

## Transformadores en paralelo

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

Después de completar este ejercicio, usted será capaz de conectar transformadores en paralelo y podrá, mediante la medición de las potencias de entrada y de salida, determinar el rendimiento total.

### PRINCIPIOS

Los transformadores se pueden conectar en paralelo para suministrar una potencia superior a la potencia nominal de cada transformador. Cuando se conectan transformadores en paralelo, hay que tomar dos precauciones: Los arrollamientos a conectar en paralelo deben tener las mismas tensiones nominales y deben conectarse con la polaridad correcta, es decir, un terminal marcado debe conectarse con otro marcado y un terminal no marcado debe conectarse con otro no marcado. Si las conexiones no se realizan correctamente, pueden circular grandes corrientes de cortocircuito y, en consecuencia, pueden resultar dañados seriamente los transformadores, los disyuntores y los circuitos asociados.

La figura 8-6 muestra dos transformadores ( $T_1$  y  $T_2$ ), con iguales características nominales, conectados en paralelo para alimentar una carga de 200 VA. Cada transformador tiene una potencia de régimen de 100 VA y los terminales con iguales polaridades se conectan juntos para que cada unidad individual suministre la mitad de la potencia de la carga.

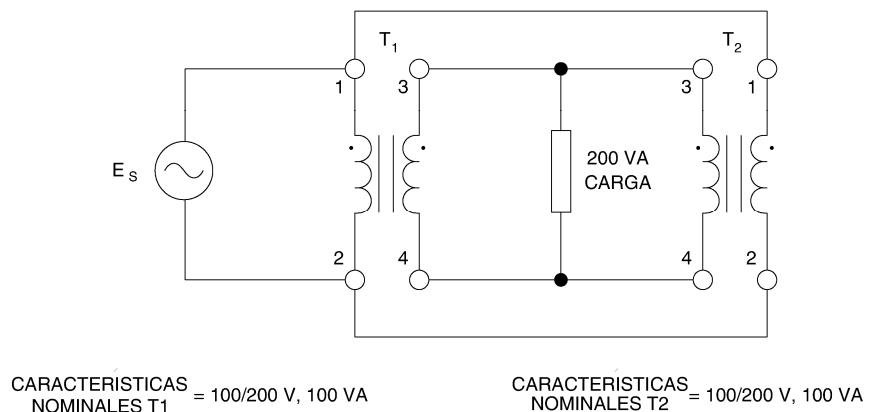


Figura 8-6. Acoplamiento de transformadores en paralelo.

El **rendimiento** de un dispositivo eléctrico, expresado en porcentaje, es la relación entre la potencia activa que suministra el dispositivo ( $P_{SAL}$ ) y la potencia activa suministrada al mismo ( $P_{ENT}$ ) multiplicada por 100. El rendimiento se simboliza con la letra griega eta ( $\eta$ ).

$$\eta = 100 \times \frac{P_{SAL}}{P_{ENT}}$$

Las potencias aparente y reactiva no se emplean en los cálculos de rendimiento.

En un transformador ideal no hay pérdidas internas, por lo tanto, la potencia del primario es exactamente igual a la del secundario. En la práctica, este tipo de transformador no existe ya que cierta potencia se pierde debido a las pérdidas en el cobre y en el hierro. Dado que esta potencia perdida es una parte de la potencia total suministrada por la fuente, la cantidad total de esa pérdida es simplemente la diferencia entre  $P_{ENT}$  y  $P_{SAL}$  ( $P_{ENT} - P_{SAL}$ ).

### 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.

1. Dentro del puesto de trabajo EMS, instale la Fuente de alimentación, el módulo para la adquisición de datos, la Carga resistiva y el Transformador trifásico.
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-N y 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 *ES18-2.dai*.



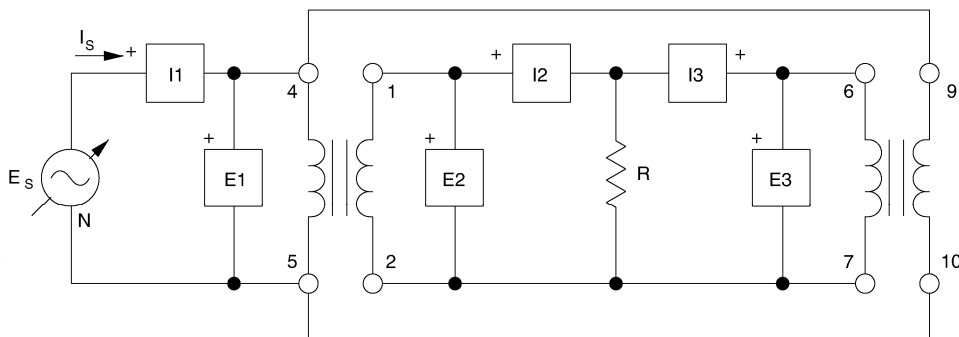
Si está utilizando el software LVSIM-EMS en LVVL, para abrir el archivo de configuración debe utilizar la opción IMPORTAR (IMPORT) en el menú File.

Asegúrese que el modo Regeneración continua está seleccionado.

5. Monte el circuito que muestra la figura 8-7. Los dos transformadores que se utilizan en este circuito son secciones separadas del módulo Transformador trifásico. Si se desea y se respetan las características y las polaridades de los transformadores, se pueden emplear dos módulos Transformador monofásico.



Cada sección del transformador se conecta para elevar la tensión de la fuente. La carga se conecta al acoplamiento en paralelo de los arrollamientos 1-2 y 6-7. La tensión de la fuente se aplica a la combinación en paralelo de los arrollamientos 4-5 y 9-10.



Red local de potencia ca		$E_s$ (V)	$R$ ( $\Omega$ )
Tensión (V)	Frecuencia (Hz)		
120	60	60	$\infty$
220	50	110	$\infty$
220	60	110	$\infty$
240	50	120	$\infty$

Figura 8-7. Transformadores conectados en paralelo y medición de rendimiento.

6. Utilice E1, E2 y E3 para medir las tensiones primaria y secundaria y conecte I1, I2 e I3, como muestra la figura 8-7. Con la carga desconectada, verifique que no circula corriente en los arrollamientos secundarios para confirmar que la conexión en paralelo ha sido realizada correctamente.
7. Asegúrese de que todos los interruptores del módulo Carga resistiva están abiertos y luego encienda la Fuente de alimentación principal. Avance lentamente el control de tensión hasta aproximadamente 10% y, al mismo tiempo, observe las lecturas de I2 e I3.

8. Las lecturas para el medidor de corriente 2 y 3 deben ser prácticamente cero, confirmando de esta forma que no hay corriente fluyendo en el bobinado secundario del transformador conectado en paralelo. Si por el contrario fluye corriente, las conexiones son incorrectas y se deben verificar. Apague la Fuente de alimentación, verifique el cableado, encienda la Fuente de alimentación y verifique que las corrientes 2 y 3 son prácticamente cero.

Cuando las conexiones estén correctas, ajuste la perilla de control de tensión en cero y apague la Fuente de alimentación.

9. Después de confirmar que las conexiones están correctas, conecte nuevamente  $I_2$  en serie con  $R$  para medir  $I_{CARGA}$ . Encienda la Fuente de alimentación y ajuste el control de tensión para obtener el valor  $E_S$  de la figura 8-7. Ajuste el módulo Carga resistiva para obtener el valor  $R$  de la tabla 8-3. Seleccione el archivo de configuración existente *ES18-3.dai*.

Tabla 8-3. Valores del resistor  $R$ .

Red local de potencia ca		$R$ ( $\Omega$ )
Tensión (V)	Frecuencia (Hz)	
120	60	200
220	50	733
220	60	733
240	50	800

10. Mida y anote  $E_{PRI}$ ,  $E_{CARGA}$ ,  $I_{PRI}$ ,  $I_{CARGA}$ ,  $P_{PRI}$ ,  $P_{CARGA}$  y la relación  $P_{CARGA}/P_{PRI}$  ( $P_2/P_1$ ). Después de anotar las mediciones, apague la fuente sin reajustar el control de tensión.

$$E_{PRI} = \text{_____ V}$$

$$E_{CARGA} = \text{_____ V}$$

$$I_{PRI} = \text{_____ A}$$

$$I_{CARGA} = \text{_____ A}$$

$$P_{PRI} = \text{_____ W}$$

$$P_{CARGA} = \text{_____ W}$$

$$\frac{P_{CARGA}}{P_{PRI}} = \text{_____ \%}$$

11. Calcule  $P_{ENT}$  y  $P_{SAL}$ .

$$P_{ENT} = P_{PRI} = E_{PRI} \times I_{PRI} = \text{_____ W}$$

$$P_{SAL} = P_{CARGA} = E_{CARGA} \times I_{CARGA} = \text{_____ W}$$

Compare los resultados con los valores medidos de  $P_{PRI}$  y  $P_{CARGA}$ . ¿Son aproximadamente iguales?

☐ Sí      ☐ No

12. Calcule el rendimiento  $\eta$  del circuito.

$$\text{Rendimiento } \eta = 100 \times \frac{P_{SAL}}{P_{ENT}} = \text{_____ \%}$$

13. Compare el valor de  $\eta$  con la relación  $P_{CARGA}/P_{PRI}$  ( $P_2/P_1$ ) del medidor programable A. ¿Son aproximadamente iguales?

☐ Sí      ☐ No

14. Calcule la "potencia perdida" en el transformador.

$$\text{"Potencia perdida"} = P_{ENT} - P_{SAL} = \text{_____ W}$$

15. Conecte nuevamente I2, como en la etapa 6, para medir la corriente secundaria del primer transformador. Seleccione el archivo de configuración existente *ES18-4.dai*. Encienda la Fuente de alimentación y asegúrese de que el valor  $E_s$  es igual al de la etapa 9.

16. Mida y almacene los valores de  $P_2$  y  $P_3$  proporcionados por los medidores.

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

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

17. Calcule la suma de  $P_2$  y  $P_3$  y compare el resultado con el valor de  $P_{CARGA}$  medido en la etapa 10. ¿Son aproximadamente iguales?

☐ Sí      ☐ No

18. ¿Confirman las mediciones que la potencia de la carga está repartida de manera uniforme entre los dos transformadores?

☐ Sí      ☐ No

19. 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 conectó dos transformadores en paralelo para suministrar potencia a una carga que era imposible alimentar con una sola unidad. Antes de conectar la carga, verificó que no había circulación de corriente en los arrollamientos secundarios, confirmando así que las conexiones eran correctas. Además, calculó el rendimiento total del acoplamiento de los transformadores en paralelo y observó que la potencia de la carga se reparte uniformemente entre los dos transformadores.

**PREGUNTAS DE REVISIÓN**

1. La conexión de los transformadores en paralelo es una manera de
  - a. suministrar mayor potencia a la carga.
  - b. conservar la energía.
  - c. aumentar la tensión de la carga.
  - d. disminuir la tensión de la carga.
  
2. Para conectarlos en paralelo, los transformadores deben
  - a. tener tensiones nominales idénticas.
  - b. conectarse con la polaridad correcta.
  - c. tener características nominales iguales a la potencia de la carga.
  - d. a y b.
  
3. Una carga de 500 VA puede alimentarse con un acoplamiento en paralelo de dos transformadores
  - a. de un valor nominal de 500 VA cada uno.
  - b. de un valor nominal de 200 VA cada uno.
  - c. de un valor nominal de 300 VA cada uno.
  - d. a y c, pero con transformadores de menor valor nominal para economizar.
  
4. Un acoplamiento en paralelo de transformadores no tiene ninguna carga conectada y, sin embargo, en los arrollamientos secundarios circula una corriente. Eso significa que
  - a. las conexiones están correctas.
  - b. los arrollamientos están conectados con las polaridades incorrectas.
  - c. los arrollamientos tienen idénticas características nominales.
  - d. los arrollamientos primarios están cortocircuitados.
  
5. La potencia suministrada a una carga por un acoplamiento en paralelo de dos transformadores idénticos, se reparte
  - a. igualmente entre los transformadores.
  - b. en proporción a sus relaciones de espiras.
  - c. en proporción a sus características nominales.
  - d. en proporción a sus relaciones de corrientes.