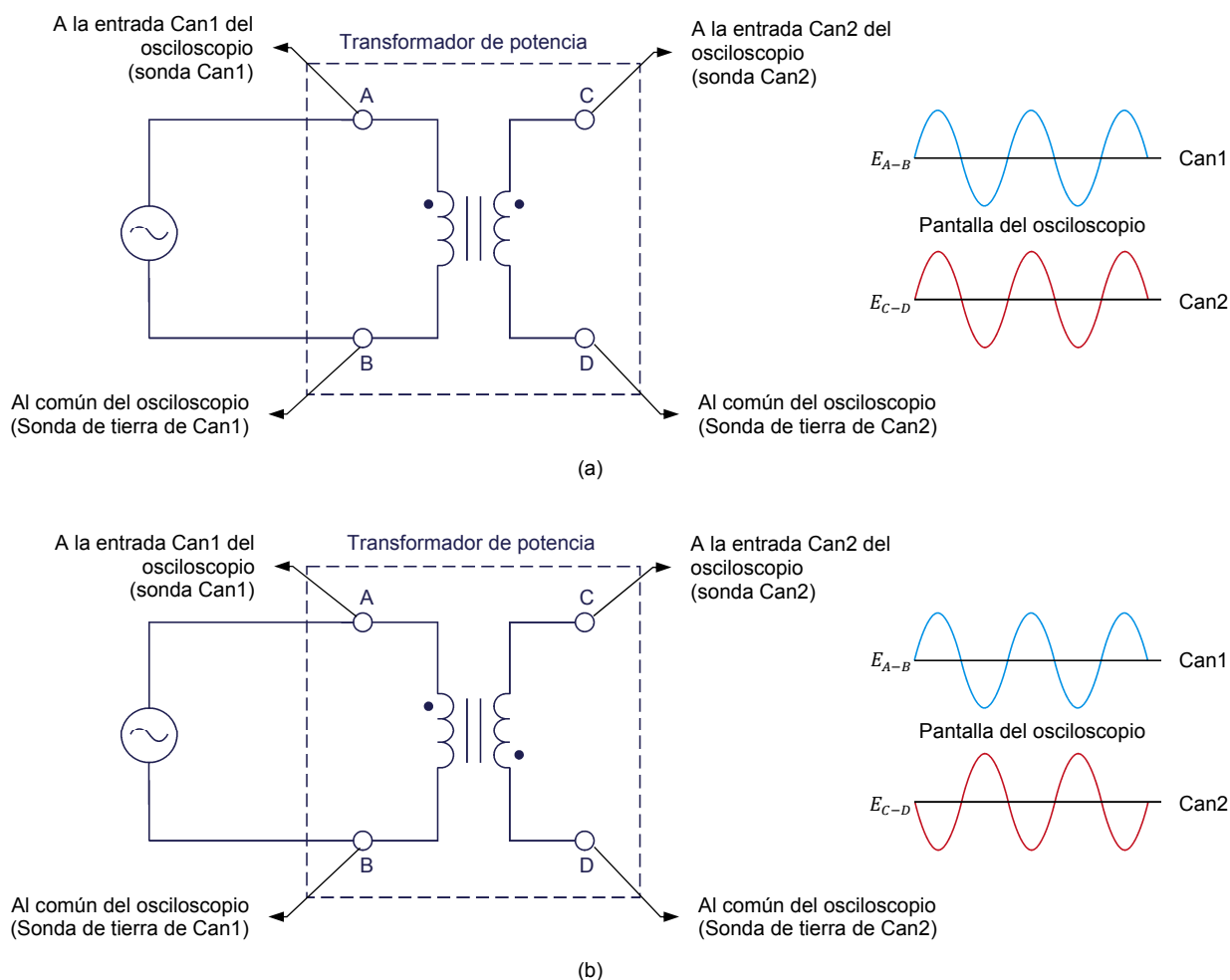
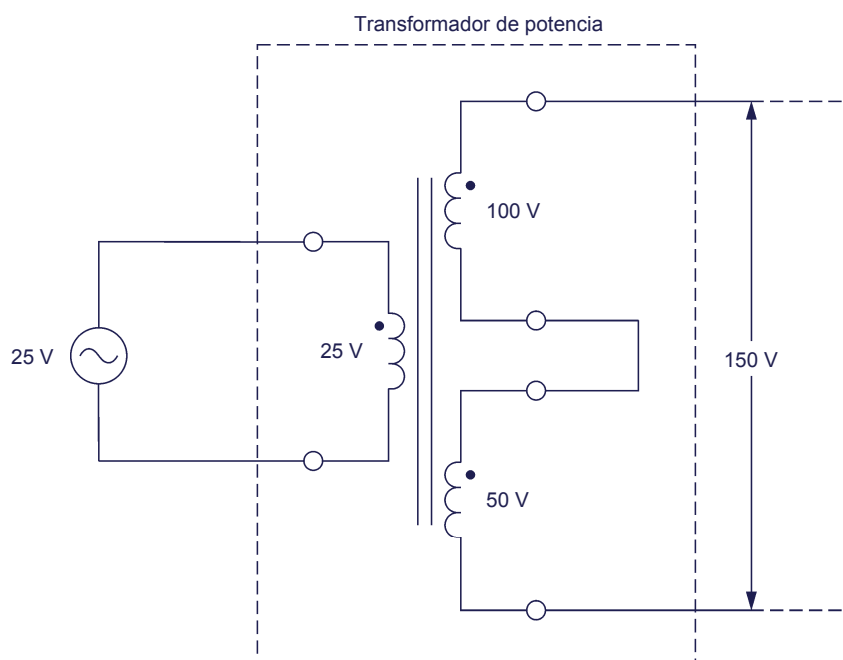


Figura 11. Determinación de la polaridad de los arrollamientos de un transformador de potencia usando un osciloscopio.

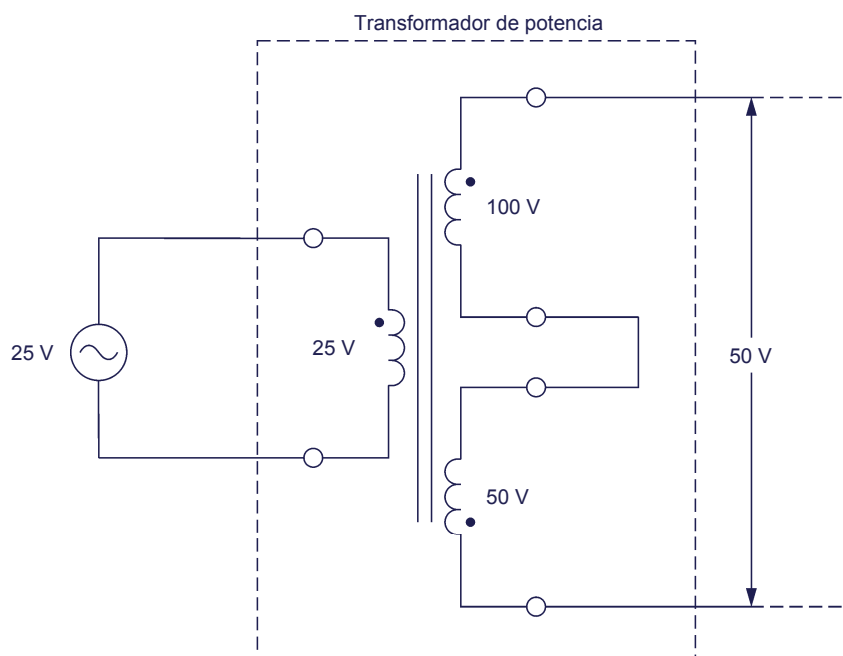
### **Conexión en serie de los arrollamientos de un transformador**

Es posible conectar en serie dos o más arrollamientos de un transformador de potencia de modo que la tensión total a través de ellos resulte igual a la suma (conexión en serie aditiva) o a la diferencia (conexión en serie sustractiva) de las tensiones a través de cada arrollamiento individual. Como se mencionó anteriormente, es importante conocer la polaridad de cada arrollamiento conectado en serie, pues esto determina si estos están conectados en serie aditiva o serie sustractiva.

Cuando dos arrollamientos se conectan en serie de modo que el extremo marcado de uno se conecta al extremo no marcado del otro, los arrollamientos están conectados en serie aditiva, es decir, la tensión a través de los arrollamientos es igual a la suma de las tensiones en cada uno de ellos. Por ejemplo, considere el transformador de la figura 12a. El arrollamiento primario tiene una tensión nominal de 25 V, mientras que las tensiones nominales de los arrollamientos del secundario son 100 V y 50 V. Dado que los del secundario del están conectados en serie aditiva, la tensión total en el secundario es igual a 150 V ( $100\text{ V} + 50\text{ V}$ ), cuando el arrollamiento primario está conectado a una fuente de alimentación ca de 25 V. El transformador opera entonces como un transformador elevador con una relación de tensiones de 1:6.



(a) Conexión serie aditiva



(b) Conexión serie sustractiva

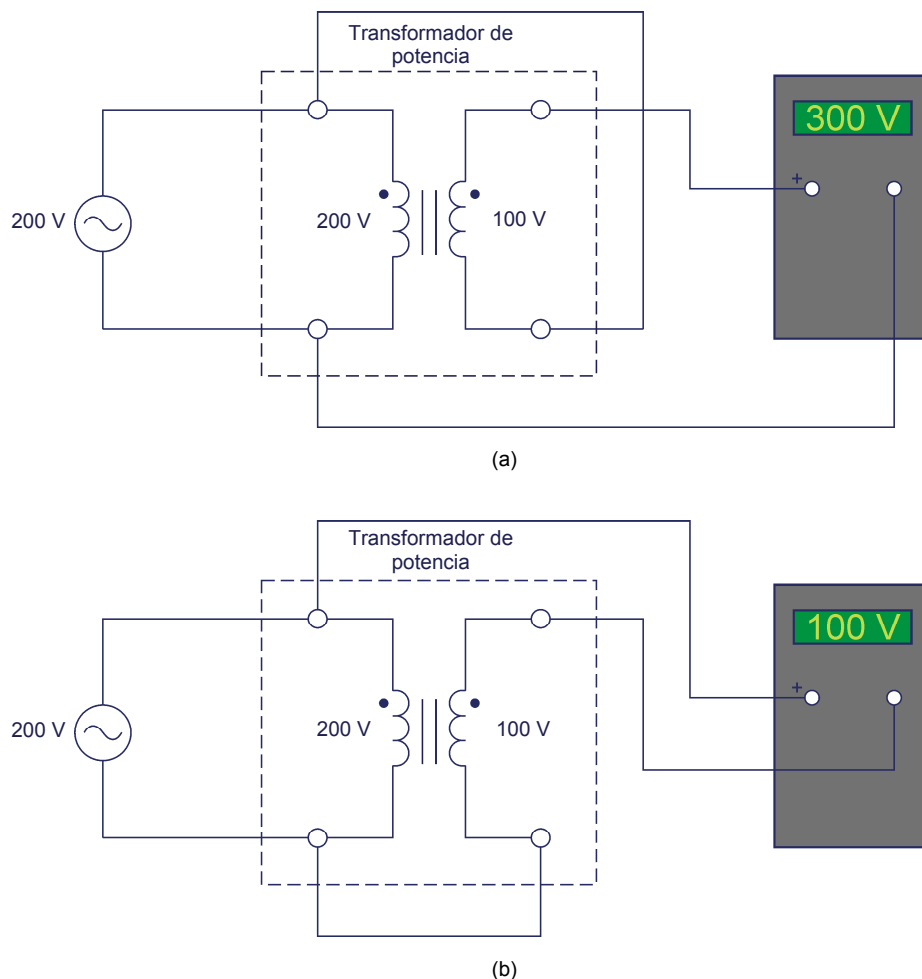
**Figura 12.** Transformador de potencia cuyos arrollamientos del secundario están conectados en serie.

Cuando dos arrollamientos de un transformador se conectan en serie de modo que el extremo marcado de un arrollamiento se conecta al extremo marcado del otro, o el extremo no marcado de uno se conecta al extremo no marcado del otro, se dice que los arrollamientos están conectados en serie sustractiva, es decir, la tensión a través de ambos arrollamientos es igual a la diferencia entre sus tensiones individuales. Por ejemplo, considere el transformador de la figura 12b. El arrollamiento primario tiene una tensión nominal de 25 V, mientras que las tensiones nominales de los arrollamientos del secundario son 100 V y 50 V (de hecho, es el mismo transformador de la figura 12a). Dado que los arrollamientos del secundario están conectados en serie sustractiva, la tensión total en el secundario es igual a 50 V ( $100\text{ V} - 50\text{ V}$ ) cuando el arrollamiento primario está conectado a una fuente de alimentación ca de 25 V. El transformador opera entonces como un transformador elevador con una relación de tensiones de 1:2.

Es raro utilizar las conexiones en serie sustractiva pues los arrollamientos se oponen entre sí. En consecuencia, el número de vueltas de alambre requerido para alcanzar una conversión de potencia ca dada (es decir, para obtener cierta tensión) es mucho más alta que cuando se usa un arrollamiento con el número exacto de vueltas (es decir, un arrollamiento con un número de vueltas igual a la diferencia entre el número de vueltas de los arrollamientos de la conexión en serie que actúan en una dirección y el número de vueltas de los que actúan en la dirección opuesta). En el ejemplo dado en la figura 12b, los dos arrollamientos del secundario suman 150 V pero, cuando se conectan en serie sustractiva, sólo proveen una tensión de 50 V. Por tanto, si se emplea un solo arrollamiento con el número de vueltas exacto, el secundario del transformador requiere sólo un tercio del número de vueltas de dos arrollamientos conectados en serie sustractiva.

### **Determinación de la polaridad de los arrollamientos de un transformador mediante un voltímetro**

Cuando no se dispone de un osciloscopio, la polaridad de los arrollamientos de un transformador de potencia se puede determinar conectando en serie los arrollamientos primario y secundario. Luego se aplica una tensión ca a uno de ellos (generalmente el primario) y se mide la tensión total a través de los mismos. Cuando la tensión total es igual a la suma de las tensiones individuales de ellos, los extremos que están conectados entre sí tienen polaridades opuestas. Esto se ilustra en la figura 13a. En ésta, los arrollamientos primario y secundario, cuyas tensiones nominales son 200 V y 100 V respectivamente, están conectados en serie. Una fuente de alimentación ca de 200 V se conecta al primario. Un voltímetro ca mide 300 V a través de los arrollamientos conectados en serie, indicando que los terminales del transformador conectados entre sí tienen polaridad opuesta cuando los arrollamientos están conectados en serie aditiva (es decir, las tensiones de los arrollamientos se suman). Inversamente, cuando la tensión total es igual a la diferencia entre las tensiones de los arrollamientos individuales, los extremos de los arrollamientos que están conectados entre sí tienen la misma polaridad. Esto se ilustra en la figura 13b. En ésta, el voltímetro ca mide 100 V a través de los arrollamientos conectados en serie, indicando que los terminales del transformador conectados entre sí tienen la misma polaridad (es decir, las tensiones de los arrollamientos se restan entre ellas).



**Figura 13. Determinación de la polaridad de los arrollamientos del transformador mediante un voltímetro.**

Si el transformador de potencia tiene otros arrollamientos, la prueba se repite con cada uno para determinar su polaridad.

### Conexión en paralelo de los arrollamientos del transformador

Es posible conectar en paralelo dos arrollamientos de la misma tensión nominal (es decir, el mismo número de vueltas) para aumentar la capacidad de corriente y por tanto, la potencia que puede suministrarse a una carga. La polaridad de cada arrollamiento debe respetarse al conectar en paralelo los arrollamientos del transformador. De otro modo, fluirá una corriente que excederá considerablemente la corriente nominal de los arrollamientos y podría averiar el transformador de manera permanente. Por ejemplo, considere el transformador de potencia de la figura 14. Este transformador está conectado a una fuente de alimentación ca de 200 V. Éste tiene un arrollamiento primario cuyos valores nominales son 200 V y 1 A, así como dos arrollamientos secundarios de 100 V y 1 A cada uno, conectados en paralelo. Observe que los extremos marcados de los dos arrollamientos secundarios están conectados entre sí y que los extremos no marcados también están conectados. Al encender la fuente de alimentación ca, se mide una tensión de 100 V a través de los

arrollamientos secundarios y fluye una corriente de 2 A en la carga resistiva de  $50\ \Omega$  conectada a éstos.

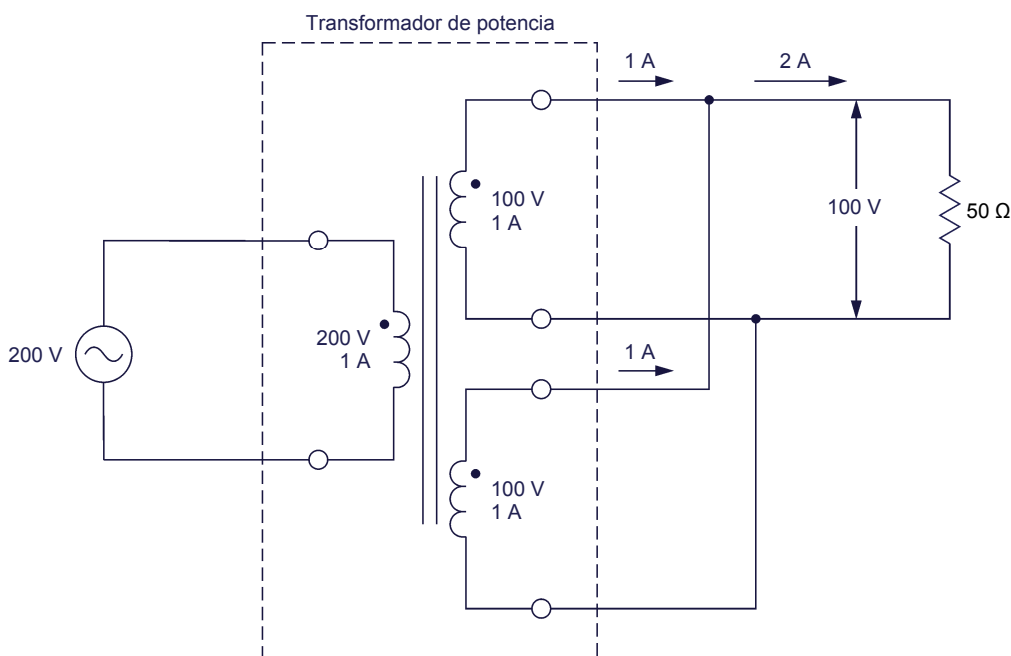


Figura 14. Transformador de potencia cuyos arrollamientos secundarios están conectados en paralelo.

## RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento está dividido en las siguientes secciones:

- Montaje y conexiones
- Determinación de la polaridad de los arrollamientos del transformador utilizando un Osciloscopio
- Conexión en serie de los arrollamientos del transformador
- Determinación de la polaridad de los arrollamientos del transformador utilizando un voltímetro
- Conexión en paralelo de los arrollamientos del transformador

## PROCEDIMIENTO



**ADVERTENCIA**



En este ejercicio de laboratorio se trabaja con tensiones altas. No haga ni modifique ninguna conexión con las fichas banana con la alimentación encendida, a menos que se especifique lo contrario.

### Montaje y conexiones

*En esta sección, usted conectará el equipo para estudiar la operación de un transformador de potencia. Observará las marcas de polaridad en el panel delantero del módulo Transformador y notará qué terminales tienen la misma polaridad que el terminal 1.*



1. Consulte la tabla de utilización del equipo del Apéndice A con el fin de obtener la lista del equipamiento necesario para realizar este ejercicio.

Instale el equipo requerido en el [Puesto de trabajo](#).

2. Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) esté fijado en la posición **O** (apagado), luego enchufe la [Entrada de alimentación](#) en un tomacorriente ca mural.

Conecte la entrada [Alimentación](#) de la [Interfaz de adquisición de datos y control](#) en la fuente de 24 V ca. Encienda esta fuente.

3. Conecte el puerto USB de la [Interfaz de adquisición de datos y control](#) a un puerto USB de la computadora.

Conecte el puerto USB del [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) a un puerto USB de la computadora.

4. Encienda el [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), luego fije el interruptor [Modo de operación](#) en [Fuente de alimentación](#). Este ajuste permite que el [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) opere como fuente de alimentación.

5. Encienda la computadora, luego ejecute el software [LVDAC-EMS](#).

En la ventana [Selector de módulos](#), asegúrese de que la [Interfaz de adquisición de datos y control](#) y el [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#) estén detectados. Asegúrese de que la función [Instrumentación computarizada](#) para la [Interfaz de adquisición de datos y control](#) esté seleccionada. También, seleccione la tensión y la frecuencia que corresponden a las de la red ca local, luego haga clic en el botón [ACEPTAR](#) para cerrar la ventana [Selector de módulos](#).

6. Observe las marcas de polaridad en el panel delantero del módulo [Transformador](#). Determine qué extremos (terminales) de los arrollamientos 3-4, 5-6 y 7-8 tienen la misma polaridad que el terminal 1 del arrollamiento 1-2.

Terminales con la misma polaridad que el 1: \_\_\_\_\_

### Determinación de la polaridad de los arrollamientos del transformador utilizando un Osciloscopio

En esta sección, usted armará un circuito que incluye un transformador de potencia y conectará el equipo para determinar la polaridad de los arrollamientos del transformador utilizando el Osciloscopio. Encenderá la fuente de alimentación ca. Luego observará las formas de onda de la tensión medida a través de cada arrollamiento del transformador y determinará la polaridad de cada terminal. Luego, observará en el Analizador de fasores los fasores de la tensión medida a través de cada arrollamiento del transformador y confirmará los resultados que obtuvo utilizando el Osciloscopio. Luego, invertirá las conexiones de una entrada de tensión de la Interfaz de adquisición de datos y de control y observará qué sucede con la forma de onda de la tensión correspondiente en el Osciloscopio. Por último, determinará si esta inversión tiene algún efecto en la polaridad del arrollamiento.

7. Conecte el equipo como se muestra en la figura 15.

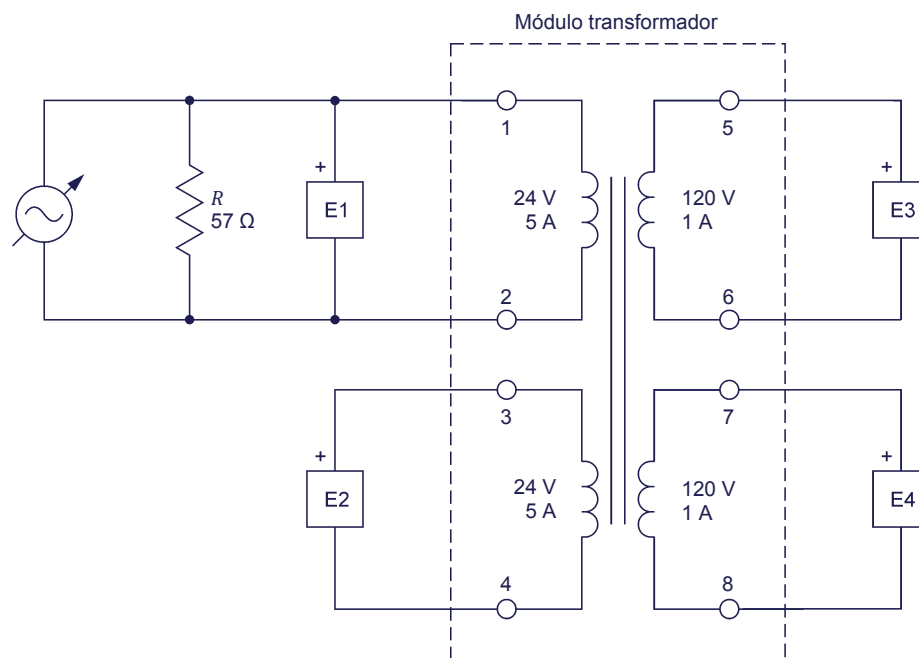


Figura 15. Circuito para determinar la polaridad de los arrollamientos del transformador utilizando un osciloscopio.



La carga resistiva del circuito de la figura 15 se utiliza para mejorar el aspecto de las formas de onda de tensión. La carga resistiva no tiene ningún efecto en las tensiones medidas debido a que está conectada en paralelo con la fuente de alimentación ca.

8. Configure los conmutadores de la **Carga resistiva** para obtener el valor de resistencia requerido.

9. En LVDAC-EMS, abra la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, luego haga los ajustes siguientes:

- Fije el parámetro **Función** en **Fuente de alimentación ca**.
- Fije el parámetro **Tensión** en 24 V.
- Fije el parámetro **Frecuencia** con la frecuencia de la red ca local.
- Encienda la **Fuente de alimentación ca**.

10. En LVDAC-EMS, abra el **Osciloscopio** y haga aparecer las formas de onda de las tensiones medidas a través de cada arrollamiento del transformador.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, vuelva a ajustar el parámetro **Tensión** de modo que el valor eficaz (rms) de la tensión  $E_{1-2}$  a través del arrollamiento 1-2, que aparece en el **Osciloscopio**, esté lo más cerca posible de 24 V.

Utilizando las formas de onda que aparecen en el **Osciloscopio**, determine la polaridad de cada arrollamiento, es decir, determine qué extremos de los arrollamientos tienen la misma polaridad.

---

---

---

Los resultados que ha obtenido, ¿corresponden a las marcas de polaridad indicadas en el panel delantero del módulo **Transformador**?

☐ Sí      ☐ No

En LVDAC-EMS, abra el **Analizador de fasores** y haga aparecer los fasores de las tensiones medidas a través de cada arrollamiento del transformador. Los fasores que aparecen en el **Analizador de fasores**, ¿confirman lo que observó utilizando el **Osciloscopio**?

☐ Sí      ☐ No

11. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, apague la **Fuente de alimentación ca**.

Invierta las conexiones en la entrada de tensión **E3** de la **Interfaz de adquisición de datos y control**.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, active la **Fuente de alimentación ca**.

12. En el **Osciloscopio**, observe las formas de onda de tensión. ¿Qué le sucedió a la forma de onda de la tensión medida a través del arrollamiento 5-6 (entrada **E3**)?

---

---

¿Esta observación cambia sus conclusiones sobre la polaridad del arrollamiento 5-6? Explique brevemente.

---

---

---

---

---

13. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, apague la **Fuente de alimentación ca**.

### **Conexión en serie de los arrollamientos del transformador**

*En esta sección, usted calculará las tensiones inducidas a través de los arrollamientos en serie de tres diferentes disposiciones del transformador. Luego, efectuará sucesivamente cada conexión en serie de los arrollamientos y medirá la tensión a través de cada uno. Comparará las tensiones medidas a través de los arrollamientos en serie con las tensiones calculadas.*

14. Considere las tres conexiones del transformador mostradas en la figura 16.

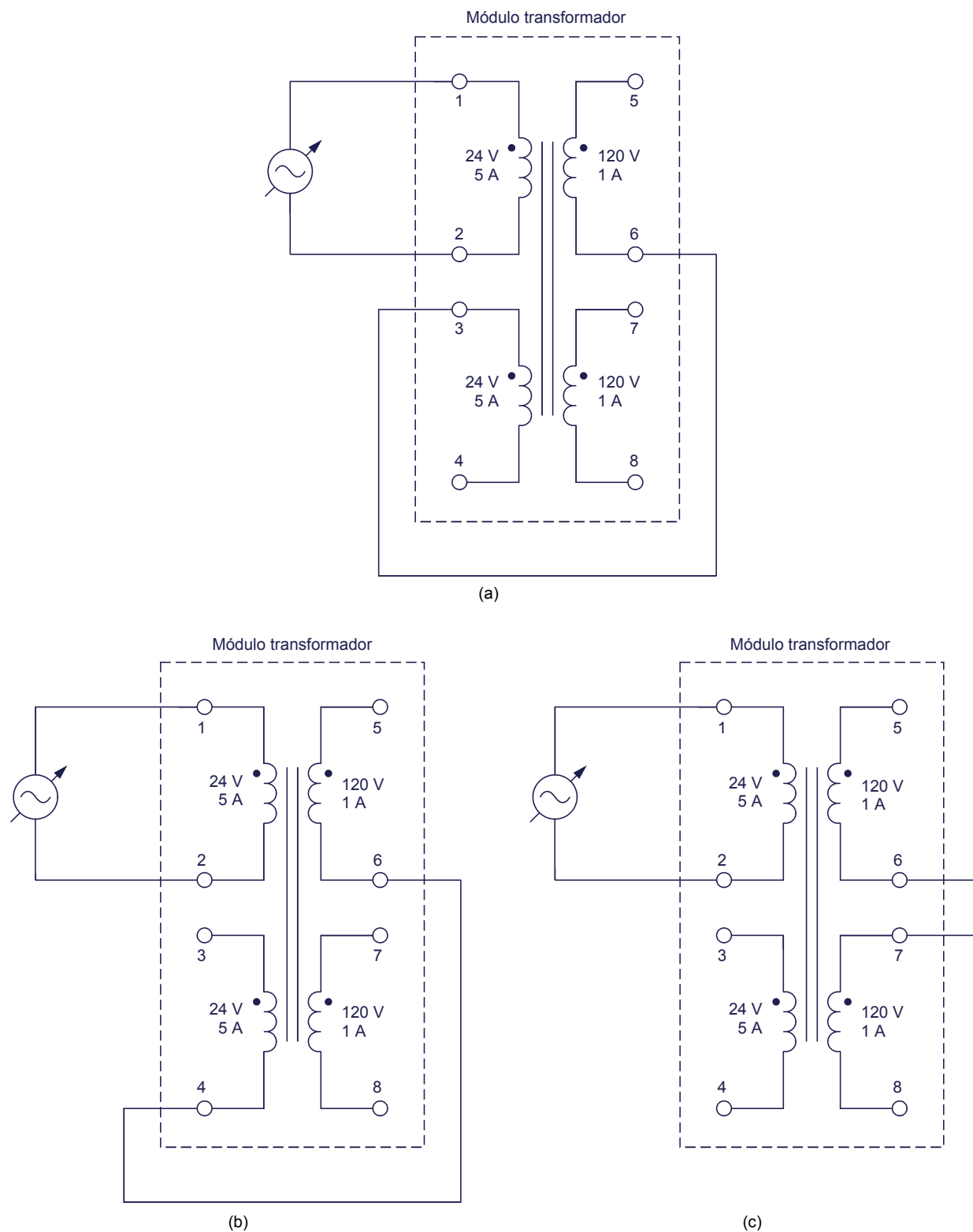


Figura 16. Diferentes conexiones en serie de los arrollamientos del transformador.

En la figura, se considera que el arrollamiento 1-2 es el primario del transformador y que está conectado a una fuente ca de 24 V. Determine la tensión que se debe inducir a través de cada una de las combinaciones de arrollamientos conectados en serie.



*En todas las conexiones del transformador de la figura 16, la capacidad del transformador se limita a 120 VA, debido a que toda la potencia se transfiere a través del arrollamiento primario 1-2, cuyos valores nominales son 24 V y 5 A.*

Tensión en los arrollamientos 3-4 y 5-6 de la figura 16a = \_\_\_\_\_ V

Tensión en los arrollamientos 3-4 y 5-6 de la figura 16b = \_\_\_\_\_ V

Tensión en los arrollamientos 5-6 y 7-8 de la figura 16c = \_\_\_\_\_ V

- 15.** Realice las conexiones en serie mostradas en la figura 16a. Utilice la entrada **E1** de la **DACI** para medir la tensión a través del arrollamiento 1-2 y la entrada **E2** para medir la tensión a través de los arrollamientos conectados en serie.

En **LVDAC-EMS**, abra la ventana **Aparatos de medición**. Efectúe los ajustes necesarios para medir los valores eficaces (ca) de la tensión  $E_{1-2}$  a través del arrollamiento 1-2 y de la tensión a través de los arrollamientos del transformador conectados en serie.

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, encienda la **Fuente de alimentación ca**. Ajuste el parámetro **Tensión** de modo que la tensión a través del arrollamiento 1-2 del transformador, indicada en la ventana **Aparatos de medición**, esté lo más cerca posible de 24 V.

En la ventana **Aparatos de medición**, mida la tensión en los arrollamientos del transformador conectados en serie. Anote el valor a continuación.

Tensión medida en los arrollamientos 3-4 y 5-6 de la figura 16a = \_\_\_\_\_ V

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, apague la **Fuente de alimentación ca**.

- 16.** Repita el paso 15 para las conexiones en serie de los arrollamientos mostrados en la figura 16b y en la figura 16c. Anote a continuación las tensiones medidas.

Tensión medida en los arrollamientos 3-4 y 5-6 de la figura 16b = \_\_\_\_\_ V

Tensión medida en los arrollamientos 5-6 y 7-8 de la figura 16c = \_\_\_\_\_ V

Compare las tensiones a través de los arrollamientos en serie medidas en este paso y en el anterior con las calculadas en el paso 14. Los valores de tensión medidos, ¿son prácticamente iguales a los calculados?

☐ Sí ☐ No

### Determinación de la polaridad de los arrollamientos del transformador utilizando un voltímetro

En esta sección, usted conectará un circuito que incluye un transformador con ciertos arrollamientos (arrollamientos 1-2 y 5-6) conectados en serie. Encenderá la fuente de alimentación ca y medirá las tensiones a través de los arrollamientos en serie. Utilizando la tensión medida, determinará la polaridad de los arrollamientos del transformador. Comparará las polaridades obtenidas utilizando este método con las determinadas previamente en este ejercicio. Luego, conectará otro circuito que incluye un transformador con ciertos arrollamientos en serie (arrollamientos 1-2 y 7-8) y repetirá las manipulaciones anteriores.

17. Conecte el equipo como se muestra en la figura 17. En este circuito, uno de los arrollamientos secundarios (arrollamiento 5-6) del transformador de potencia está conectado en serie con el arrollamiento primario (arrollamiento 1-2).

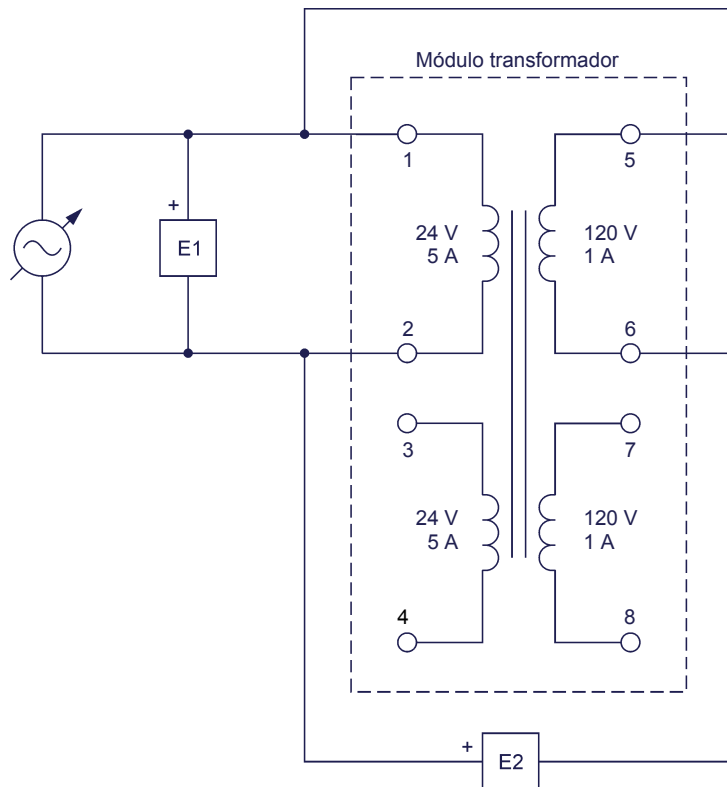


Figura 17. Circuito para determinar la polaridad de los arrollamientos del transformador utilizando un voltímetro.

18. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), encienda la [Fuente de alimentación ca](#). Ajuste el parámetro [Tensión](#) de modo que la tensión del transformador a través del arrollamiento 1-2, indicada en la ventana [Aparatos de medición](#), esté tan cerca como sea posible de 24 V.

En la ventana [Aparatos de medición](#), mida la tensión del transformador a través de los arrollamientos en serie (arrollamientos 1-2 y 5-6). Anote el valor a continuación.

Tensión en los arrollamientos 1-2 y 5-6 = \_\_\_\_\_ V

19. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), apague la [Fuente de alimentación ca](#).

20. Utilizando la tensión a través de los arrollamientos en serie medida en el paso 18, determine la polaridad del arrollamiento 5-6 del transformador de potencia en relación con la del arrollamiento 1-2 [es decir, determine qué terminal (5 o 6) del arrollamiento 5-6 tiene la misma polaridad que el terminal 1 del arrollamiento 1-2]. Explique brevemente.

---

---

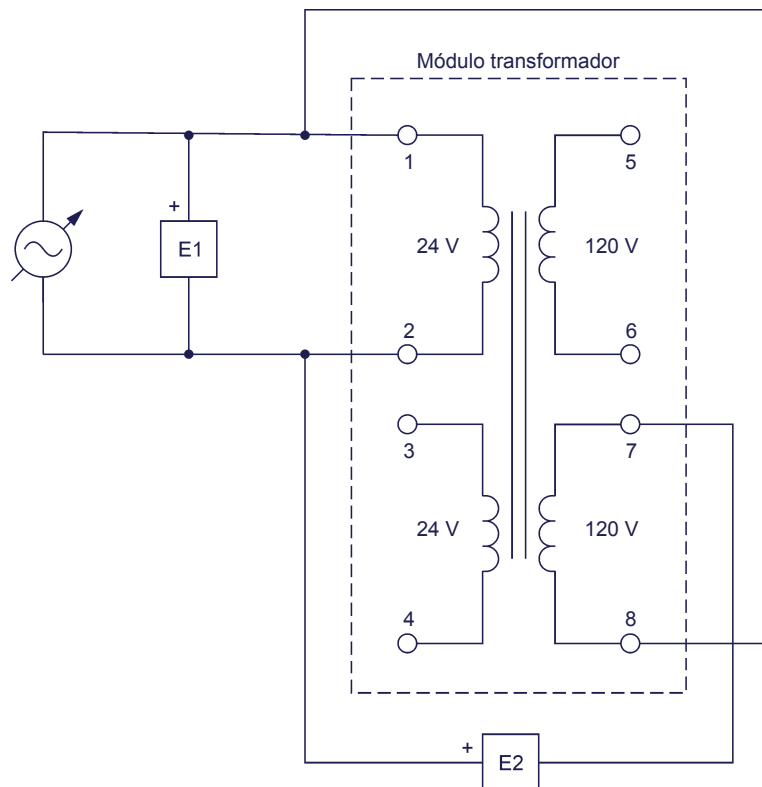
---

Los resultados obtenidos, ¿corresponden a las polaridades de los arrollamientos del transformador de potencia determinada en los pasos 6 y 10?

☐ Sí      ☐ No



- 21.** Conecte el equipo como se muestra en la figura 18. En este circuito, el otro arrollamiento secundario (arrollamiento 7-8) del transformador está conectado en serie con el primario (arrollamiento 1-2).



**Figura 18.** Circuito para determinar la polaridad de los arrollamientos del transformador utilizando un voltímetro.

- 22.** En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), encienda la [Fuente de alimentación ca](#). Ajuste el parámetro [Tensión](#) de modo que la tensión del transformador a través del arrollamiento 1-2, indicada en la ventana [Aparatos de medición](#), esté tan cerca como sea posible de 24 V.

En la ventana [Aparatos de medición](#), mida la tensión inducida a través de los arrollamientos en serie. Anote el valor a continuación.

Tensión medida en los arrollamientos 1-2 y 7-8 = \_\_\_\_\_ V

- 23.** En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), apague la [Fuente de alimentación ca](#).

24. Utilizando la tensión a través de los arrollamientos en serie medida en el paso anterior, determine la polaridad del arrollamiento 7-8 en relación con la del arrollamiento 1-2 [es decir, determine qué terminal (7 u 8) del arrollamiento 7-8 tiene la misma polaridad que el terminal 1 del arrollamiento 1-2]. Explique brevemente.

---

---

---

---

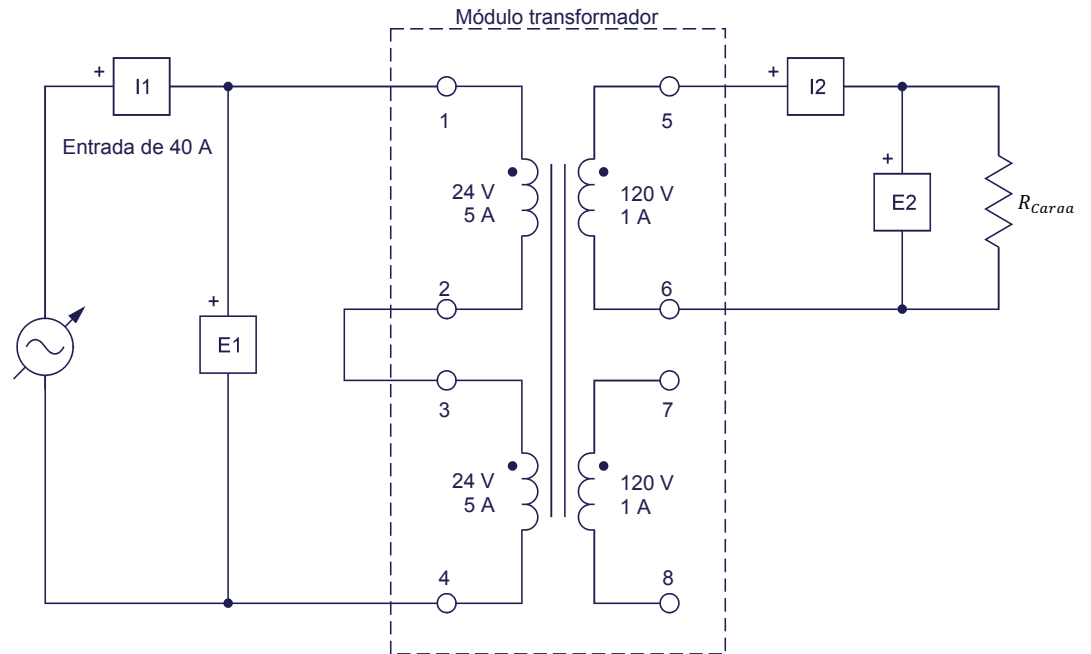
Los resultados obtenidos, ¿corresponden a las polaridades de los arrollamientos del transformador de potencia determinada en los pasos 6 y 10?

☐ Sí      ☐ No

### Conexión en paralelo de los arrollamientos del transformador

*En esta sección, usted montará un transformador elevador conectado a una carga resistiva. Encenderá la fuente de alimentación ca y confirmará que la tensión secundaria del transformador es igual a 120 V. Luego fijará la resistencia de la carga resistiva en 120  $\Omega$ . De esta manera, la corriente secundaria debe ser prácticamente igual a la nominal (1 A). Medirá la tensión, la corriente y la potencia aparente en el primario y en el secundario del transformador. Luego, modificará el circuito para conectar los arrollamientos secundarios en paralelo. Confirmará que la tensión, la corriente y la potencia aparente en el secundario no han cambiado y que los dos arrollamientos secundarios ahora comparten la corriente que los recorre en igual proporción. Fijará la resistencia de la carga resistiva en 57  $\Omega$ . Por lo tanto, la corriente que circula en cada arrollamiento del secundario debe ser prácticamente igual a la corriente nominal (1 A). Por último, medirá la tensión, la corriente y la potencia aparente en el primario y en el secundario del transformador y analizará los resultados.*

**25.** Conecte el equipo como se muestra en la figura 19.



**Figura 19.** Transformador elevador conectado a una carga resistiva.

En LVDAC-EMS, fije el ajuste *Gama* de la entrada de corriente *I1* en alta.

**26.** Configure los conmutadores de la *Carga resistiva* de modo que el valor de la resistencia de la carga sea infinito.

**27.** En la ventana *Aparatos de medición*, haga los ajustes necesarios para medir los valores rms (ca) de la tensión  $E_{Pri.}$  en el primario y la tensión  $E_{Sec.}$  en el secundario (entradas *E1* y *E2*, respectivamente). Ajuste cuatro medidores para medir la corriente  $I_{Pri.}$  en el primario, la corriente  $I_{Sec.}$  en el secundario y las corrientes  $I_{5-6}$  e  $I_{7-8}$  de los arrollamientos (entradas *I1*, *I2*, *I3* e *I4*, respectivamente). Por último, ajuste los otros dos medidores para medir la potencia aparente  $S_{Pri.}$  en el primario utilizando las entradas *E1* e *I1* y la potencia aparente  $S_{Sec.}$  en el secundario con las entradas *E2* e *I2*.



Más adelante en esta sección, las entradas *I3* e *I4* se conectarán a los arrollamientos 5-6 y 7-8, respectivamente.

28. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, fije el parámetro **Tensión** en 48 V, luego encienda la **Fuente de alimentación ca**. Vuelva a ajustar el parámetro **Tensión** de modo que la tensión primaria  $E_{Pri.}$  que aparece en la ventana **Aparatos de medición**, esté lo más cerca posible de 48 V.

En la ventana **Aparatos de medición**, ajuste temporalmente el medidor que mide la corriente primaria (en el primario) del transformador de modo que muestre valores de corriente cc. Luego, en la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, ajuste el parámetro **Corrección de la compensación cc** de modo que la corriente cc que circula en el arrollamiento primario del transformador esté lo más cerca posible de 0 A. Hecho esto, ajuste el medidor asignado a la corriente primaria del transformador de modo que muestre valores de corriente ca.

La tensión secundaria  $E_{Sec.}$ , ¿es prácticamente igual a 120 V, indicando que se trata de un transformador elevador con una relación de tensiones de 48 V: 120 V?

☐ Sí      ☐ No

29. En la **Carga resistiva**, configure los conmutadores para obtener un valor de resistencia de carga  $R_{Carga}$  de 120  $\Omega$ .

En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, ajuste el parámetro **Tensión** de modo que la tensión primaria  $E_{Pri.}$  que aparece en la ventana **Aparatos de medición**, esté lo más cerca posible de 48 V. Ahora, la corriente secundaria  $I_{Sec.}$  debe ser prácticamente igual a la nominal (1 A).

En la ventana **Aparatos de medición**, mida la tensión  $E_{Pri.}$ , la corriente  $I_{Pri.}$  y la potencia aparente  $S_{Pri.}$  en el primario, así como la tensión  $E_{Sec.}$ , la corriente  $I_{Sec.}$  y la potencia aparente  $S_{Sec.}$  en el secundario. Anote los valores a continuación.

$E_{Pri.} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

$E_{Sec.} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

$I_{Pri.} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

$I_{Sec.} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

$S_{Pri.} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ VA}$

$S_{Sec.} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ VA}$

30. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, apague la **Fuente de alimentación ca**.
31. Modifique las conexiones en el circuito para obtener el que se muestra en la figura 20. No cambie la resistencia de la carga resistiva. En este circuito, los dos arrollamientos secundarios (arrollamientos 5-6 y 7-8) están conectados en paralelo con la carga resistiva.

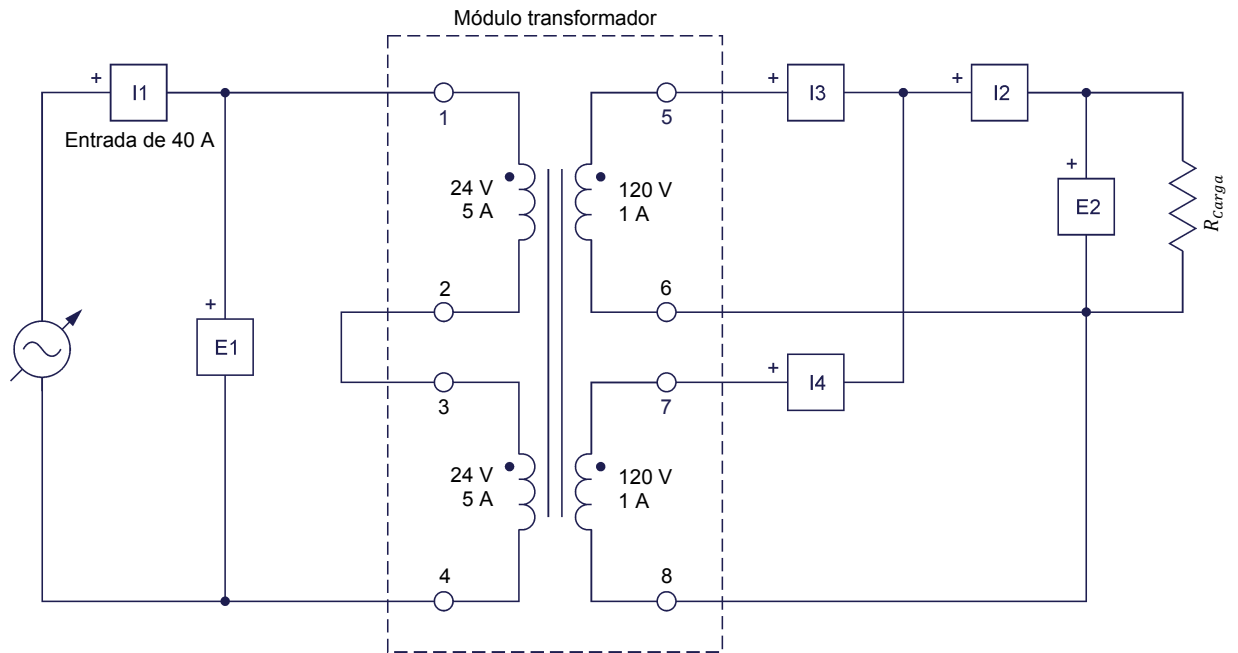


Figura 20. Transformador elevador con los arrollamientos conectados en paralelo.

32. En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), encienda la [Fuente de alimentación ca](#). Ajuste el parámetro [Tensión](#) de modo que la tensión primaria  $E_{pri.}$  del transformador, que aparece en la ventana [Aparatos de medición](#), esté lo más cerca posible de 48 V.

En la ventana [Aparatos de medición](#), mida la tensión  $E_{sec.}$ , la corriente  $I_{sec.}$  y la potencia aparente  $S_{sec.}$  en el secundario. ¿Cambiaron los valores con respecto a los medidos cuando los arrollamientos del circuito no estaban conectados en paralelo?

☐ Sí ☐ No

Mida la corriente que circula en cada arrollamiento secundario (utilizando las entradas [I3](#) e [I4](#)). La corriente que circula en cada arrollamiento, ¿es prácticamente igual a 0,5 A, indicando así que los arrollamientos están compartiendo la corriente de carga en proporciones iguales?

☐ Sí ☐ No

33. En la [Carga resistiva](#), configure los conmutadores para obtener un valor de resistencia de carga  $R_{carga}$  de 57  $\Omega$ .

En la ventana [Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes](#), ajuste el parámetro [Tensión](#) de modo que la tensión primaria  $E_{pri.}$  del transformador, que aparece en la ventana [Aparatos de medición](#), esté lo más cerca posible de 48 V. Ahora, la corriente que atraviesa cada

arrollamiento secundario (corrientes en los arrollamientos  $I_{5-6}$  y  $I_{7-8}$ ) debe ser prácticamente igual a la nominal (1 A).

En la ventana **Aparatos de medición**, mida la tensión  $E_{Pri.}$ , la corriente  $I_{Pri.}$  y la potencia aparente  $S_{Pri.}$  en el primario, así como la tensión  $E_{Sec.}$ , la corriente  $I_{Sec.}$  y la potencia aparente  $S_{Sec.}$  en el secundario. Anote los valores a continuación.

$$E_{Pri.} = \text{_____ V}$$

$$E_{Sec.} = \text{_____ V}$$

$$I_{Pri.} = \text{_____ A}$$

$$I_{Sec.} = \text{_____ A}$$

$$S_{Pri.} = \text{_____ VA}$$

$$S_{Sec.} = \text{_____ VA}$$

34. En la ventana **Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes**, apague la **Fuente de alimentación ca.**

35. ¿Qué sucede con la potencia aparente  $S_{Sec.}$  en el secundario del transformador cuando se conectan los arrollamientos secundarios en paralelo y se ajusta la resistencia de carga de modo que la corriente en cada arrollamiento secundario resulte prácticamente igual al valor nominal? Explique brevemente.

---

---

---

---

¿Qué sucede con la tensión primaria  $E_{Pri.}$  y la corriente  $I_{Pri.}$ , así como con la potencia aparente  $S_{Pri.}$  en el primario del transformador cuando se conectan los arrollamientos secundarios en paralelo y se ajusta la resistencia de carga de modo que la corriente en cada arrollamiento secundario resulte prácticamente igual al valor nominal? Explique brevemente.

---

---

---

---

---

---

36. Cierre **LVDAC-EMS** y apague todo el equipo. Desconecte todos los conductores y guárdelos en su lugar de almacenaje.

**CONCLUSIÓN**

En este ejercicio, aprendió qué es la polaridad de los arrollamientos de un transformador de potencia y cómo representarla en un diagrama. Observó cómo determinar la polaridad de esos arrollamientos utilizando un osciloscopio o un voltímetro. También aprendió a conectar los arrollamientos en serie y en paralelo, así como los efectos de cada tipo de conexión en la tensión, corriente y potencia del transformador.

**PREGUNTAS DE REVISIÓN**

1. ¿Por qué es importante conocer la polaridad de cada arrollamiento de un transformador antes de conectarlos en serie?

---

---

---

---

2. Considere un transformador de potencia compuesto de un único arrollamiento primario con una tensión nominal de 50 V conectado a una fuente de alimentación ca de 25 V y dos arrollamientos secundarios conectados en serie con tensiones nominales de 125 V y 225 V. Si los extremos de los arrollamientos que están conectados en serie tienen la misma polaridad, calcule la tensión total inducida a través de los arrollamientos del secundario cuando se enciende la fuente de alimentación ca.

---

---

---

---

---

---

3. ¿Cómo se puede determinar la polaridad de cada arrollamiento de un transformador de potencia usando un osciloscopio?

---

---

---

---

---

---

---

---

4. ¿Cómo se puede determinar la polaridad de dos arrollamientos de un transformador utilizando un voltímetro?

---

---

---

---

---

---

---

5. ¿Cuál es el efecto de conectar en paralelo los arrollamientos secundarios de un transformador?

---

---

---

---