

Relaciones de tensiones y corrientes

OBJETIVO DEL EJERCICIO Después de completar este ejercicio, usted estará familiarizado con las características de tensión y corriente de un transformador monofásico y será capaz de emplear la relación de espiras para predecir la tensión y la corriente en el arrollamiento secundario.

PRINCIPIOS Como se muestra en la figura 7-1, los devanados de un transformador monofásico estándar se llaman arrollamiento primario y arrollamiento secundario, o simplemente, primario y secundario. El primero es el arrollamiento de entrada de potencia y se conecta a la fuente de alimentación. El arrollamiento secundario se conecta a la carga y está física y eléctricamente aislado del primario. La tensión del secundario y la corriente que fluye por el mismo, se encuentran relacionados con la tensión y la corriente del primario a través de la relación de espiras del transformador, es decir, N_1/N_2 (o N_P/N_S). La razón entre las tensiones primaria y secundaria es igual a N_1/N_2 , mientras que el cociente entre las corrientes primaria y secundaria es igual a la inversa de la relación de espiras, o sea, N_1/N_2 . Lo anterior resulta:

$$\frac{E_{PRI}}{E_{SEC}} = \frac{N_1}{N_2}$$

que da:

$$E_{SEC} = \frac{E_{PRI} \times N_2}{N_1}$$

y

$$\frac{I_{PRI}}{I_{SEC}} = \frac{N_2}{N_1}$$

que da:

$$I_{SEC} = \frac{I_{PRI} \times N_1}{N_2}$$

A los transformadores se los designa con las relaciones fijas entre las tensiones primaria y secundaria y se los utiliza ampliamente para aumentar (como elevador) o bajar (como reductor) las tensiones y corrientes en la carga. Al igual que la mayoría de los transformadores, el módulo Transformador monofásico, que se utiliza en este ejercicio, tiene sus características nominales indicadas en el panel frontal. Muchos transformadores tienen tomas intermedias, o terminales de conexión, del lado secundario para obtener diferentes relaciones de tensión empleando un solo transformador.

La determinación de la relación de tensión de los transformadores resulta una cuestión relativamente simple. Con el transformador sin carga conectada en el secundario, sólo fluye en el arrollamiento primario la pequeña **corriente de excitación** necesaria para crear el flujo magnético en el interior del transformador. Las pérdidas en el transformador son mínimas y la razón entre las tensiones primaria y secundaria es igual a la relación de espiras. Para encontrar la relación de espiras, se puede aplicar la tensión nominal al primario y medir la tensión del secundario descargado. La relación de corriente se puede calcular aplicando una pequeña tensión ca al primario y medir la corriente en el secundario en cortocircuito. Para que la corriente nominal en el primario no resulte excesiva, la tensión que se aplica al primario deberá ser suficientemente baja, de lo contrario, los arrollamientos podrán recalentarse y dañarse.

La corriente de excitación, que está directamente relacionada con el flujo magnético alterno, crece en proporción directa con la tensión aplicada hasta que el núcleo comienza a saturarse. Esto ocurre cuando la tensión aplicada excede el valor nominal del primario y, en ese momento, deja de ser lineal la relación entre la tensión primaria y la corriente de excitación. Como lo muestra la figura 7-2, cuando la curva de la tensión primaria en función de la corriente de excitación se aplan, pequeños incrementos de la tensión primaria, provocan grandes aumentos de la corriente de excitación. En el módulo Transformador monofásico EMS, la corriente de excitación es de unos pocos miliamperios y, generalmente, su valor es un pequeño porcentaje de la corriente nominal del transformador.

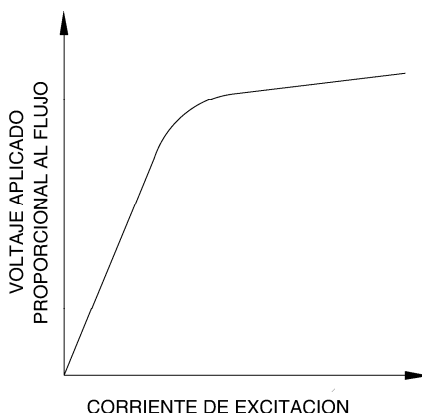


Figura 7-2. Curva de saturación de un transformador.

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. En el puesto de trabajo EMS, instale la Fuente de alimentación, el módulo para la adquisición de datos y el Transformador monofásico.
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).

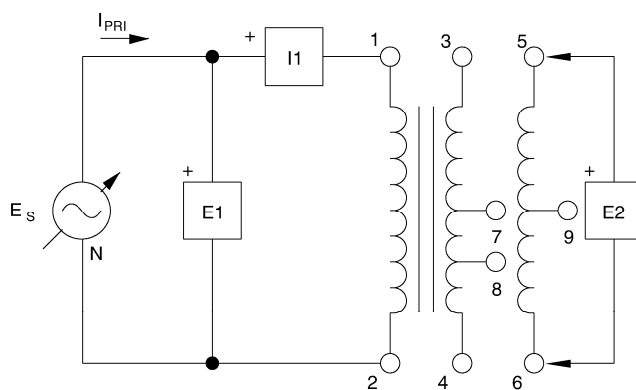
4. Inicie el software Adquisición de datos (LVDAC o LVDAM). Abra el archivo de configuración *ES17-1a.dai*.



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 del transformador de la figura 7-3. Conecte las entradas E1 e I1 como se muestra y utilice E2 para medir las diferentes tensiones secundarias.



Red local de potencia ca		E_s (V)
Tensión (V)	Frecuencia (Hz)	
120	60	120
220	50	220
220	60	220
240	50	240

Figura 7-3. Mediciones en un transformador monofásico.

6. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste el control de tensión para obtener el valor E_S que muestra la figura 7-3. Mida la corriente primaria del transformador y las tensiones en los diferentes terminales de los bobinados secundarios de los transformadores listados anteriormente. Cambie las conexiones de la entrada E2 para medir cada tensión secundaria, asegurando apagar la Fuente de alimentación antes de modificar las conexiones de dicha entrada. Después de recolectar los datos medidos, gire completamente la perilla de control de tensión a la izquierda, luego apague la Fuente de alimentación.

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

$$E_S = E_{1-2} = \text{_____ V}$$

$$E_{5-6} = \text{_____ V}$$

$$E_{3-4} = \text{_____ V}$$

$$E_{3-7} = \text{_____ V}$$

$$E_{7-8} = \text{_____ V}$$

$$E_{8-4} = \text{_____ V}$$

$$E_{5-9} = \text{_____ V}$$

$$E_{9-6} = \text{_____ V}$$

7. Las tensiones secundarias, ¿resultan comparables con los valores nominales indicados en el panel frontal?

☐ Sí ☐ No

8. Los arrollamientos del transformador entre los terminales 1 y 2 y entre los terminales 5 y 6, tienen 500 espiras de alambre cada uno. El arrollamiento entre los terminales 3 y 4 es de 865 espiras. Calcule para cada caso, las relaciones de espiras entre los arrollamientos primario y secundario.

$$\frac{N_{1-2}}{N_{5-6}} = \text{_____}$$

$$\frac{N_{1-2}}{N_{3-4}} = \text{_____}$$

9. Utilice los valores medidos en la etapa 6 para comparar estas relaciones de espiras del transformador con las correspondientes relaciones de tensión. ¿Son aproximadamente iguales?

☐ Sí ☐ No

10. Conecte I2 como lo muestra la figura 7-4 y observe que I2 cortocircuita el arrollamiento 5-6 del secundario. Seleccione el archivo de configuración existente *ES17-2.dai*. Encienda la fuente y ajuste lentamente el control de tensión para obtener el valor de corriente I_S que muestra la figura 7-4.

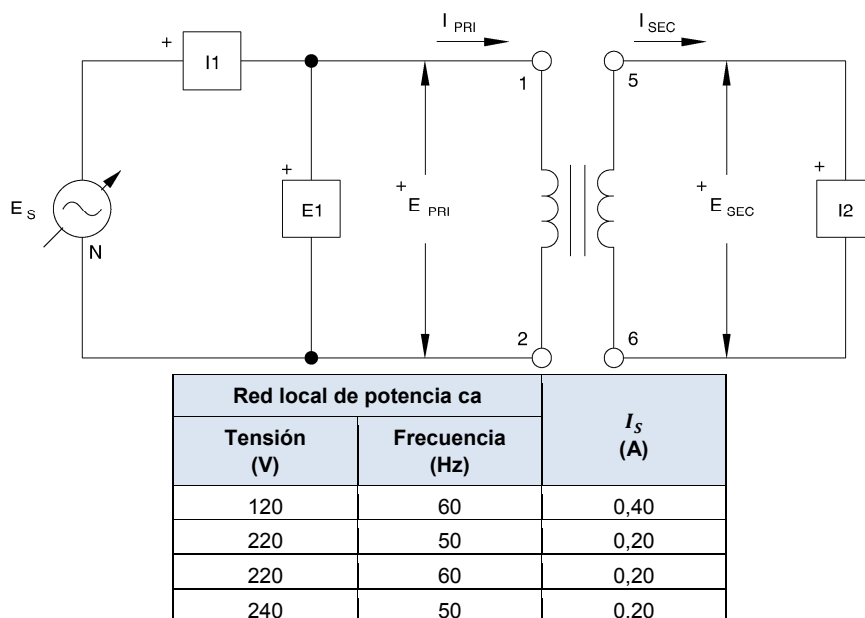


Figura 7-4. Determinación de la relación entre la corriente primaria y la corriente secundaria.

11. Anote los valores de tensión y corriente del primario y el valor de la corriente secundaria de cortocircuito del arrollamiento 5-6.

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

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

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

12. Coloque nuevamente el control de tensión en cero y apague la fuente. Calcule la relación entre la corriente primaria y la corriente secundaria.

$$\frac{I_{PRI}}{I_{SEC}} = \text{_____}$$

13. ¿Resulta la relación aproximadamente igual a N_2/N_1 [N_{5-6}/N_{1-2}]?

☐ Sí ☐ No

14. Conecte I2 para que ahora cortocircuite los terminales 3-4 del secundario. Encienda la Fuente de alimentación y ajuste lentamente la perilla de control de tensión para obtener el mismo valor de corriente de la etapa 10. Anote nuevamente la tensión y la corriente del primario y la corriente del secundario.

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

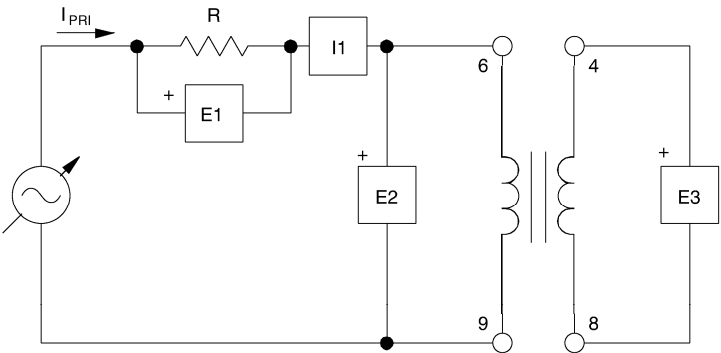
$I_{PRI} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

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

15. Coloque nuevamente el control de tensión en cero y apague la fuente. Calcule otra vez la relación entre la corriente primaria y la corriente secundaria. ¿Resulta igual a N_2/N_1 [N_{3-4}/N_{1-2}]?

☐ Sí ☐ No

16. Monte el circuito del transformador de la figura 7-5. Dicho circuito se utilizará para mostrar cómo resulta afectada la corriente de excitación, cuando el núcleo del transformador se satura. Dado que la corriente de excitación es muy pequeña, para mostrar su variación se utiliza la tensión a través de un resistor de medición R. Conecte los terminales primarios del transformador a los terminales 4 y 5 de la Fuente de alimentación a través del resistor de medición R. Conecte E1, E2 y E3 para medir las tensiones E_R , E_{PRI} y E_{SEC} del transformador. Conecte I1 para medir la corriente primaria I_{PRI} .



Red local de potencia ca		R (Ω)
Tensión (V)	Frecuencia (Hz)	
120	60	100
220	50	367
220	60	367

Figura 7-5. Efecto de la saturación del núcleo en la corriente de excitación.

17. Seleccione el archivo de configuración existente *ES17-3.dai*. Encienda la Fuente de alimentación y utilice el control de tensión de salida para obtener valores de E_{PRI} (E_2) a intervalos iguales y cercanos al 10% del rango de la perilla de control. Para cada ajuste de tensión, haga clic sobre el botón Registro de datos para ingresar las mediciones en la *Tabla de Datos*.

ATENCIÓN

No deje circular corrientes elevadas a través de la bobina primaria del transformador durante mucho tiempo. Cuando mida valores de la corriente primaria que superen la nominal de la bobina del primario del transformador, hágalo en un plazo que no supere los dos minutos. Una vez que la fuente de alimentación esté apagada, deje enfriar el transformador durante unos 15 minutos.

18. Una vez ingresados todos los datos, gire el control de tensión completamente a la izquierda y apague la Fuente de alimentación.
19. Muestre la ventana *Gráfico* y seleccione E_1 (E_R) como parámetro del eje X y E_2 (E_{PRI}) como parámetro del eje Y. Asegúrese de que el formato Gráfico continuo y la escala lineal están seleccionados. Observe la curva de la tensión primaria representada por E_1 , en función de la corriente de excitación. ¿Encuentra usted que después de superar la tensión nominal, la corriente de excitación se incrementa más rápidamente?

☐ Sí ☐ No

20. ¿Encuentra usted que la curva muestra que el núcleo se ha saturado?

☐ Sí ☐ No

21. Revise los valores medidos para determinar cómo se afectó la relación entre las tensiones primaria y secundaria, cuando el núcleo del transformador se saturó.

22. Asegúrese de que la Fuente de alimentación ha sido apagada, que la perilla de control de tensión se encuentra girada completamente a la izquierda y que todos los cables han sido desconectados.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, usted midió las tensiones primaria y secundaria de un transformador monofásico y confirmó que la relación entre dichas tensiones es igual a la relación de espiras N_1/N_2 . Las mediciones de las corrientes primaria y secundaria demostraron que la relación de corrientes es igual a la inversa de la relación de espiras. Además, observó el fenómeno de saturación del núcleo y comprobó que dicha saturación no afecta la relación de tensiones.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Para un transformador con 225 espiras en el arrollamiento primario y 675 espiras en el secundario, la relación de espiras es
 - a. 1:3
 - b. 3:1
 - c. N_S/N_P
 - d. N_2/N_1

2. En un transformador, la corriente del secundario en cortocircuito es 5 A. Si la relación de espiras del transformador es 1:4, ¿cuál es la corriente primaria?
 - a. 20 A
 - b. 1,25 A
 - c. 2,0 A
 - d. 0,8 A

3. La saturación del transformador se produce cuando
 - a. la corriente primaria es mayor que el valor nominal.
 - b. el arrollamiento secundario está cortocircuitado.
 - c. la tensión secundaria es menor que el valor nominal.
 - d. la tensión primaria es mayor que el valor nominal.

4. Se aplican 200 V al arrollamiento primario de un transformador elevador que duplica su tensión primaria. ¿Qué corriente circulará en una carga resistiva de 100 Ω , conectada en el arrollamiento secundario?
 - a. 1 A
 - b. 2 A
 - c. 3 A
 - d. 4 A

5. Cuando se calcula la relación de corriente de un transformador, ¿por qué es necesario aplicar una tensión reducida al arrollamiento primario, en lugar de la tensión nominal?
 - a. Para asegurar la circulación de la corriente nominal secundaria.
 - b. Para asegurar que no se excede la corriente de régimen del primario.
 - c. Para asegurar que se respeta la tensión de régimen del secundario.
 - d. Para asegurar que la corriente de excitación sea máxima.