

**EI VATIMETRO**  
**CARACTERISTICAS DEL TRANSFORMADOR MONOFASICO DE TENSION**

**Objetivos**

- Usar adecuadamente tanto el Vatímetro analógico como el digital, así como interpretar sus respectivas características nominales.
- Interpretar las características nominales de un transformador monofásico de tensión.
- Obtener la relación de vueltas entre el primario y el secundario de un transformador, las marcas de polaridad y las resistencias de los devanados del transformador.
- Obtener el ciclo de Histéresis de un transformador utilizando el osciloscopio en la modalidad XY.
- Obtener las características en vacío y cortocircuito de un transformador monofásico de tensión.
- Obtener las características de carga del transformador monofásico.

**Preparación**

- 1.- Haga un diagrama y describa brevemente el principio de operación de un instrumento electrodinamométrico.
- 2.- Indique las formas de conexión de un vatímetro analógico y especifique cuál es la correcta, dependiendo del valor de la carga.
- 3.- Haga un diagrama de la conexión y explique brevemente el funcionamiento de una bobina compensadora en un vatímetro.
- 4.- Explique brevemente en qué forma puede comprobar si un vatímetro está compensado o no, e indique la conexión correcta para un vatímetro compensado (Bobina móvil a la entrada o a la salida).
- 5.- Para un vatímetro no compensado, indique el procedimiento para medir la potencia disipada en las bobinas y explique cómo puede corregir el error sistemático de la medición.
- 6.- Describa las características principales de un vatímetro digital.
- 7.- Dado un transformador monofásico de tensión:
  - 7.1.- Describa sus características generales.
  - 7.2.- Defina ciclo de Histéresis y haga un diagrama del mismo.

7.3.- Dibuje el circuito equivalente del transformador monofásico, reflejando todos los componentes hacia el primario. Identifique los elementos del modelo.

7.4.- Describa el procedimiento que se debe aplicar para obtener:

7.4.1- La relación de vueltas.

7.4.2- Las marcas de polaridad.

7.4.3- La relación de proporción ( $k$ ) de las resistencias de los 2 arrollados.

7.4.4- El ciclo de Histéresis. Haga un diagrama del circuito que debe montar.

7.4.5.- Las pruebas de vacío. Indique los parámetros del modelo que se obtienen.

7.4.6.- Las pruebas de cortocircuito. Indique los parámetros del modelo que se obtienen.

7.4.7.- Las pruebas de carga, conectando una carga resistiva en el secundario.

Grupo N° \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

**Trabajo de Laboratorio**  
**Práctica N° 10**

- 1.- Recuerde que al entrar al laboratorio tiene que llenar la hoja de asistencia.
- 2.- Encienda su mesón de trabajo.
- 3.- Si al iniciar la práctica encuentra faltas ó fallas en el equipo o en partes del mesón de trabajo que le corresponde, notifíquelo inmediatamente al profesor.
- 4.- Para el vatímetro analógico que tiene a su disposición, registre sus características básicas en la siguiente tabla.

<b>VATIMETRO ANALÓGICO</b>	
MARCA	
MODELO	
SERIAL	
N° BIEN NACIONAL	

- 5.- Haga un resumen de las escalas que ofrece el vatímetro analógico, dependiendo de los rangos de voltaje y corriente disponibles. Indique el factor de escala para cada caso.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- 6.- Para el vatímetro digital que tiene a su disposición, determine y registre sus características básicas en la siguiente tabla.

VATIMETRO DIGITAL	
MARCA	
MODELO	
SERIAL	
N° BIEN NACIONAL	

7.- Haga un resumen de las escalas que ofrece el vatímetro digital, la forma de realizar las conexiones de la fuente y de la carga y el ajuste disponible.

---



---



---



---



---



---



---

8.- Anote las características del transformador disponible en el laboratorio, especialmente la corriente máxima del secundario del transformador.

---



---



---



---



---

9.- Ubique en el mesón el Variac monofásico. Ajuste su perilla de control en cero (sentido antihorario).

10.- Ubique las conexiones del primario y del secundario del transformador.

11.- Para obtener la relación de vueltas (a), monte el circuito de la figura 10.1.

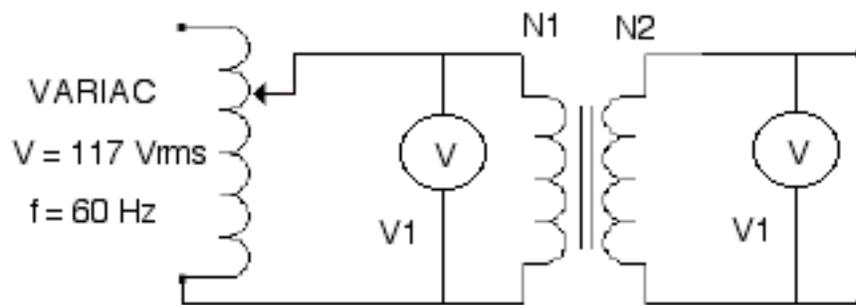


Figura 10.1. Circuito para obtener la relación de vueltas del transformador

12.- Coloque los dos voltímetros AC ( $V_1$  y  $V_2$ ) en una escala adecuada, sabiendo que el voltaje en el Variac puede llegar a 117 Vrms. Aumente el voltaje a la salida del Variac hasta llegar al valor de la tensión nominal de entrada del primario del transformador. Mida y anote los valores que marcan los dos voltímetros AC.

$V_1$	$V_2$	a

13.- Ajuste la perilla de control de voltaje del Variac en cero.

14.- Para obtener las marcas de polaridad de los arrollados primario y secundario del transformador, monte el circuito de la figura 10.2.

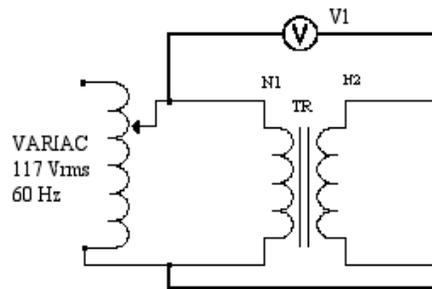


Figura 10.2. Circuito para obtener las marcas de polaridad del transformador

15.- Coloque el voltímetro AC en la escala adecuada. Aumente el voltaje a la salida del Variac hasta llegar al valor de la tensión nominal de entrada del primario del transformador. Mida y anote el valor que marca el voltímetro AC.

Vrms	

16.- Ajuste la perilla de control de voltaje del Variac en cero.

17.- Si la lectura obtenida corresponde a la resta del voltaje del primario y del secundario, las marcas se colocan en los terminales donde está conectado el voltímetro. Si la lectura es la suma, una de las marcas de polaridad está en uno de los terminales del voltímetro y la otra en el terminal opuesto, donde se unió el primario y el secundario.

18.- Para obtener la relación de proporción  $k$  entre las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  de los arrollados primario y secundario, mídalas directamente con un óhmetro digital y anote su valor en la siguiente tabla:

$R_1$ ohmetro	$R_2$ ohmetro	$K = R_2 / R_1$

19.- Monte el circuito de la figura 10.3 para obtener el ciclo de Histéresis del transformador utilizando el osciloscopio en la modalidad X-Y. **El osciloscopio debe estar FLOTANDO.**

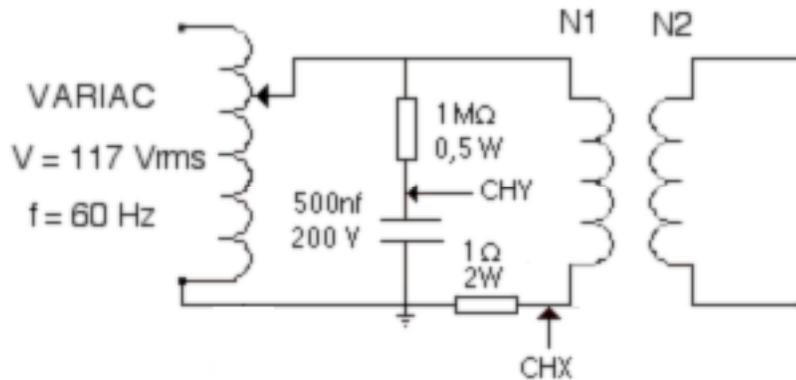


Figura 10.3. Circuito para obtener el ciclo de Histéresis del transformador

- 20.- Previamente ajuste la perilla de control de voltaje del Variac en cero.
- 21.- Coloque las dos puntas del osciloscopio, CH1 (correspondiente al canal X) y CH2 (correspondiente al canal Y), en amplificación X10. Observe que debe invertir el canal CH2 para poder observar el voltaje sobre la resistencia de  $1\Omega$  con la polaridad correcta.
- 22.- Coloque la base de tiempo del osciloscopio en la modalidad X-Y. Ajuste las demás opciones que posee el osciloscopio para trabajar es dicha modalidad. Coloque las escalas de los amplificadores verticales en valores adecuados.
- 23.- Aumente gradualmente el voltaje del Variac hasta obtener la señal del ciclo de Histéresis en la pantalla del osciloscopio. Realice los ajustes necesarios en el osciloscopio para obtener la señal en la forma más clara posible.
- 24.- Si detecta alguna anomalía en el funcionamiento del circuito, baje el voltaje del Variac y revise el circuito.
- 25.- Grafique la señal del ciclo de Histéresis tal como lo observa en la pantalla de su osciloscopio en papel milimetrado. Asegúrese de tener bien calibrado tanto el eje vertical como el horizontal.
- 26.- Ajuste la perilla de control de voltaje del Variac en cero.
- 27.- Para realizar las pruebas en cortocircuito del transformador, monte el circuito de la figura 10.4.

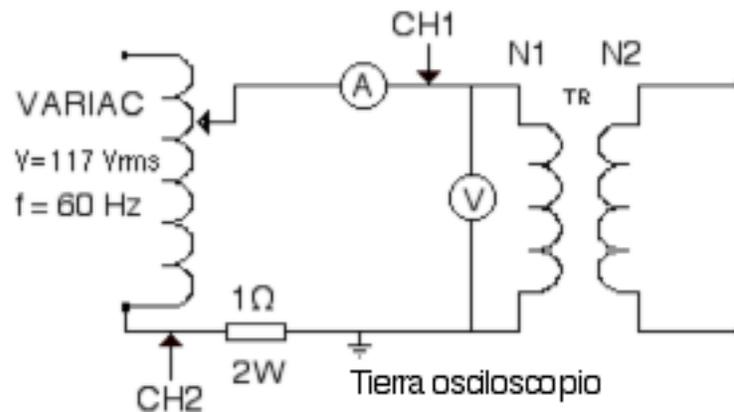


Figura 10.4. Circuito para realizar las pruebas en cortocircuito del transformador

28.- Coloque el voltímetro AC y el amperímetro AC en una escala adecuada. Recuerde que la máxima corriente que puede circular por el primario para no dañar el secundario (ya que éste se encuentra en cortocircuito) es:

$$I_{\text{máx}}_{\text{primario}} = I_{\text{máx}}_{\text{secundario}} / a = \quad \text{amps.}$$

29.- Aumente muy gradualmente el voltaje a la salida del Variac hasta que el amperímetro marque el máximo valor que puede tener la corriente del primario, de acuerdo con la ecuación anterior. Si detecta alguna anomalía en el funcionamiento del circuito, baje el voltaje del Variac y revise el circuito.

30.- Mida y anote los valores que marcan el voltímetro y el amperímetro AC. Para este caso,  $V_{\text{ISC}}$  es el voltaje en el primario con el secundario en cortocircuito e  $I_{\text{ISC}}$  es la corriente en el primario con el secundario en cortocircuito.

$V_{\text{ISC}}$	$I_{\text{ISC}}$

31.- Observe que, según las conexiones mostradas en la figura 10.4, el canal CH1 del osciloscopio está midiendo el voltaje en el primario, y el canal CH2 está midiendo el voltaje sobre una resistencia de  $2 \Omega$ , por la cual circula la corriente del primario, pero con la polaridad invertida, por lo que debe aplicar el control de inversión de este canal. Grafique las señales de los canales CH1 y CH2 del osciloscopio para la prueba de cortocircuito en papel milimetrado.

32.- Calcule el defasaje ( $\theta$ ) entre las 2 señales:  $\theta =$

33.- Ajuste la perilla de control de voltaje del Variac en cero.

34.- Para realizar las pruebas de vacío del transformador, monte el circuito de la figura 10.5, en el que va a usar el vatímetro analógico para realizar las mediciones de potencia.

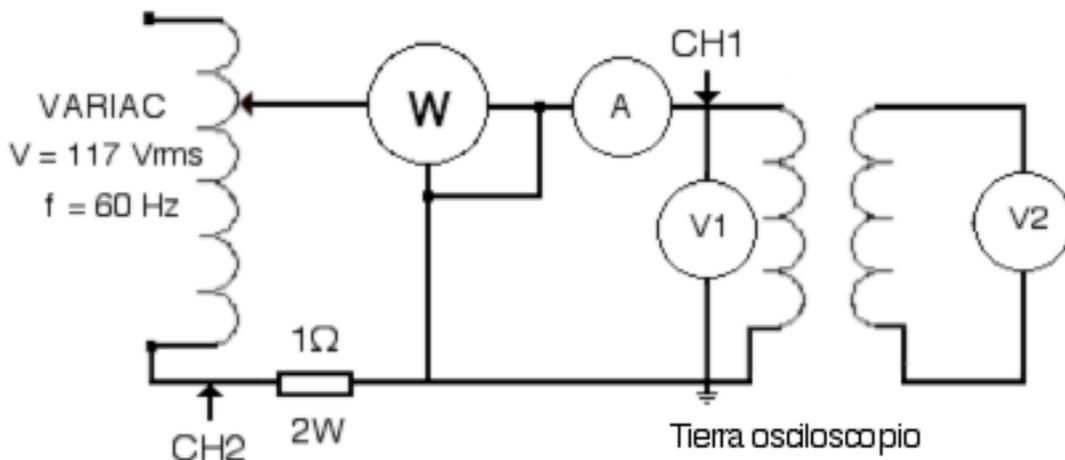


Figura 10.5. Circuito para realizar las pruebas de vacío del transformador

- 35.- Coloque el vatímetro, el amperímetro AC y los voltímetros AC (V1 y V2) en escalas adecuadas.
- 36.- Aumente el voltaje a la salida del Variac hasta llegar al valor de la tensión nominal de entrada del primario del transformador.
- 37.- Mida y anote los valores que indican los instrumentos en la siguiente tabla. Para este caso,  $V_{1OC}$  es el voltaje en el primario con el secundario en circuito abierto,  $I_{1OC}$  es la corriente en el primario con el secundario en circuito abierto,  $W_{1OC}$  es la potencia en el primario con el secundario en circuito abierto, y  $V_2$  es el voltaje en el secundario en circuito abierto.

$R_L$	$V_{1OC}$	$I_{1OC}$	$W_{1OC}$	$V_2$
$\infty$				

- 38.- Invierta el canal 2 para observar la señal proporcional a la corriente en el primario del transformador con la polaridad correcta. Grafique las señales de los canales CH1 y CH2 del osciloscopio para la prueba de circuito abierto o prueba de vacío en papel milimetrado.
- 39.- Calcule el defasaje ( $\varphi$ ) entre las dos señales en CH1 y CH2.  $\varphi =$
- 40.- Ajuste la perilla de control de voltaje del Variac en cero.
- 41.- Para realizar las pruebas de carga, monte el circuito de la figura 10.6, en el que va a utilizar el vatímetro digital para realizar las mediciones de potencia.

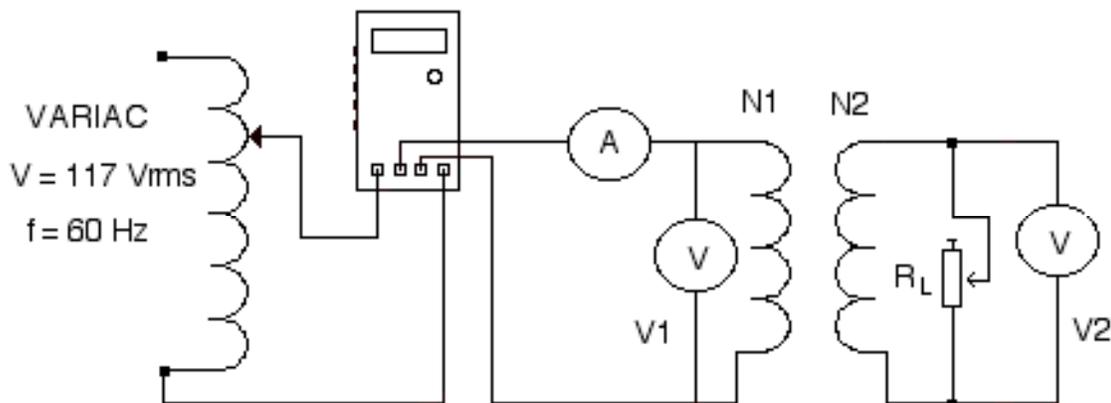


Figura 10.6. Circuito para realizar las pruebas de carga del transformador

- 42.- Coloque los voltímetros AC ( $V_1$  y  $V_2$ ), el amperímetro AC y el vatímetro en escalas adecuadas. Recuerde que la máxima corriente es la nominal del primario.

$$I_{m\acute{a}x, \text{nominal primario}} = \text{_____ amps.}$$

- 43.- Sobre este circuito va a realizar varias medidas, variando el valor de la resistencia  $R_L$  de acuerdo con los datos suministrados por su profesor. Registre los resultados en la tabla que se encuentra al final de la lista de instrucciones.
- 44.- Conecte la resistencia de carga en el secundario del circuito.
- 45.- Aumente el voltaje a la salida del Variac hasta llegar al valor de la tensión nominal de entrada del primario del transformador.
- 46.- Mida y anote los valores de las mediciones en la tabla.
- 47.- Ajuste la perilla de control de voltaje del Variac en cero.
- 48.- Ajuste la resistencia de carga ( $R_L$ ) del circuito al siguiente valor que aparece en la tabla.
- 49.- Repita los puntos 43 hasta 46 hasta completar la tabla. **Recuerde mantener el voltaje a la salida del Variac en el valor nominal para todas las mediciones.** Para este caso,  $V_{1L}$  es el voltaje en el primario cuando en el secundario está conectada la carga  $R_L$ ,  $I_{1L}$  es la corriente en el primario cuando en el secundario está conectada la carga  $R_L$ ,  $W_{1L}$  es la potencia en el primario cuando en el secundario está conectada la carga  $R_L$ , y  $V_{2L}$  es el voltaje en el secundario cuando se encuentra conectada la carga  $R_L$ .

$R_L$	$V_{1L}$	$I_{1L}$	$W_{1L}$	$V_{2L}$

- 50.- Ajuste la perilla de control de voltaje del Variac en cero.
- 51.- Al finalizar la práctica, muéstrole a su profesor todas las anotaciones de las medidas realizadas.
- 52.- Ordene el mesón antes de retirarse del aula, incluyendo las sillas.

## Informe

NOTA: Todo Informe debe atenerse a las normas generales establecidas y por lo tanto debe incluir la Página de Presentación, el Resumen, el Índice, el Marco Teórico, la Metodología, los Resultados, el Análisis de Resultados, las Conclusiones, la Bibliografía y los Anexos.

I.-En el Marco Teórico, explique en una página las características fundamentales de los vatímetros analógicos y digitales, y en una segunda página el modelo circuital de un transformador real y justifique la inclusión de los distintos componentes.

II.-En la Metodología:

- a) Explique el procedimiento para determinar experimentalmente la relación de vueltas y la ubicación de las marcas de polaridad de los arrollados.
- b) Explique el procedimiento para obtener la gráfica del ciclo de histéresis en la pantalla del osciloscopio.
- c) Explique el procedimiento para realizar la prueba de cortocircuito al transformador, y los parámetros del modelo que se obtienen a partir de los datos medidos en esta prueba.
- d) Explique el procedimiento para realizar la prueba de circuito abierto al transformador, y los parámetros del modelo que se obtienen a partir de los datos medidos en esta prueba.
- e) Explique el procedimiento para realizar la prueba de carga al transformador.

III.-En los Resultados, además de colocar los datos obtenidos en el laboratorio, haga lo siguiente:

- a) Calcule el valor de la relación de vueltas ( $a$ ) y determine la posición correcta de las marcas en los arrollados del transformador.
- b) Obtenga el valor de proporción ( $k$ ) entre las dos resistencias.
- c) Con las mediciones realizadas durante la prueba de cortocircuito y los datos obtenidos en los experimentos anteriores ( $a$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  y  $k$ ) calcule:
  - a. La impedancia de entrada (módulo y ángulo).
  - b. Las resistencias de los dos devanados. Considere que la resistencia de entrada está dada por  $R_1 + a^2 R_2$  y que  $R_2$  es igual a  $kR_1$ .
  - c. La reactancia de dispersión de los dos devanados. Considere que la reactancia de entrada está dada por  $X_1 + a^2 X_2$  y que  $X_2$  es igual a  $kX_1$ .
  - d. La inductancia de dispersión de los dos devanados.
  - e. Las pérdidas en el cobre ( $P_{cu}$ ). Ecuación :  $P_{cu} = (I_{prim.(sc)})^2 \times (R_1 + a^2 R_2)$ .
- d) Con las mediciones realizadas durante la prueba de circuito abierto y los datos obtenidos en los experimentos anteriores ( $a$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  y  $k$ ) calcule:
  - a. El factor de potencia en vacío ( $fp$ ), tanto a partir de las mediciones de  $V_{10C}$ ,  $I_{10C}$  y  $W_{10C}$  como del ángulo  $\varphi$ .
  - b. La resistencia de pérdidas magnéticas.
  - c. La corriente de pérdidas.
  - d. La corriente de magnetización.
  - e. La reactancia de magnetización.
  - f. La inductancia de magnetización.
- e) Con los datos obtenidos durante la prueba de carga, elabore los siguientes gráficos:
  - a. Potencia de entrada vs. resistencia de carga ( $R_L$ ).
  - b. Corriente de entrada vs. resistencia de carga ( $R_L$ ).
  - c. Voltaje en el secundario vs. resistencia de carga ( $R_L$ ).

- f) Calcule el valor de la regulación de voltaje ( $\eta$ ) en el secundario aplicando la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{V_{\text{secundario(vacío)}} - V_{\text{secundario(plena carga)}}}{V_{\text{secundario(vacío)}}} \times 100\% =$$

IV.-En el Análisis de Resultados:

- Haga un diagrama completo del modelo circuital del transformador, indicando el valor calculado para cada uno de los parámetros.
- Analice los resultados obtenidos y haga comentarios sobre las aproximaciones realizadas.
- Justifique la diferencia entre el factor de potencia en vacío calculado a partir de las mediciones de  $V_{10C}$ ,  $I_{10C}$  y  $W_{10C}$  y el calculado a partir de la medición del ángulo  $\varphi$ .

V.-En las Conclusiones:

- Escriba sus conclusiones sobre la utilidad de poder conocer en detalle mediante mediciones experimentales el modelo circuital de un transformador real.
- Escriba sus conclusiones sobre la utilidad de los vatímetros en la aplicación de las pruebas para conocer los parámetros del transformador.
- Escriba sus conclusiones sobre la utilidad de poder obtener el ciclo de histéresis de un transformador real.

VI.-Recuerde anexar las Preparaciones de los miembros del grupo.

## Bibliografía

- 1.- Material de apoyo en la página <http://www.labc.usb.ve/mgimenez/EC2286-08/index.html>. Prof. María Isabel Giménez de Guzmán. USB.