

CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA EN SERIE R y L

Fundamento

Si en un circuito de corriente alterna, se situaran una resistencia y una *autoinducción pura*, es decir sin resistencia óhmica, dispuestas en serie y se colocaran tres voltímetros en la forma que indica la fig.1a, tal que el voltímetro V_1 midiera la caída de tensión en la resistencia, el V_2 en la bobina y el V_3 en el circuito total, esto es, en la resistencia y en la autoinducción, la relación

$$V_3 = V_1 + V_2$$

que es válida para corriente continua, aquí no se cumple. Se debe, a que las caídas de tensión en la resistencia y en bobina están desfasadas, a consecuencia de ello, la ecuación válida es:

$$V_3 = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} \quad (1)$$

Generador de corriente alterna

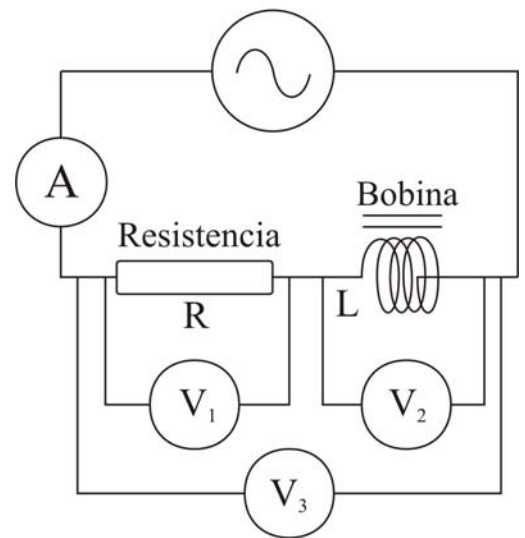


Fig. 1a

Cuando se monta un circuito real siguiendo el esquema de la fig. 1a, resulta que la bobina real siempre tiene resistencia óhmica que produce una caída de tensión V_{RB} que está desfasada con la caída de tensión en la autoinducción V_B . En tal caso la ecuación (1) ya no es válida y los voltajes deben componerse según una relación vectorial (fig.1b).

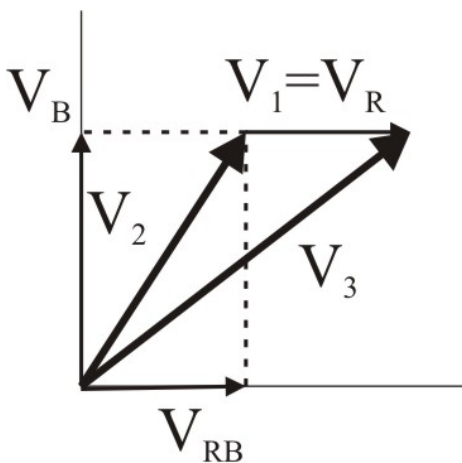


Fig. 1b

Generador de corriente alterna

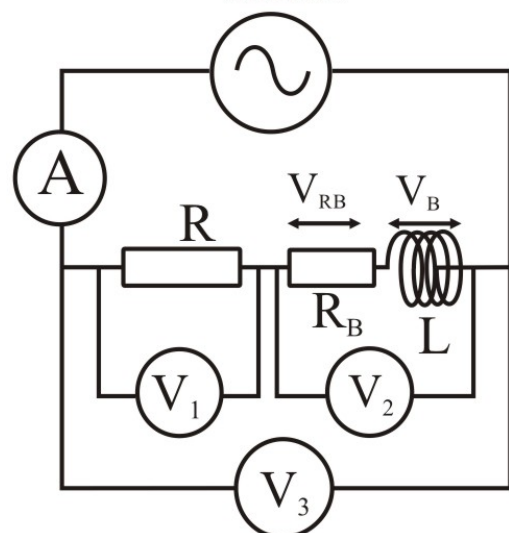


Fig. 2

En una bobina real admitimos que tiene una resistencia fija R_B que llamamos óhmica, que está en serie con la reactancia inductiva X_L . El circuito real sería el de la fig. 2.

1) El voltímetro V_1 mide la caída de tensión en la resistencia exterior R y el amperímetro la intensidad eficaz que recorre el circuito. Al representar $I_{efz} = I$, en el eje X frente a los valores de V_1 (eje Y) obtenemos una línea recta cuya pendiente es el valor de la resistencia óhmica R .

2) El voltímetro 2 mide la caída de tensión en la bobina. En la fig. 2 se representa la bobina real como una asociación en serie de una bobina pura (sin resistencia) y una resistencia óhmica R_B . La caída de tensión en la bobina se denomina V_B y la caída de tensión en la resistencia óhmica V_{RB} . El voltímetro V_2 mide la caída de tensión en la bobina real y se cumple que:

$$V_2 = \sqrt{V_B^2 + V_{RB}^2} = \sqrt{V_B^2 + I^2 R_B^2} \Rightarrow V_B = \sqrt{V_2^2 - I^2 R_B^2}$$

La resistencia óhmica de la bobina es 43Ω , (este valor se ha medido con un óhmetro).

Por otra parte se cumple que:

$$IX_L = V_B = \sqrt{V_2^2 - I^2 R_B^2} \Rightarrow V_2^2 = I^2 (X_L^2 + R_B^2) \Rightarrow V_2 = I \sqrt{X_L^2 + R_B^2}$$

De la última ecuación se deduce que al representar en el eje Y los valores de V_2 , frente a los de las intensidades en el eje X, se obtiene una línea recta cuya pendiente es $\sqrt{X_L^2 + R_B^2}$. Dado que R_B es conocida y que $X_L = L \cdot 2\pi \cdot f$ (f es la frecuencia de la red eléctrica de valor 50 Hz) podemos determinar el valor del coeficiente de autoinducción de la bobina.

3) El voltímetro V_3 mide la impedancia total del circuito

$$Z_T = \sqrt{(R + R_B)^2 + X_L^2} = \frac{V_3}{I} \Rightarrow V_3 = I \sqrt{(R + R_B)^2 + X_L^2}$$

Si se representa V_3 (eje Y) frente a I (eje X) se obtiene una línea recta cuya pendiente es:

$$\sqrt{(R + R_B)^2 + X_L^2}$$

R_B es un valor conocido y R se ha calculado en el apartado 1, por tanto, se puede calcular X_L y a partir de su valor, el coeficiente L , como se ha dicho en el apartado 2.

4) De la expresión de la impedancia total del circuito Z_T se deduce:

$$\begin{aligned} I^2 Z_T^2 &= I^2 (R + R_B)^2 + I^2 X_L^2 \Rightarrow V_3^2 = I^2 R^2 + I^2 R_B^2 + 2I^2 R R_B + I^2 X_L^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow V_3^2 &= I^2 R^2 + 2I^2 R R_B + I^2 (X_L^2 + R_B^2) = V_1^2 + V_2^2 + 2I^2 R R_B \Rightarrow \\ V_3 &= \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + 2I^2 R R_B} \end{aligned}$$

Cuando R_B es nula (bobina ideal) entonces: $V_3 = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$

En la fig.3 se muestra una vista del montaje real del experimento, cuyo esquema del circuito está representado en la fig. 1.

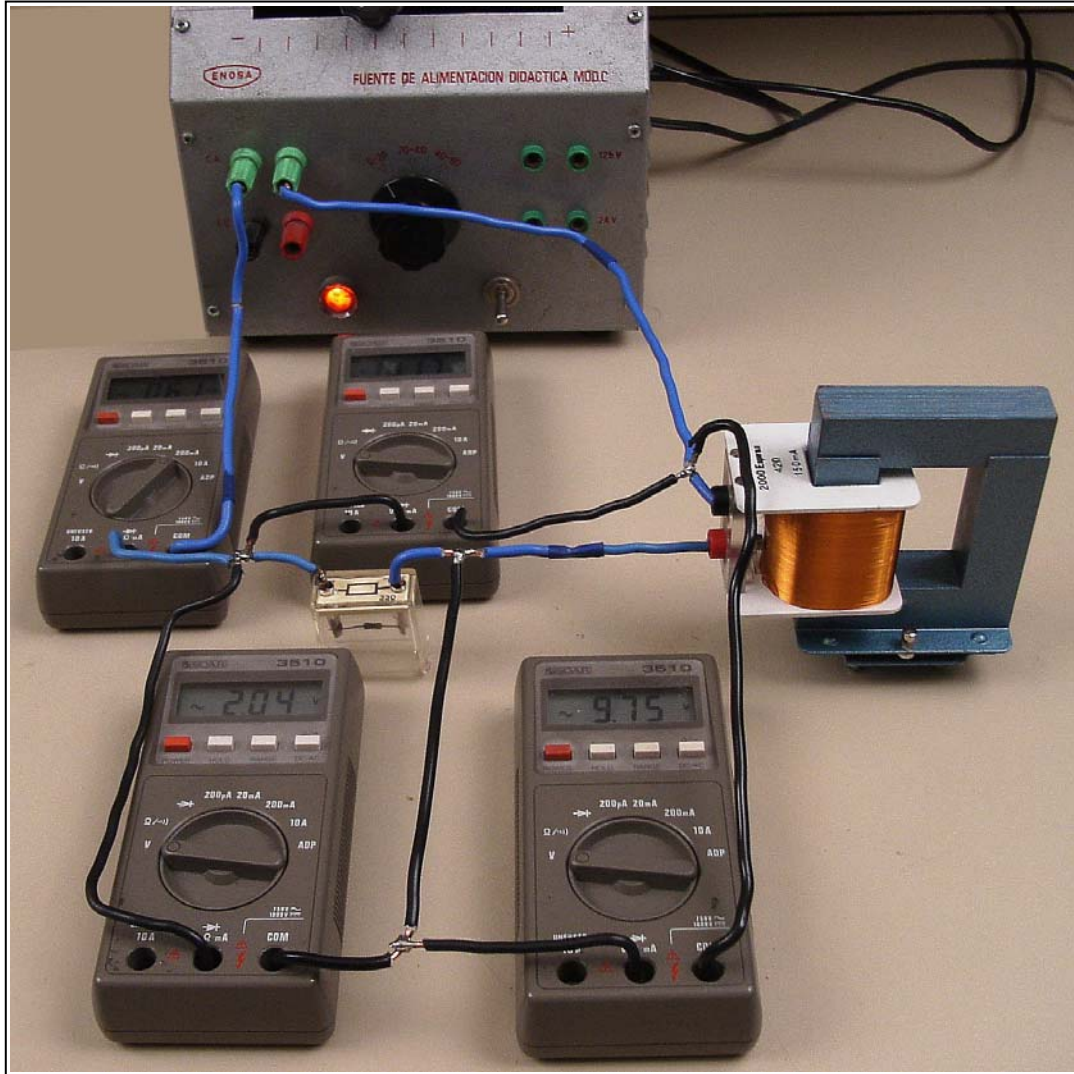


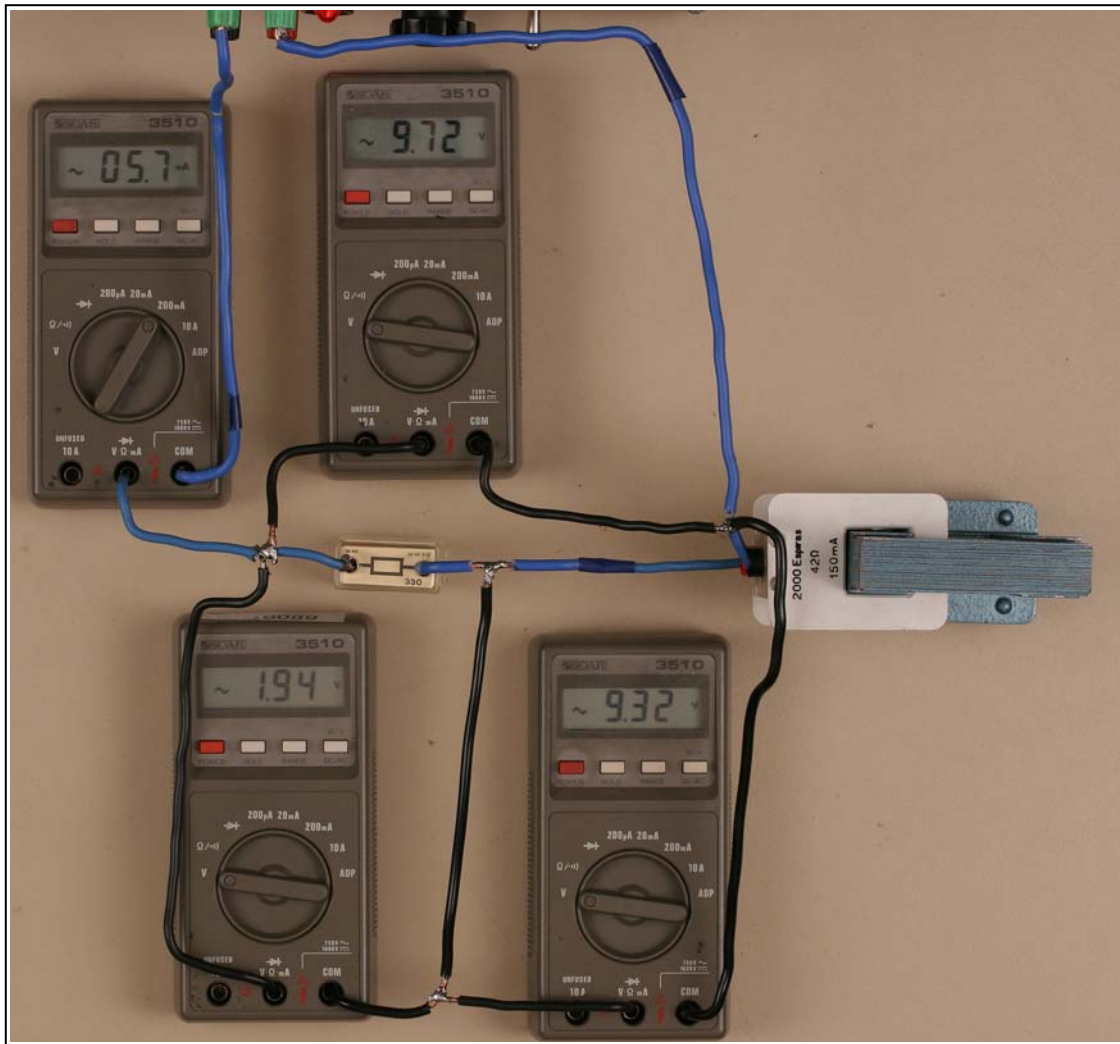
Fig. 3

Fotografías

La resistencia óhmica de la bobina se ha medido con un óhmetro y vale $R_B = 43 \pm 1 \Omega$. La fotografía 1 es una vista superior, para que así se pueda ver claramente la disposición, tanto de los aparatos de medida como, de la resistencia y la bobina. En dicha fotografía 1 las lecturas de los aparatos son $5,7 \text{ mA}$, $V_1 = 1,94 \text{ V}$, $V_2 = 9,32 \text{ V}$ y $V_3 = 9,72 \text{ V}$. Cada uno de los aparatos de medida lleva una incertidumbre de una unidad del último dígito. Esta medida junto al resto de las realizadas, se agrupan en el apartado **Conjunto de fotografías de diversas medidas**.

Todos los valores con sus errores se recogen en la tabla 1.

Fotografía desde una vista superior para la toma de medidas



Gráficas

a) Considere los valores de V_1 e I_{efz} sin los errores. Represente los valores de V_1 en el eje de ordenadas frente a la intensidad eficaz en el eje de abscisas. Mida la pendiente de la recta y determine el valor de R .

b) Considere los valores de V_2 e I_{efz} sin los errores. Represente los valores de V_2 en el eje de ordenadas frente a la intensidad eficaz en el eje de abscisas. Mida la pendiente de la recta y teniendo en cuenta que dicha pendiente es $\sqrt{X_L^2 + R_B^2}$, calcule la impedancia L de la bobina.

c) Considere los valores de V_3 e I_{efz} sin los errores. Represente los valores de V_3 en el eje de ordenadas frente a la intensidad eficaz en el eje de abscisas. Mida la pendiente de la recta y determine el valor de Z_T . Calcule L teniendo en cuenta que $R_B = 43 \Omega$ y el valor de R obtenido en el apartado a).

d) Calcule los valores de V_3 a partir de las ecuaciones:

$$V_3 = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} \quad ; \quad V_3 = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + 2I^2 R R_B} \quad y \quad V_3 = V_1 + V_2$$

Luego calcule en % la diferencia con respecto a V_3 experimental. De los resultados deduzca si en el experimento el comportamiento de la bobina se acerca al valor ideal o no.

e) Ahora considere los errores en las medidas. Represente en la misma gráfica: 1) Los valores mayores de V_1 frente a los menores de I_{efz} . 2) Los valores menores de V_1 frente a los mayores de I_{efz} . Determine las pendientes de las dos rectas y calcule R con su incertidumbre

f) Siguiendo las indicaciones del apartado e) haga lo mismo para obtener Z_B a partir de V_2 . Calcule L con su incertidumbre teniendo en cuenta que $R = 43 \pm 1 \Omega$ y que la frecuencia de la corriente es $f = 50 \pm 1 \text{ Hz}$.