

TRABAJO PRÁCTICO Nº 5 CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA - PARTE I

Introducción

En un circuito se establece una corriente eléctrica cuando es cerrado e incluye, por lo menos, una fuente de energía eléctrica o fuente de **fuerza electromotriz, fem** (ϵ) La unidad de **fem** es el volt (**V**). Estas fuentes son, por ejemplo: las pilas o baterías electroquímicas, los generadores dinamoeléctricos, las células fotovoltaicas, etc.; en general son dispositivos que convierten energía no eléctrica (química, mecánica, térmica, etc.) en energía eléctrica. Se las denomina fuentes de corriente continua por cuanto el sentido de la corriente que establecen en los circuitos no cambia en el tiempo. Eléctricamente se las caracteriza con el valor de su fem (**V**) y con el valor de su resistencia eléctrica interna r (Ω).

Estudiaremos el funcionamiento de elementos eléctricos en circuitos de corriente continua utilizando, en lugar de fuentes como las mencionadas, fuentes que son conectadas a la red de energía eléctrica del edificio y que, mediante transformaciones múltiples, rectificación y filtrado, suministran energía en forma de corriente continua, de tensiones variables en el rango de **0 a 15 V**. También ensayaremos una pila común para estudiar sus características eléctricas funcionando como fuente.

Las magnitudes que mediremos son **resistencia eléctrica** $R(\Omega)$, **diferencia de potencial** (ddp) o **tensión eléctrica** $V(V)$ y **corriente eléctrica** $I(A)$. Los instrumentos que usaremos son, respectivamente: óhmetro, voltímetro y amperímetro. Normalmente estas tres mediciones las realizaremos con un multímetro o tester que será del tipo analógico (con escala y aguja) o digital (con indicación de los valores en pantalla con tres o cuatro dígitos).

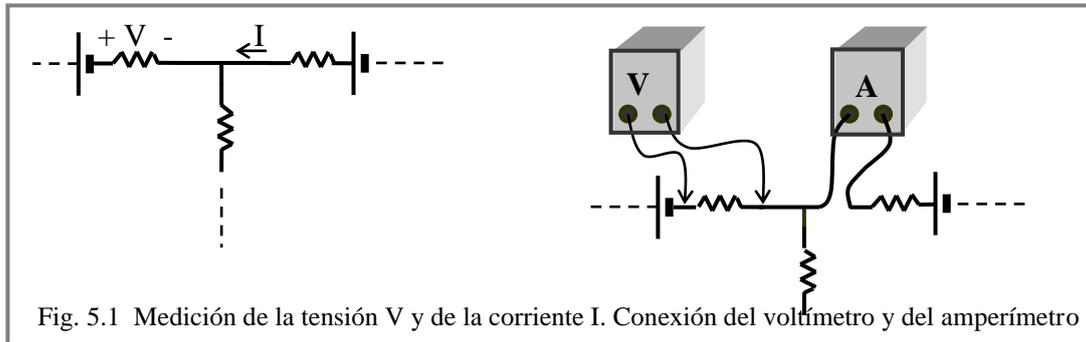
Medición de resistencias: Para medir una resistencia con un tester digital se coloca el instrumento en operación “óhmetro” y con las puntas de prueba se tocan los terminales de la resistencia, **que debe estar desconectada del circuito**; es decir, de la fuente. La indicación en la pantalla digital da directamente el valor de la resistencia. El uso como óhmetro de un instrumento analógico requiere operaciones especiales que explicaremos en la Exp. 5.3 Mediciones más precisas las realizaremos con “circuitos puente” (Exp.6.2).

Medición de corriente: Para medir la corriente que circula por un conductor, al tester se lo selecciona en la función amperímetro; se abre el circuito en el punto de medición y se conecta el instrumento restableciendo con este la continuidad del circuito. Esta forma de conexión se denomina en **serie** debido a que, por el amperímetro y por los elementos que conecta el conductor, circula la misma corriente. La apertura del circuito para conectar el amperímetro debe realizarse sin corriente en el conductor o sea, abriendo previamente la llave o interruptor de comando general.

Medición de tensión: Para medir la ddp o tensión entre dos puntos de un circuito, al tester se lo coloca en la función voltímetro y se lo conecta directamente a dichos puntos. Esta forma de conexión se denomina en **paralelo** por cuanto el voltímetro y los elementos del circuito existentes entre dichos punto quedan conectados a la misma tensión.

Para analizar un circuito eléctrico se debe dibujar un diagrama circuital (esquema sinóptico) en los que solo se tienen en cuenta las partes esenciales; para esto se utilizan símbolos normalizados de muy fácil interpretación (ejemplo: una resistencia **R** ).

La Fig. 5.1 indica la medición de la tensión V y de la corriente I en una parte de un circuito y la forma en que deben conectarse los instrumentos voltímetro y amperímetro.



La conexión de los instrumentos da lugar a la aparición de **errores sistemáticos de medición**. Este es un inconveniente común a cualquier proceso de medición. La medición requiere la interacción de lo que se mide con el instrumento, y esto conlleva una alteración en mayor o menor grado de la magnitud que se está midiendo.

En el caso del voltímetro, estamos incorporando una rama de circuito en paralelo, inexistente en el circuito original. Por esta rama circula cierta corriente que, si queremos minimizar su influencia en el circuito, debe ser la menor posible. En otras palabras, la resistencia interna del voltímetro (R_V) debe ser lo mayor posible. En un voltímetro ideal $R_V = \infty \Omega$ y la corriente nula. Un multímetro digital tiene una R_V de, por ejemplo en algunos instrumentos que disponemos en el Laboratorio, $10 M\Omega$; con esta característica, la corriente en la rama es muy pequeña.

En el caso del amperímetro, estamos incorporando un elemento en serie, inexistente en el circuito original. La inclusión del amperímetro produce entre sus bornes una **ddp** que, si queremos minimizar su influencia en el circuito, debe ser la menor posible. En otras palabras, la resistencia interna del amperímetro (R_A) debe ser la menor posible. En un amperímetro ideal $R_A = 0 \Omega$ y la ddp mencionada nula. Un multímetro analógico en la función amperímetro tiene una R_A variable con la escala que se esté utilizando (cuanto mayor es el alcance menor es R_A). Cuando utilicemos amperímetros para medir pequeñas intensidades debemos controlar lo expuesto.

Un multímetro o tester de uso común viene acompañado usualmente con un catálogo en el cual figuran, como datos garantizados por el fabricante, las prestaciones del instrumento y la precisión de las mediciones que permite efectuar.

Los instrumentos digitales son, en general, superiores a los analógicos tanto en lo que hace a sus valores de resistencia interna (se acercan más a los valores de los instrumentos ideales), como en lo referido a la facilidad de operación y lectura.

Experiencia 5.1

Ensayos simples con mediciones de intensidad y tensión.

I – Circuito eléctrico simple de corriente continua.

Objetivo

Analizar el funcionamiento de una lámpara de filamento; circuito simple de corriente continua.

Equipamiento

Fuente de corriente continua.

Lámpara de filamento incandescente 12 V, 5 W.

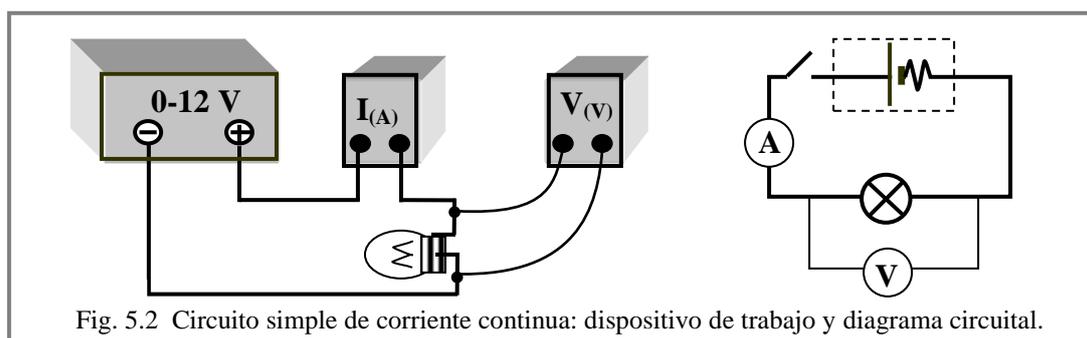
Dos multímetros analógicos.

Accesorios: portalámpara y conductores con terminales para el cableado.

Procedimiento

Reconocer los elementos que conforman el equipamiento y dibujar el diagrama circuital de conformidad a lo indicado en la Fig. 5.2.

Armar el circuito guiándose por el diagrama circuital. Efectuado el cableado, recorrer el circuito controlando la polaridad de conexión de los multímetros, la correcta selección de la función (amperímetro o voltímetro) y el alcance adecuado.



Activar el circuito cerrando el interruptor de la fuente; regular la tensión hasta lograr 12 V.

Tomar lectura de los instrumentos y, aplicando la correspondiente “constante de escala”, concretar la medición de la tensión y de la corriente en la lámpara. Registrar valores.

Calcular la potencia eléctrica y la resistencia de la lámpara en funcionamiento.

Consultar el valor de resistencia interna de los instrumentos utilizados.

Observar que el amperímetro puede conectarse abriendo el circuito entre los puntos de conexión del voltímetro; comentar error sistemático imputable a la resistencia interna de los instrumentos.

II – Fem de una pila. Resistencia interna

Objetivo

Determinar la fem ε y la resistencia interna r de una pila efectuando mediciones con voltímetro y amperímetro.

Equipamiento

Pila seca común; tamaño AA; 1,5 V.

Voltímetro (tester digital en la función voltímetro de corriente continua)

Amperímetro (tester digital en la función amperímetro de corriente continua).

Dos lámparas de filamento de 2.2 V y 0.5 A.

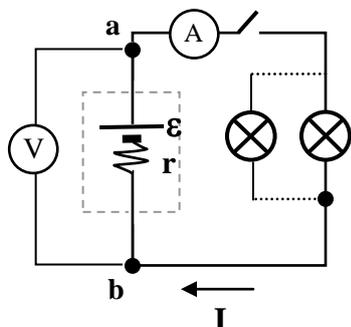
Interruptor, porta pilas, conductores y accesorios.

Los elementos se encuentran montados y parcialmente interconectados en un dispositivo de trabajo.

Introducción

Ensayos en vacío y en carga

Considerar el siguiente diagrama circuital.



V_{ab} es la **ddp** en bornes de conexión de la pila; se mide con el voltímetro.

I es la corriente del circuito de carga; se mide con el amperímetro. Del esquema se deduce:

$$V_{ab} = \varepsilon - Ir$$

A circuito abierto (interruptor abierto) la corriente I es nula y el voltímetro nos señala V_0 que es el valor de la fem

$$V_0 = \varepsilon \quad (5.1)$$

Cerrando el interruptor y con una lámpara en el circuito de carga las condiciones son:

$$V_1 = \varepsilon - I_1 r \quad (5.2)$$

Conectando ahora las dos lámparas en paralelo, las condiciones son:

$$V_2 = \varepsilon - I_2 r \quad (5.3)$$

Operando algebraicamente:

$$r = \frac{V_1 - V_2}{I_2 - I_1} \quad (5.4)$$

Procedimiento:

Efectuar reconocimiento del dispositivo de trabajo identificando los elementos y conexiones conforme al diagrama circuital analizado.

Ensayo en vacío:

Completar el cableado conectando los instrumentos de medida. Estando el interruptor abierto medir la tensión en bornes de la batería; registrar el valor medido. Observar que, por tratarse de un voltímetro de gran resistencia interna ($R_v = 10 \text{ M}\Omega$) la medición da directamente el valor de ε . (Justificar esta aseveración).

Ensayos en carga:

Con una lámpara en el circuito, cerrar el interruptor, medir y registrar los valores V_1 e I_1 . Abrir el interruptor y conectar las dos lámparas en paralelo; cerrar el interruptor, medir y registrar los valores V_2 e I_2 .

Abrir el interruptor finalizando los ensayos de carga.

Calcular r aplicando (5.4). Comparar el valor de **fem** determinado según (5.1) con el que resulta de aplicar (5.2) ó (5.3). En el informe dibujar el diagrama circuital operado y comentar resultados.

Ejercitación complementaria

Potencia máxima a obtener de una pila.

La corriente I del ensayo de carga, denominando R a la resistencia de las lámparas, la

podemos expresar: $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$.

La potencia disipada en las lámparas resulta: $P = I^2 R = \varepsilon^2 \frac{R}{(R+r)^2}$

Como ε y r son constantes, la potencia obtenida de la pila es función de la resistencia de carga R

Determinar analíticamente la condición de carga para lograr la potencia máxima de la pila y calcular esta potencia para la pila ensayada.

Experiencia 5.2 Ohmímetro analógico

Objetivo

Reconocer y adiestrarse en el manejo de ohmímetros analógicos.

Introducción

La Fig. 5.3 muestra **los componentes y el circuito interno** básico de un ohmímetro analógico que esencialmente consta de un galvanómetro tipo d'Arsonval, una fuente de fem ε (generalmente una batería) y una resistencia R_s , conectados en serie.

La resistencia R_x a medir, se conecta a los terminales x ; y .

La resistencia R_s es variable y se ajusta de modo que cuando los terminales x ; y se ponen en cortocircuito (línea punteada) $R_x=0$, la aguja del galvanómetro se desvía a fondo de escala indicando en esta posición 0Ω . Cuando el tramo xy está abierto $R_x = \infty$ y la aguja del galvanómetro permanece en el extremo izquierdo de la escala. Al conectar R_x la desviación de la aguja adquiere un valor intermedio por lo que la escala se calibra adecuadamente para obtener directamente el valor de la resistencia medida.

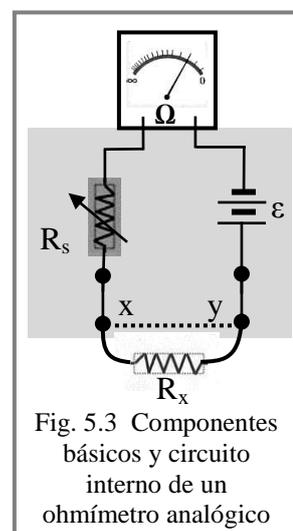


Fig. 5.3 Componentes básicos y circuito interno de un ohmímetro analógico

En los multímetros analógicos el uso como ohmímetro se consigue usando el mismo galvanómetro de aguja complementando el instrumento con circuitos y elementos auxiliares como los descriptos, inclusive incorporando otras resistencias en serie posibilitando así mejores condiciones de medición con aplicación de factores de lectura. Observar que la escala comprende “ $\infty - 0$ ” y que el ajuste con R_s mencionado, es una operación ineludible.

Procedimiento

Examinar un multímetro analógico en la función ohmímetro, estudiando su escala y factores de lectura; ubicar el comando de la resistencia R_s . Medir resistencias disponibles al efecto. ¿Con qué criterio adopta el factor de lectura más conveniente? ¿Cómo justifica el ajuste inicial con R_s mencionado?

Experiencia 5.3 I. Ley de Ohm

Objetivo

Corroborar la relación entre la tensión y la corriente dada por la ley de Ohm.

Introducción

La gran mayoría de los conductores metálicos cumplen con la ley de Ohm, que establece una proporcionalidad entre el valor del campo eléctrico en un punto del material con el vector densidad de corriente que aparece en el mismo punto: $\vec{J} = \sigma \vec{E}$

Esta es la expresión conocida como ley de Ohm puntual, porque relaciona magnitudes vectoriales de punto. Cuando esta relación se aplica a un alambre conductor entre cuyos extremos existe una **ddp** V llegamos a la llamada forma macroscópica de la ley: $I = \frac{V}{R}$

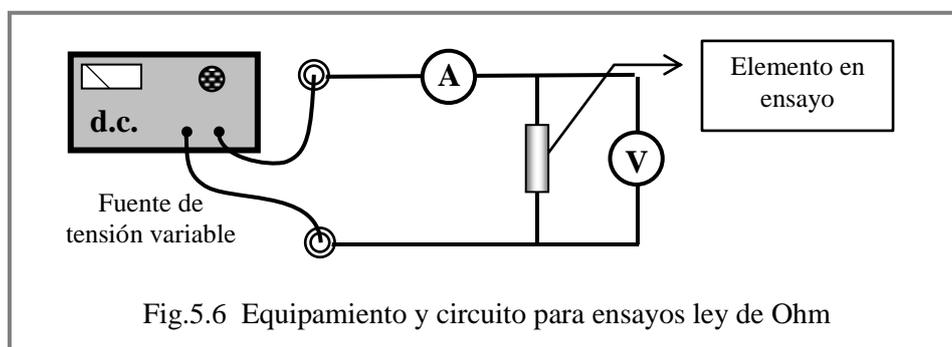
donde I es la corriente que se establece en el alambre y R la constante de proporcionalidad a la que llamamos resistencia del alambre. La resistencia tiene por expresión: $R = \frac{V}{I}$ Esta expresión tiene validez general, cualquiera sea la geometría del conductor.

Si en particular el conductor es un alambre homogéneo, la resistencia se puede expresar:

$R = \rho \frac{l}{S}$, expresión conocida como resistencia en función de las dimensiones, pues l y S son la longitud y sección del alambre y ρ la resistividad del material.

Hay materiales que no cumplen la ley de Ohm, pero el concepto de resistencia definido como el cociente entre la diferencia de potencial en bornes de un componente y la corriente que circula por él, se aplica a cualquier componente de material que cumpla o no con la ley de Ohm. Cuando el componente es de material que no cumple con la ley deberá aclararse para qué valor de V o I se expresa su resistencia R por cuanto ésta no es constante.

Obtendrá experimentalmente la característica tensión – corriente, para dos elementos de circuito, para determinar si cumplen o no la ley de Ohm. El equipamiento y circuito lo muestra la Fig. 5.6.



Procedimiento:

Reconocer los elementos dispuestos en el dispositivo de trabajo y completar las conexiones conforme al diagrama circuital mostrados en la Fig. 5.6. La fuente es de baja potencia y permite trabajar con tensiones variables de 0 a 30 V.

Ensayar los dos elementos disponibles en el dispositivo; para cada uno:

Conectar el elemento y variar la tensión de la fuente con la llave de regulación, medir los pares de valores tensión-corriente para cada posición de la llave; registrar valores medidos y representar gráficamente **I** en función de **V**.

Precaución: usar la fuente de tensión variable únicamente en la escala de 30 V; trabajar con tensiones variables de **0 a 30 V** y corrientes de **0 a 12 mA**. **No superar ninguno de los dos valores máximos estipulados.**

Informe: dibujar el diagrama circuital operado, confeccionar cuadro de valores medidos y graficar lo solicitado. Conclusiones a partir de las representaciones gráficas:

¿Cumplen los elementos ensayados la ley de Ohm?

¿Qué puede decirse, de ambos elementos, del valor de su resistencia?

Ejercicio complementario

Objetivo

Comprobar la relación $R = \rho \frac{l}{S}$ que expresa la resistencia de un conductor homogéneo en función de sus dimensiones y de la resistividad del material que lo constituye.

Equipamiento

Un rollo de cable de cobre, aislamiento plástico, de uso normal en instalaciones eléctricas, longitud 100 m; sección $2 \times 0,35 \text{ mm}^2$. Dispone así de dos conductores de cobre, de iguales longitud y sección.

Tester digital que usará en la función ohmímetro..

Procedimiento

Medir la resistencia de cada conductor.

Medir la resistencia de los dos conductores en serie (duplica la longitud).

Medir la resistencia de los dos conductores en paralelo (duplica la sección).

Con el resultado de la medición de los dos conductores en serie, adoptando resistividad del cobre $1,72 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ verificar la sección del cable ($0,35 \text{ mm}^2$) dada por el fabricante.

Conclusiones

Informe: confeccionar cuadro de valores medidos y relacionarlos.

Nota: la fabricación normal de este tipo de conductores especifica la utilización de cobre puro (cobre electrolítico) por lo que hemos adoptado el valor de la resistividad mencionado válido a temperatura ambiente (20°C).

Experiencia 5.4

Coefficiente de temperatura de la resistividad.

Introducción

La resistividad de la mayoría de los metales aumenta con la temperatura por el incremento de la agitación térmica de los átomos del metal en el reticulado cristalino. El incremento de la amplitud de la agitación equivale a un aumento de la sección eficaz de choque que presenta el átomo al movimiento de los electrones libres. Como consecuencia, los choques son más frecuentes, disminuyendo la velocidad de arrastre.

La curva de la variación de ρ con T es experimental y admite una aproximación polinomial de grado superior. Si las variaciones de temperatura son pequeñas, del orden de las que experimentan los conductores de bobinas de máquinas eléctricas, puede aceptarse una

aproximación lineal: $\rho \propto T$. Introduciendo una constante de proporcionalidad:

$$\rho_{(T)} = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad (5.5)$$

Donde:

$\rho_{(T)}$ es la resistividad a la temperatura T.

ρ_0 es la resistividad a la temperatura de referencia T_0 (generalmente la temperatura ambiente)

α es el coeficiente de proporcionalidad denominado coeficiente térmico de la resistividad.

Dada la relación directa de R con ρ , el mismo tipo de variación ocurre con la resistencia:

$$R_{(T)} = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad (5.6)$$

Esta expresión permite el cálculo de α midiendo resistencias y temperaturas.

Objetivo.

Determinar el coeficiente de temperatura de la resistividad del cobre.

Equipamiento

Hilo de cobre, barnizado, diámetro 0,2 mm, enrollado.

Tester digital en la función ohmímetro.

Termómetro de mercurio en capilar de vidrio. -10°C ; 110°C .

Accesorio: calefactor eléctrico.

Procedimiento

Examinar el dispositivo; controlar el montaje del termómetro y conectar el ohmímetro.

Controlar que el dispositivo se encuentre a temperatura ambiente.

Medir la temperatura inicial (T_0) y la resistencia inicial (R_0) del enrollamiento.

Activar el calefactor y, a medida que aumenta la temperatura, realizar mediciones simultáneas de temperatura y resistencia. A partir de 30°C adoptar intervalos de temperatura de $\Delta T = 10^\circ\text{C}$. Confeccionar cuadro de valores medidos.

Finalizar el proceso de calentamiento cuando la temperatura supere 70°C (por ejemplo, sea de 72°C).

Adoptar como temperatura final $T = 70^\circ\text{C}$ y la correspondiente resistencia final $R_{(T)}$.

Calcular (α) el coeficiente de temperatura del cobre, con los valores iniciales y finales de resistencia y temperatura medidos.

Graficar $R = f(T)$

Conclusiones

Comparar el valor obtenido de α con el valor que figura en Tabla: “Coeficiente de temperatura de la resistividad” – cobre. (Texto básico).

¿Muestra la gráfica un comportamiento lineal?

Precaución: En caso de rotura del termómetro de mercurio (nocivo); avisar al Docente a cargo.