TRABAJO PRÁCTICO N° 4

PUENTE DE WHEATSTONE

OBJETIVOS:

En esta práctica se plantearon como objetivos la determinación del valor de diferentes resistencias eléctricas a partir de una variación del circuito del Puente de Wheatstone, conocido como puente de hilo. En el transcurso de las experiencias también se verificarán la resistividad de una muestra y las leyes de asociación de resistencias. Todos los planteos anteriores se llevarán a cabo empleando teoría de cálculo y propagación de errores.

MATERIALES:

Una Pila seca de 1,5V. Reóstato

Puente de Hilo Resistencia de protección

Muestra de constantán Caja de Resistencias por decada

Placa de Resistencias para la conexión serie − paralelo

DESARROLLO:

El montaje del Puente de Wheatstone se utiliza frecuentemente para efectuar medidas rápidas y precisas en resistencias. El esquema del circuito es el siguiente:

En la figura, R2, R3, R4 son resistencias variables previamente graduadas y Rx representa la desconocida (por donde circulan i_2, i_3, i_4, i_1
respectivamente). Las otras resistencias pueden ajustarse de manera tal que la intensidad de corriente por la rama BC se anule (iG =0).

En estas condiciones decimos que el puente esta equilibrado y se cumple que los productos de las resistencias ubicadas en las ramas opuestas o paralelas son iguales.

Rx = R4 . R2 / R3

Esto es así porque:

Si $i_G = 0$
significa que $V_{BD} = 0 \quad V_B = V_D$
y en estas condiciones resulta

$i_1 = i_2 \quad i_3 = i_4$
, y siendo $V_{AB} = V_{AD} \quad R_x \; i_1 = R_4 \; i_4$
(1) y $V_{BC} = V_{DC} \quad R_2 \; i_2 = R_3 \; i_3$
(2)

Dividiendo (1) por (2) queda:

$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_4}{R_3} \qquad R_x = \frac{R_4}{R_3} R_2$$
(3)

En nuestro trabajo emplearemos una simplificación del Puente de Wheatstone, llamada Puente de Hilo, en el cual se sustituyen los resistores R3 y R4 por un hilo conductor homogéneo de sección constante. En el esquema, R es un resistor variable utilizado para modificar el valor de VAC. La resistencia R2 es una cada de decadas (RC). En esta ocasión resulta:

PUENTE DE HILO:

La fuente de alimentación es una pila seca en serie con un resistor variable, de manera de poder modificar V_{AC}, pues la sensibilidad del puente es directamente proporcional a dicha diferencia de potencial.

La resistencia R_2 es una caja de décadas que llamamos R_c.

Como detector de cero se usa un galvanómetro en serie con un resistor de protección r_p.

Resulta:

$$R_3 = \rho \frac{i_3}{S} \qquad R_4 = \rho \frac{i_4}{S}$$
y $R_x = \frac{i_4}{i_3} R_c$

Para lograr el equilibrio se varía la razón $\frac{i_4}{i_3}$ desplazando el cursor sobre el hilo. La lectura de i$i_4 = x$ se hace sobre una regla milimetrada, resultando $i_3 = i - x \therefore R_x = \frac{x}{1-x} R_c$

Para calcular la resistividad de una muestra utilizamos: $R_x = \rho \frac{d}{a}$

donde *d* es la longitud de la muestra y a la sección de la misma, luego: $a = \frac{\pi D^2}{4} \therefore \rho_x = R_x \frac{\pi D^2}{4d}$

Se tiene en cuenta también que el error relativo de $\Delta R_c / R_c = 0.005$ (dado por el fabricante).

CÁLCULO Y PROPAGACIÓN DE ERRORES:

Error de **Rx**

Para calcular el error relativo de Rx empleamos el Teorema del calor medio a la expresión:

En esta ecuación RC / RC es un valor constante dado por el fabricante, cuyo valor es de 0,005. x es la indeterminación en la posición del cursor al alcanzar el equilibrio y está ligada con el error de lectura sobre la regla milimetrada y con la sensibilidad del puente. Al primero la llamamos x1 y le otorgamos el valor de 1mm. En el caso de la sensibilidad del puente nos referimos a la relación entre una variación apreciable en la posición del cursor y la variación en el galvanómetro.

$S = \Delta\alpha / \Delta x = \Delta\alpha 2 / \Delta x 2$

SIZQ =   / xIZQ SDCHA =   / xDCHA

S = (SIZQ + SDCHA) / 2

Para el cálculo de esta indeterminación consideramos $\Delta\alpha 1 = 2$
y $\Delta\alpha 2 = 0.5$

Resumiendo nos queda que: x = x1 + x2 $= \frac{\Delta\alpha 1}{S} + \frac{\Delta\alpha 2}{S}$

x = 1mm. + 0,5div / S

Error de **x**

Primero propagamos los errores de la ecuación: **x = Rx .   .D2 / 4 . d**

$$\varepsilon(\rho_X) = \varepsilon(R_X) + \varepsilon(\pi) + 2\varepsilon(D) + \varepsilon(d)$$

Para poder despreciar el error relativo de , consideremos que el mismo debe ser menor que la décima parte experimental. Con el error relativo obtenido, podemos observar en la tabla de errores de , qué valor representativo debemos utilizar en el cálculo de la resistividad.

Error de **RS** y **RP** :

CALCULOS:

Valores Medidos:

Valores calculados:

RA

$$\boxed{R_A = 16.30\Omega}$$

$$R_A = \frac{352mm}{1000mm - 352mm}.30\Omega = 16.30mm$$

SIZQ = 2 div / 2.5mm = 0.80 div/mm

SDCHA = 2div / 4mm = 0.50 div/mm

S = SIZQ + SDCHA / 2 = 0.50+0.80 / 2 = 0.65 div/mm

x = 1mm. + 0,5div / S = 1mm. + 0,5div / 0.65 div/mm x = 1.77mm

$$\boxed{\Delta R_A = 0.21\Omega}$$

$$\Delta R_A = (\frac{1000mm}{1000mm - 352mm} \ \frac{1.77mm}{352mm} + 0.005\Omega) \ 16.30\Omega$$

R1

SIZQ = 2 div / 3mm = 0.67 div/mm

SDCHA = 2div / 3mm = 0.67 div/mm

S = SIZQ + SDCHA / 2 = 0.67+0.67 / 2 = 0,67 div/mm

x = 1mm. + 0,5div / S = 1mm. + 0,5div / 0,67 div/mm x = 1.75mm

$$\boxed{\Delta R_1 = 12.26\Omega}$$

$$\Delta R_1 = (\frac{1000mm}{1000mm - 500mm} \ \frac{1.75mm}{500mm} + 0.005\Omega) \ 1022\Omega$$

R2

SIZQ = 2 div / 3mm = 0,67 div/mm

SDCHA = 2div / 3mm = 0.67 div/mm

S = SIZQ + SDCHA / 2 = 0.67+0.67 / 2 = 0.67 div/mm

x = 1mm. + 0,5div / S = 1mm. + 0,5div / 0.67 div/mm x = 1,75mm

RS

SIZQ = 2 div /4mm = 0,50 div/mm

SDCHA = 2div / 4mm = 0.50 div/mm

S = SIZQ + SDCHA / 2 = 0.50+0.50 / 2 = 0.50 div/mm

x = 1mm. + 0,5div / 0.50 = 1mm. + 0,5div / 0.50 div/mm x = 2.00mm

RP

SIZQ = 2 div /3mm = 0,67 div/mm

SDCHA = 2div /3mm = 0.67 div/mm

S = SIZQ + SDCHA / 2 = 0.67+0.67 / 2 = 0.67 div/mm

x =1mm. + 0,50iv / 0.67 div/mm x = 1.75mm

x

Empleando la tabla de errores de   determinamos el valor representativo para utilizar en el calculo.

0	"	
3,1	0,1	0,032
3,14	0,01	0,0032

Utilizo el valor de la segunda columna. Como 0,0032 < 0,01 =>   **0 =3,14**

TABLA DE VALORES CALCULADOS:

Por último con los valores de R_1
y R_2
se calcula:

Luego:

$$R_s = (1573.00 \quad 18.87)(\Omega)$$
$$R_p = (357.99 \quad 4.29)(\Omega)$$

CONCLUSIONES:

En definitiva, se pudo observar la facilidad que nos da un circuito como el Puente de Hilo para calcular resistencias. También notamos que los valores representativos de las resistencias calculadas son muy aproximados a los valores medidos de las mismas, verificando el teorema del valor medio se logra afirmar que se comete un mínimo error cuando los cálculos son efectuados en la mitad del hilo (L / 2). Por último pudimos calcular la resistividad del alambre con simpleza, ya que sólo necesitamos el valor de Rx ya que los otros factores que influyen en el cálculo de la misma son datos constantes.

Conclusiones:

En definitiva, se pudo observar la facilidad que nos da un circuito como el Puente de Hilo para calcular resistencias. Determinando el valor de resistencia de un alambre de contantan, y otros resistores. También verificamos las leyes de asociación de resistencias, tanto en serie como en paralelo.

La sensibilidad del puente (que depende de la d.d.p de la batería, del cursor y falsos contactos al armar el circuito) hace que se produzcan errores de medición y consecuentemente de cálculo.

T.P.N° 4 GRUPO N°1

FÍSICA II

Rx

R2=RC

rp

B

A

C

R

L−x

G

x

iT

i2

i4

i3

G

D

i1

C

A

rp

B

E

R1=RX

R2

R3

R4

$$*\Delta R_X = \frac{L}{L-x}\ \frac{\Delta x}{x}+\frac{\Delta R_C}{R_C}\quad R$$

$$\Delta R_P = R_P{}^2 \quad \frac{\Delta R_1}{R_1{}^2} + \frac{\Delta R_2}{R_2{}^2}$$

$$\Delta R_P = \frac{R_2{}^2}{(R_1 + R_2)^2} \quad \Delta R_1 + \frac{R_1{}^2}{(R_1 + R_2)^2} \quad \Delta R_2$$

$$\Delta R_P = \frac{R_P}{R_1} \quad \Delta R_1 + \frac{R_P}{R_2} \quad \Delta R_2$$

$$R_P = \frac{R_1 \quad R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\Delta R_S = \Delta R_1 + \Delta R_2$$

$$\Delta R_S = \frac{R_S}{R_1} \quad \Delta R_1 + \frac{R_S}{R_2} \quad \Delta R_2$$

$$R_S = R_1 + R_2$$

$$\Delta \rho_X = \quad \frac{\Delta R_X}{R_X} + \frac{2\Delta D}{D} + \frac{\Delta d}{d} \quad \rho_X$$

$$\varepsilon\pi \quad \frac{(\varepsilon R_X + \varepsilon d + 2\varepsilon D)}{10}$$

$$\Delta d = 1mm$$
$$\Delta D = 0{,}1mm$$
$$d = 1000mm$$
$$D = 0{,}2mm$$

$$\frac{\Delta \rho_X}{\rho_X} = \frac{\Delta R_X}{R_X} + \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{2\Delta D}{D} + \frac{\Delta d}{d}$$

$$Rx = \frac{x}{L - x}.Rc$$

$$\varepsilon(\rho_X) = \varepsilon(R_X) + \varepsilon(\pi) + 2\varepsilon(D) + \varepsilon(d)$$

$$R_1 = (R_1)_0 \quad \Delta R_1$$

$$R_S = (R_S)_0 \quad \Delta R_S$$

$$R_2 = (R_2)_0 \quad \Delta R_2$$

$$R_A = (R_A)_0 \quad \Delta R_A$$

$$*R_X = \frac{x}{L-x} \; R_C$$

$$\Delta\rho_X = \; \frac{\Delta R_X}{R_X} + \frac{2\Delta D}{D} + \frac{\Delta d}{d} \quad \rho_X$$

$$\varepsilon\pi \quad \frac{(\varepsilon R_X + \varepsilon d + 2\varepsilon D)}{10}$$

$$R_P = (R_P)_0 \quad \Delta R_P$$

$$\rho_0 = \frac{R_X \quad \pi_0 \quad D^2}{4 \;\; d}$$

$$\varepsilon\pi \quad 0{,}01$$

$$\rho_X = (\rho_X)_0 \quad \Delta\rho_X$$

E