



- Estudio de las condiciones de equilibrio de un puente de Wheatstone.
- Empleo de un método de precisión para medir resistencias eléctricas.

:: INTRODUCCIÓN [9.1]

El puente de Wheatstone deriva su nombre del físico inglés Sir Charles Wheatstone (1802-1875), quien trabajó con Michael Faraday y además fue profesor del King's College en Londres.

En un circuito puente, la disposición de las resistencias que lo caracterizan, permiten de manera sencilla medir con gran precisión la magnitud de asistencias desconocidas, cuando el puente es llevado a la condición de equilibrio, el registro se determina con un galvanómetro de alta sensibilidad, el cual actúa como dispositivo indicador.

Este circuito se emplea en la ciencia y la industria, como un dispositivo para convertir: temperatura, presión, sonido, luz u otras variables físicas en señales eléctricas, que permitan su estudio y medición de manera confiable, aunque para medir resistencias del orden de $10^5 \Omega$, el puente del Wheatstone presenta limitaciones técnicas, el avance tecnológico en el desarrollo de dispositivos de estado sólido, permite con la instrumentación física y electrónica moderna, medir resistencias hasta de $10^{12} \Omega$ con el empleo de transistores de efecto de campo.

:: OBJETIVOS [9.2]

- Estudiar las características de un circuito puente de Wheatstone equilibrado, alimentado con una fuente de corriente directa.
- Aplicar el principio del puente equilibrado para medir resistencias.

:: PREINFORME [9.3]

- Exprese por escrito su interpretación de las leyes de Kirchhoff.
- Explique métodos diferentes al puente para medir resistencias eléctricas, e indique ¿qué limitaciones presentan?
- Elabore una tabla de sustancias conocidas comunes con sus respectivas resistividades.
- Explique ¿como se conoce el valor de una resistencia empleando el código de colores?

:: MATERIALES [9.4]

- Fuente de alimentación de corriente DC Phywe.
- Reóstatos de $3,3 \text{ k}\Omega$ (2 unidades).
- Bobinas de 35 mH y de 9 mH .
- Galvanómetro.
- Reóstato de $10 \text{ k}\Omega$.
- Cables de conexión.
- Resistencias comerciales de diferentes valores.

:: MARCO TEÓRICO [9.5]

En la figura 10.1 se ilustra el diagrama convencional de un puente de Wheatstone. Las resistencias medidas con un óhmetro serie o shunt, se leen directamente en una escala calibrada en la que se desplaza una aguja si es análogo, pero la lectura se hace en una pantalla de cristal líquido si se utiliza un instrumento digital.

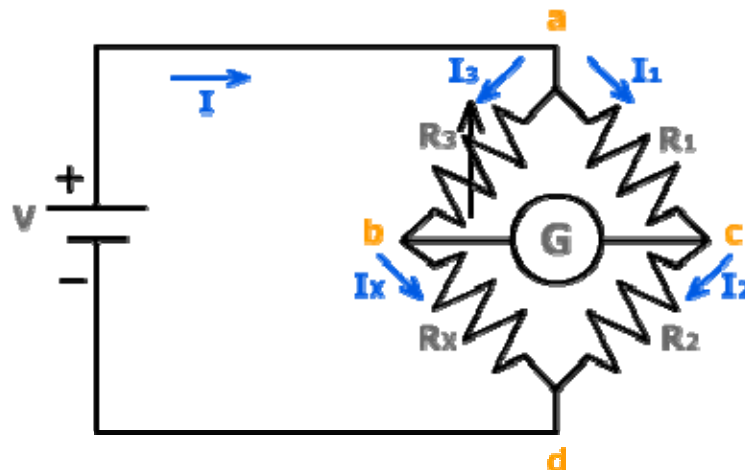


Figura 9.1

Para medir resistencias con más exactitud que la alcanzable con un óhmetro, se utiliza el puente de Wheatstone.

El puente de resistencias tiene un galvanómetro G de alta sensibilidad como dispositivo indicador, una resistencia variable R_3 que sirve de referencia, dos resistencias fijas R_1 y R_2 y una resistencia desconocida R_x , además de una fuente de voltaje V .

El galvanómetro sirve como indicador de cero y pone de manifiesto el equilibrio del puente. La resistencia desconocida R_x se lee a través de la resistencia variable R_3 , y de un multiplicador de alcance determinado que depende del cociente $\frac{R_2}{R_1}$; a éste multiplicador se le denomina m .

La resistencia desconocida que se desea medir R_x , se conecta entre los puntos b y d . R_1 y R_2 son resistencias conocidas de valor fijo y R_3 un reóstato cuyo rango de variación se conoce.

La selección de R_1 , R_2 y R_3 depende de la resistencia R_x que se requiere medir.

La corriente I_g que pasa por el galvanómetro G será diferente de cero ampere cuando haya una diferencia de potencial entre los puntos b y c .

Cuando dicha diferencia no existe, es decir cuando $V_{b-c} = 0$ volt, la aguja del galvanómetro volverá a su posición de equilibrio o de reposo, y se dice entonces que el puente está equilibrado.

Para el circuito activo de la figura 10-1, la circulación de la corriente en cada rama se discrimina así: I_1 será la corriente a través de R_1 , I_2 en R_2 , I_3 en R_3 , I_x en R_x e I_g en G .

La diferencia de potencial entre los puntos a y c , definida como V_{a-c} es $I_1 \times R_1$, Análogamente $V_{c-d} = I_2 \times R_2$, $V_{a-b} = I_3 \times R_3$, $V_{b-d} = I_x \times R_x$. (10.1)

Para obtener el equilibrio ($V_{b-c} = 0$ V), la diferencia de potencial V_{a-c} debe ser igual a V_{a-b} , o sea $V_{a-c} = V_{a-b}$ (10.2)
por lo tanto

$$I_1 \times R_1 = I_3 \times R_3 \quad \text{es decir} \quad \frac{I_1}{I_3} = \frac{R_3}{R_1} \quad (10.3)$$

$$\text{Análogamente,} \quad V_{b-d} = V_{c-d} \quad \text{e} \quad \frac{I_2}{I_x} = \frac{R_x}{R_2} \quad (10.4)$$

El criterio para lograr el equilibrio en el puente se establece cuando $I_g = 0$ A, por lo tanto $I_1 = I_2$ e $I_3 = I_x$.

Combinando estos resultados con las ecuaciones (10.3) y (10.4) anteriores, tenemos que:

$$R_x = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \times R_3 = m \times R_3 \quad (10.5)$$

Para fijar ideas, si $m = 3$ y $0 \Omega \leq R_3 \leq 10\,000 \Omega$, el máximo valor de R_x que se puede medir es $30\,000 \Omega$.

:: PROCEDIMIENTO [9.6]

- a. Instale el circuito de la figura 10.2.

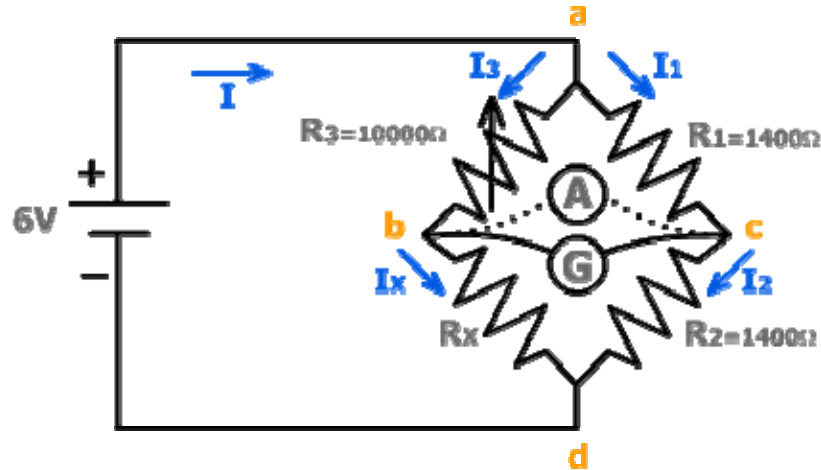


Figura 9.2

- b. Debe destacarse que por precaución se emplea inicialmente un amperímetro Leybold para lograr un balance preliminar, una vez hecho esto se reemplaza el amperímetro A por el galvanómetro G.
- c. Tome un valor de R_x arbitrario que cumpla con la siguiente condición, $0 \Omega \leq R_x \leq 10\,000 \Omega$, y $R_1 = R_2 = 1\,400 \Omega$, V es una fuente Phywe o similar que se fija en 6 volt (en cada caso se ajustará convenientemente la escala del amperímetro A para su protección). Lleve sus datos a la tabla 10.1.
- d. Reduzca gradualmente la resistencia R_3 hasta que la lectura del amperímetro A sea de 0 ampere. Sustituya el amperímetro A por el galvanómetro G y verifique el balance del puente.
- e. Mida R_3 con un ohmetro profesional y use la expresión:

$$R_x = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \times R_3 \quad \text{para determinar } R_x$$

- f. Retire el R_x inicial y mida 3 resistencias más en el rango permitido. Utilice un puente de Wheatstone profesional (si se dispone de él en el laboratorio) para verificar las medidas que realizó en la instrucción anterior, en su defecto midalas con el óhmetro Fluke y tomelas como patrón o referencias, calcule el error absoluto para cada una de ellas.. Consigne su información en la tabla 10.1.
- g. Realice los cálculos pertinentes de R_1 y R_2 que satisfagan la condición:

$\frac{R_2}{R_1} < 1$ y además seleccione el brazo R_3 que permita implementar si es posible el puente de Wheatstone con el cual se pueda medir las nuevas R_x siguiendo los pasos anteriores.

- h. Haga un nuevo análisis donde se cumpla la condición $\frac{R_2}{R_1} > 1$, ejecute el procedimiento anterior y termine de llenar la tabla 10.1.

<i>Valores medidos con el óhmetro</i>				<i>Valor calculado</i>		<i>Brazo multiplicador</i>
$R_1 (\Omega)$	$R_2 (\Omega)$	$R_3 (\Omega)$	$R_x (\Omega)$	$R_x (\Omega)$	Error porcentual %	
						$\frac{R_2}{R_1} = 1$
						$\frac{R_2}{R_1} < 1$
						$\frac{R_2}{R_1} > 1$

Tabla 10.1

:: ANÁLISIS, GRÁFICAS Y PREGUNTAS [9.7]

- Qué parámetros determinan la aproximación de las mediciones hechas con el puente experimental de resistencias.
- ¿Corresponden los resultados de sus mediciones a los valores nominales de las resistencias medidas? De lo contrario explique las razones por las cuales no coinciden.

- c. Encontrar los valores adecuados de m y R_3 para medir resistencia en el rango de $1\,435\ \Omega \leq R_x \leq 5\,000\ \Omega$.
- d. Consultar que ocurre si en vez de alimentar el puente con corriente continua, la fuente es de corriente alterna.
- e. Explorar las consecuencias si la señal de la fuente de alimentación varía con la frecuencia, respecto a la estabilidad del puente.
- f. Exprese y explique diferentes aplicaciones de los puentes en la ciencia y la industria.