

MEDIDA DE RESISTENCIAS

Objeto:

Medir resistencias, seleccionando el método e instrumento adecuado de acuerdo al valor de las mismas.

Se consideran básicamente tres instrumentos que responden a 3 métodos distintos de medida, adecuados a valores grandes medianos o pequeños de resistencia.

Los instrumentos son:

MEGOMETRO, instrumento que sirve para medir grandes resistencias

PUENTE DE WEASTONE, sirve para medir resistencias medianas o chicas

MILIOHMIMETRO, sirve para medir resistencias pequeñas

Existen otros instrumentos que sirven para medir resistencias, tales como, otros tipos de puentes (de hilo, de Thonsom ect.)

MEGOMETRO

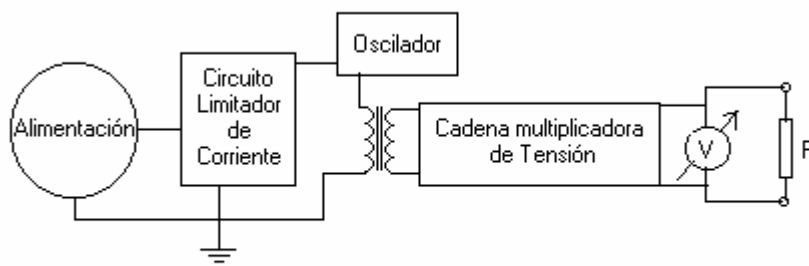
PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Este instrumento basa su funcionamiento en una fuente de alta tensión pero poca energía, de forma tal que colocando una resistencia en los bornes de la fuente podemos observar que la tensión en la fuente disminuye, logrando una fracción de la tensión que la fuente es capaz de generar en vacío. Mientras menor es el valor de la resistencia colocada, tanto menor es la tensión suministrada por la fuente. Entonces censando la tensión producida por la fuente y asociándolos a valores de resistencias correspondientes, podemos estimar el valor de la resistencia colocada para su medición.

En los instrumentos antiguos la fuente de tensión era a manivela, en los actuales se ha reemplazado por dispositivos electrónicos.

El diagrama y procedimiento de funcionamiento es el del instrumento construido con dispositivos electrónicos.

DIAGRAMA EN BLOQUES



OPERACIÓN DEL INSTRUMENTO

1 – Encender el instrumento

2 – Medir el nivel de tensión de las baterías

Colocar la llave selectora en la posición TEST BATERIA 9V o en la posición TEST BATERIA 1.5V

Presionar el botón MEDICION

Asegurarse que la tensión de las baterías esté dentro del rango BUENA en la escala correspondiente, si no es así reemplazarla por una nueva.

3 – Colocar la llave selectora en la posición MEGOMETRO

4 – Ajuste del instrumento

- Ajustar el cero del instrumento si hiciese falta con el regulador del galvanómetro

- Ajustar el Infinito del instrumento: Con las puntas del instrumento separadas presionar el botón MEDICION, controlando que la aguja llegue al valor infinito, al que le corresponden 1000 Volt, si la aguja no llega o se excede de ese valor, ajustarlo con el potenciómetro de ajuste hasta llegar a ese punto exactamente.

5 – Medición de una resistencia incógnita

Una vez ajustado el instrumento y con una de las puntas colocada en la resistencia a medir y la otra separada, de tal forma que el circuito esté abierto y la fuente trabajando en vacío, presionar el botón MEDICION, esperar que la aguja llegue al valor infinito y sin soltar el botón colocar la otra punta en el borne libre de la resistencia a medir, en ese momento la aguja producirá una deflexión hacia la izquierda estabilizándose en un valor, en ese instante tomar la lectura en la escala de MEGOHMS. Una vez tomada la lectura del valor indicado por la aguja, soltar el botón MEDICION.

PRECAUCIONES

Una vez finalizada la medición si no tiene el instrumento ninguna resistencia entre sus terminales, la aguja bajará muy lentamente. Se deberá tener extremado cuidado cuando manipule el instrumento, de no tocar accidentalmente las puntas ya que estas poseen una muy alta tensión, esto es a fondo de escala habrá 1000 Volt, exactamente a media escala 500 Volt y en el primer cuarto de escala 250 Volt, también deberá tener la precaución de que las puntas, si no se encuentra la aguja en el cero, no toquen ningún circuito electrónico ya que podrá provocar daños en estos

PUENTE DE WHEASTONE

Objeto del trabajo práctico:

Determinar el valor de resistencias desconocidas y hacer un análisis de la sensibilidad del puente.

Introducción teórica

Si se dispone 4 resistores de resistencia R_1 , R_2 , R_3 y R_x , una fuente de CC con f.em E y resistencia interna r_e , un galvanómetro de resistencia r_g , conectados en la forma indicada en la fig 1, se tiene un dispositivo llamado puente de Wheastone para cc.

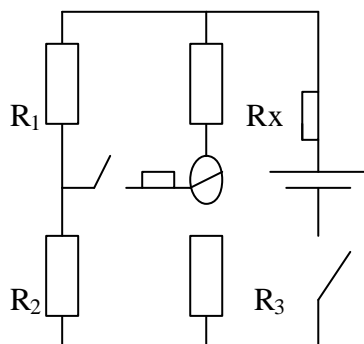


Fig 1

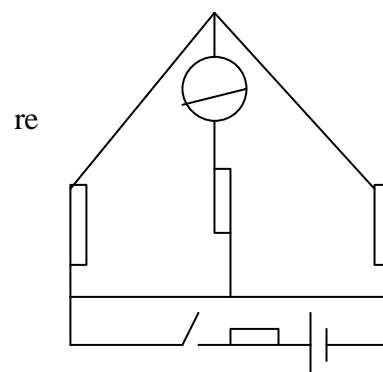


Fig. 2

La teoría enseña que cuando no circula corriente por la rama que contiene al galvanómetro, se cumple la ecuación de equilibrio del puente:

$$R_2 \cdot R_x = R_1 \cdot R_3 \quad (1)$$

Lo que permite calcular la resistencia incógnita en función de las 3 conocidas:

$$R_x = R_1/R_2 \cdot R_3 \quad (2)$$

La condición de equilibrio puede alcanzarse variando independientemente cada una de las tres resistencias, pero resulta mas cómodo operar de una de las siguientes maneras:

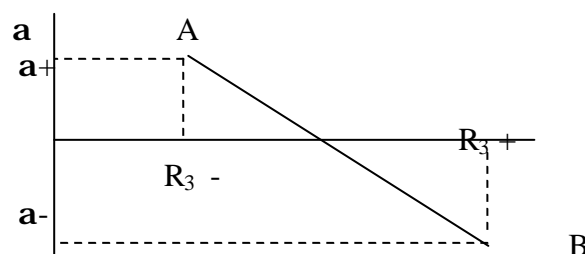
a) Manteniendo constante R_1 y variando la relación R_3/R_2 , como sucede en el puente de hilo (fig 2) en el cual después de un primer tanteo, se fija R_1 de modo tal que R_3/R_2 sea aproximadamente igual a la unidad. En los puentes comerciales R_1 se varía en pasos decimales y la relación R_3/R_2 viene indicada directamente sobre el dial de variación continua.

b) Manteniendo constante la relación R_1/R_2 variando R_3 como sucede en los puentes de cajas de décadas. En este caso la relación R_1/R_2 toma valores de factores decimales: 10^n , donde n varía en general desde -3 a $+3$, R_3 esta constituida por 3 a 6 décadas de resistores conectadas serie que permiten modificar su valor en pasos discretos. El puente utilizado en el trabajo práctico (fig. 5) tiene 4 décadas con pasos de 1, 10, 100 y 1000 Ω .

Interpolación

Trabajando con los puentes de cajas de décadas, como la variación de R_3 no es continua, puede presentarse el caso que la mínima variación de R_3 (10 en nuestro caso), haga pasar el índice del galvanómetro de uno a otro lado de la escala, es decir puede suceder que no se consiga el equilibrio del puente. En este caso el valor de R_3 correspondiente al equilibrio se determina mediante una interpolación de la siguiente manera: sea R_3^+ un valor particular de R_3 que provoca una desviación a^+ del índice del galvanómetro y $R_3^- > R_3^+$ otro valor de R_3 que provoca una desviación en sentido opuesto del índice del galvanómetro. Si las variaciones de R_3 no superan el 3% de su valor puede considerarse que el tramo AB de la función $a = f(R_3)$ se reduce a un segmento de recta o sea: se desprecian los términos de orden superior en el desarrollo en serie de Taylor como se representa en la fig. 3. En ese caso resulta como valor de R_3 correspondiente al equilibrio (el que anula la deflexión a)

fig. 3



$$(3) \quad R_3 = R_3^+ + a^+ \cdot \cot g \alpha = R_3^+ + \frac{a^+}{a^- + a^+} \cdot (R_3^- - R_3^+)$$

Sensibilidad del sistema

Si estando el puente en equilibrio producimos una variación de R_3 circulara por la rama que contiene el galvanómetro, una corriente que produce una desviación del índice del galvanómetro. Si indicamos con a la desviación del índice producida por una variación R_3 de resistor de ajuste alrededor de su posición de equilibrio, **definimos como sensibilidad absoluta del sistema:**

$$(4) \quad Sa = \lim_{\Delta R_3 \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta a}{\Delta R_3} \right| = \left| \frac{da}{dR_3} \right|$$

La sensibilidad absoluta nos permite comparar dos puentes (o instrumentos), o un mismo puente distintamente dimensionado distintos valores de S_g , R_g o E , para medir la misma incógnita y diremos que un puente es mas sensible que otro cuanto mayor sea la desviación del índice (efecto), para una misma variación de R (causa). En cambio la sensibilidad absoluta no nos permite comparar las sensibilidades correspondientes a dos determinaciones realizadas con el mismo puente de dos resistencias de valor diferente. Sucede lo mismo que con los errores absolutos de medida de diferentes grandores de la misma especie, el conocimiento de los cuales no nos permite determinar que grandor se ha determinado con menor error (mayor exactitud). Así como en este caso es el concepto de error relativo quien nos resuelve el problema, debemos introducir el concepto de sensibilidad relativa para poder establecer las mejores condiciones de sensibilidad de un mismo puente.

Definimos como sensibilidad relativa S , la relación de la variación de la magnitud indicadora (o de salida) a la variación relativa de la magnitud de ajuste (o de entrada). En nuestro caso:

$$(5) \quad S = \left| \frac{\frac{\Delta a}{\Delta R_3}}{\frac{R_3}{R_3}} \right| = R_3 \left| \frac{\Delta a}{\Delta R_3} \right|$$

en el límite:

$$(6) \quad S = R_3 \cdot \left| \frac{\partial a}{\partial R_3} \right| = R_3 \cdot Sa$$

La sensibilidad se determina experimentalmente provocando variaciones de R_3 (R_3^+ y R_3^-) alrededor de la posición de equilibrio y midiendo las correspondientes deflexiones a^+ y a^- . El valor de R_3 que corresponde al equilibrio esta dado por la ecuación (3), reemplazando en (5) y teniendo presente que:

$$\Delta a = a^- + a^+ \text{ y } \Delta R_3 = R_3^- - R_3^+$$

resulta:

$$(7) \quad S = R_3 (a^- + a^+) / (R_3^- - R_3^+) = a^+ + (a^- + a^+) \cdot R_3^+ / (R_3^- - R_3^+)$$

utilizándose para el cálculo la expresión que resulte más cómoda

Estudio de la sensibilidad

Si S_g es la sensibilidad del galvanómetro en Div./A, la deflexión del mismo será:

$$a = S_g \cdot I_g \quad (8)$$

$$S = S_g \cdot R_3 \cdot \frac{I_g}{R_3} \quad (9)$$

Aplicando el teorema de compensación (en su forma aproximada) se deduce la siguiente expresión que nos da la sensibilidad en función de los parámetros del puente.

$$S = \frac{S_g \cdot E}{rg + (rg + Rc) + \frac{1+\Gamma}{\Gamma} \left(1 + \frac{rg}{Rc}\right) Rx + \frac{rg \cdot Rc \cdot \Gamma}{Rx(1+\Gamma)}}$$

denominando F a la función de la relación del puente $F = (1 + G) / G$

y siendo $G = R_1 / R_2$ (indicada por el selector del puente)

$Rc = R_1 + R_2$ es constante (vale decir, al modificarse la relación se mantiene constante la suma de las resistencias). Queda como expresión final de la sensibilidad para el puente suponiendo despreciable la resistencia interna de la batería:

$$S = \frac{S_g \cdot E}{2 \cdot rg + Rc + \left(1 + \frac{rg}{Rc}\right) \cdot F \cdot Rx + \frac{rg \cdot Rc}{F \cdot Rx}}$$

Se observa que:

1 - La sensibilidad es directamente proporcional a la sensibilidad amperométrica del galvanómetro y a la tensión de la fuente. Estas conclusiones son lógicas y podían deducirse sin realizar el análisis completo.

2- Además la sensibilidad depende en forma más complicada, de la resistencia interna del galvanómetro.

3- Para resistencias a medir muy pequeñas ($R_x \rightarrow 0$) la sensibilidad puede expresarse, muy aproximadamente por

$$S_{R_x \rightarrow 0} = \frac{S_g \cdot E \cdot F \cdot Rx}{rg \cdot Rc}$$

Se nota que la sensibilidad tiende a cero cuando R_x también tiende a cero

4 -Para el caso de resistencias incógnitas de valor muy elevado ($R_x \gg R_c$) Se puede calcularse con un pequeño error mediante:

$$S_{R_x \rightarrow \infty} = \frac{S_g \cdot E}{\left(1 + \frac{r_g}{R_c}\right) \cdot F \cdot R_x}$$

También en este caso la sensibilidad tiende a anularse cuando la resistencia a medir se hace indefinidamente grande.

5- De acuerdo a las condiciones 3 y 4 debe haber algún valor particular de R_x que produzca un máximo en la sensibilidad. Este valor se calcula por el proceso, clásico del análisis matemático y resulta :

$$R_{xm} = \frac{R_c}{F} \sqrt{\frac{r_g}{R_c + r_g}}$$

La posición (R_{xm}) del máximo de sensibilidad depende de la resistencia interna del galvanómetro y para un galvanómetro dado de la posición del selector de relación. Elegido el galvanómetro:

$$R_c \cdot \sqrt{\frac{r_g}{R_c + r_g}} = k$$

$$R_{xm} = \frac{k}{F} \Rightarrow F \cdot R_{xm} = k$$

La sensibilidad máxima resulta entonces:

$$S_{\max} = \frac{S_g \cdot E}{2 \cdot r_g + R_c + \left(1 + \frac{r_g}{R_c}\right) \cdot k + \frac{r_g \cdot R_c}{k}}$$

independiente de la posición de selector relación

La fig. 5 muestra el circuito interno del puente. Los pulsadores de batería marcado BA y del galvanómetro designado GA pueden mantenerse permanentemente operados girándolos hasta que los respectivos puntos enfrenten los indicaciones EA o GA en el panel

Los bornes de conexión denominados GA y R_x permiten conectar, respectivamente el galvanómetro y la resistencia a medir.

Las cuatro décadas de resistores en serie suministran (1+10 +100 + 1000) Ω

Cada una de las cuatro décadas se construye utilizando 5 resistores. La fig 6 es el esquema que corresponde a la década de 1 Ω y muestra Como los resistores se combinan para obtener los distintos valores de 0 a 9 Ω . Cuando en el dial de la década se lee 0, la llave cortocircuita los

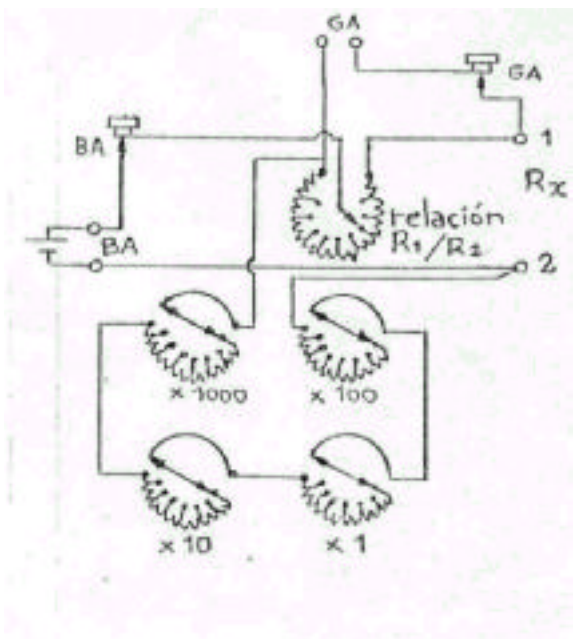


Fig. 5

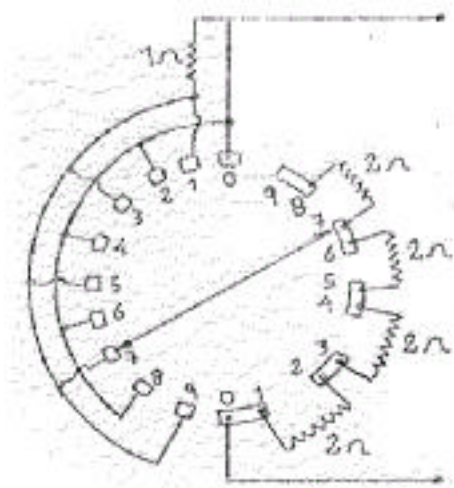


Fig. 6

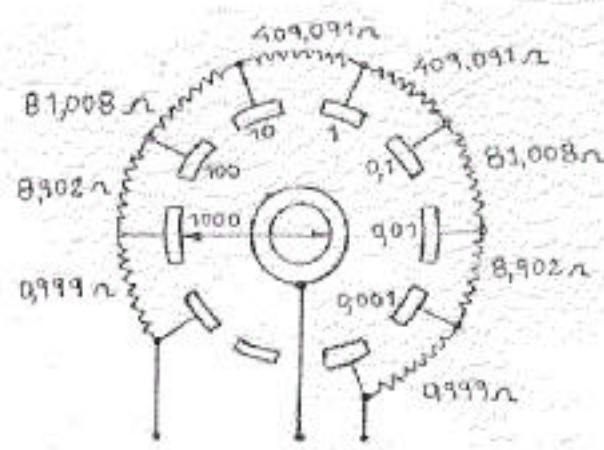


Fig. 7

Maniobra operativa

Para puente de Wheastone modelo 2755 marca Yokogawa)

- 1- Conectar la resistencia desconocida a los bornes Rx
- 2- Colocar el selector de relación en un rango conveniente de acuerdo a la siguiente tabla:

Rx 0	Selector de relación
< 10	0,001
10 ~ 100	0.01
100 ~ 1K	0.1
1K ~ 10 K	1
10 K ~ 100K	10
100 K ~ 1M	100
1M ~ 10 M	

3- Poner el selector de medición R3 en 1999 y pulsar el interruptor BA. Luego presionar el pulsador GA por un momento y controlar si la deflexión es en sentido positivo o negativo.

4- Cuando la aguja deflexiona hacia el lado positivo se debe incrementar los selectores de medición R₃ y cuando deflexiona hacia el lado negativo habrá que disminuir dichos selectores moviéndolos alternativamente hasta que la aguja indique cero. El valor de R se obtiene de la siguiente manera:

Rx: valor del selector de medición x valor de selector de relación (0).

5- Cuando la resistencia es enteramente desconocida y si no hay disponible un ohmímetro, el procedimiento a seguir será:

Poner el selector de relación en 1 y en los selectores de medición el de 1000. Conectar la batería presionando el interruptor BA y presionando suavemente el pulsador GA, controlar hacia donde es la deflexión de la aguja del galvanómetro. Cuando la aguja deflexiona hacia el lado positivo, significa que Rx es mayor de 1000 0. Entonces incrementar el selector de relación a 10 y presionar GA nuevamente. Si todavía la aguja deflexiona hacia el lado positivo girar el selector de relación R₁/ R₂ a 100. Supongamos que la aguja deflexiona hacia el lado negativo, entonces Rx está comprendida entre 10 K0. y 100 K0.

Por otra parte cuando la aguja deflexiona hacia el lado negativo en el primer intento de hallar Rx., significa que es menor de 1000 0. En este caso se disminuye el selector de relación R₁/ R₂ a 0,1 o 0.01, para que la aguja tienda a deflexionar hacia el lado positivo.

Valores obtenidos

E: tensión de la fuente

r': posición del selector de relación del puente R1/R2

R: valor de la caja de resistores que hace de Rx

R₃: valor del resistor de ajuste que corresponde al equilibrio

R₃⁺: valor particular de R₃ que provoca una desviación del índice del galvanómetro

R₃⁻: valor particular de R que provoca una desviación del índice del galvanómetro

a⁺: desviación hacia el lado positivo (derecha) en el galvanómetro

a⁻: desviación hacia el lado negativo (izquierda) en el galvanómetro

Rx: valor medido de la resistencia incógnita

Sm: Sensibilidad medida, calculada con la expresión (7)

St: Sensibilidad teórica calculada con la expresión (10)

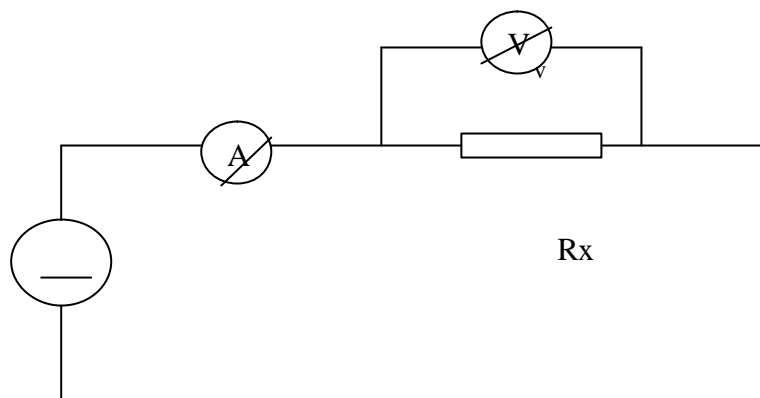
Tabla de valores medidos y calculados

Valores medidos							Valores calculados			
E	r	R ₃	R	R ₃ ⁺	a ⁺	R ₃ ⁻	a ⁻	Rx	Sm	St
v		0	0	0	div	0	div	0	div	div

MILIOHOMIMETRO

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Este instrumento basa su funcionamiento en una fuente de corriente constante y en la aplicación del método volt – amperométrico, pudiendo hacer la presentación directamente en Ohm.

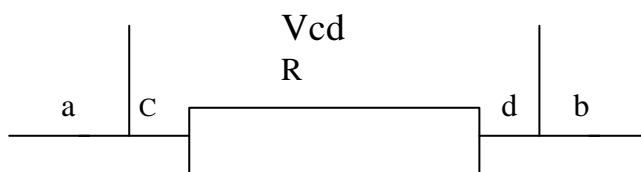


Es de notar que cuando los valores de resistencias son bajos, del orden de los mili – ohm, el valor de la resistencia de los cables de conexión, que en caso de resistencias medianas lo despreciamos y el valor de la resistencia de contacto producida entre la resistencia bajo ensayo y los conductores de conexión a los demás componentes del circuito, se hacen significativos, dado que son del mismo orden que la resistencia ensayada, por lo que el error que se comete en la medición es muy grande.

Para solucionar este problema se utiliza **la resistencia de 4 terminales**

El valor de la resistencia esta dado por la tensión V_{cd} sobre la corriente I_{ab}

$$R = V_{cd} / I_{ab}$$



La resistencia así definida no incluye la resistencia de los conductores de conexión del circuito de corriente y no es afectada por la resistencia de contacto en los bornes ab. Además la resistencia del circuito voltimétrico es por lo general elevada, por lo que la corriente que circula es baja, haciendo despreciable el efecto de la resistencia de contacto de los bornes voltimétricos.

En el instrumento los bornes extremos son los amperométricos y los dos medios son los voltimétricos. Los mismos se pueden conectar por separado respetando el esquema dado o unirlos en una pinza, respetando también la conexión.

Desarrollo

Seleccionar el instrumento de acuerdo al valor de la resistencia y medir. Calcular el error cometido