

Puente de medida de Wheatstone

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS ÓHMICAS.

- Determinación de resistencias óhmicas en un puente de medida de Wheatstone.
- Estimar la exactitud de medida.

UE3020300

03/16 UD

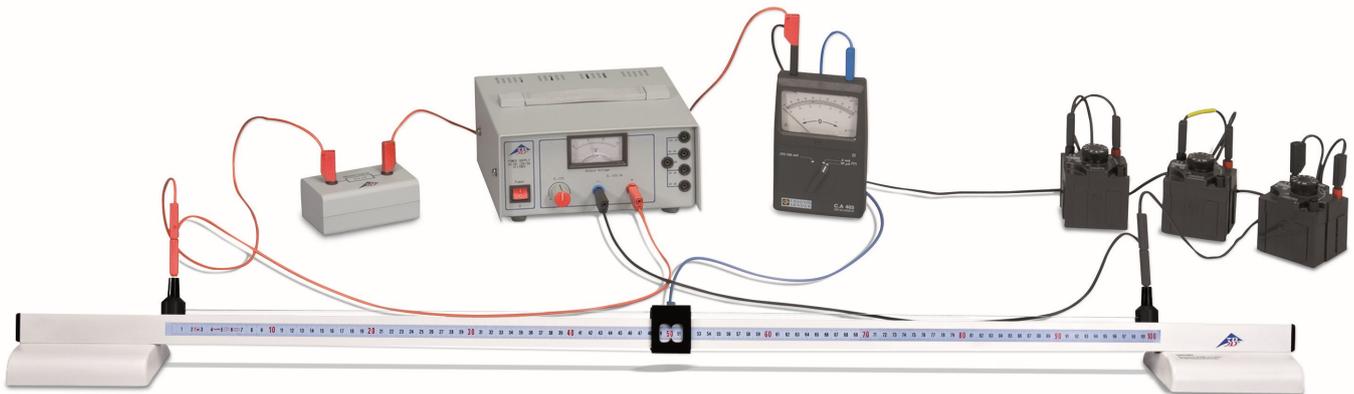


Fig. 1: Disposición de medición.

FUNDAMENTOS GENERALES

Clásicamente se determinan resistencias óhmicas en un puente de medida de compensación denominado según Ch. Wheatstone, comparando con una resistencia de referencia. Para ello se monta una conexión en paralelo de dos divisores de tensión, los cuales se encuentran conectados a la misma fuente de tensión continua. El primer divisor de tensión está compuesto de la resistencia a medir R_x y la resistencia de referencia R_{ref} ; el segundo de las resistencias R_1 y R_2 , la suma de las cuales permanece constante durante la compensación (ver Fig. 2).

Se varía la relación entre las resistencias R_1 y R_2 y – si es necesario – también la resistencia de referencia R_{ref} hasta que la corriente transversal entre los dos divisores de tensión I sea compensada a cero. Éste es exactamente el caso cuando las relaciones de resistencias de ambos divisores de tensión son iguales. A partir de esta condición de compensación se obtiene la resistencia desconocida R_x .

$$(1) \quad R_x = R_{ref} \cdot \frac{R_1}{R_2}.$$

En el experimento el segundo divisor de tensión se compone de un alambre resistivo de 1 m de largo el cual se divide en dos partes s_1 y s_2 por medio de un contacto deslizante.

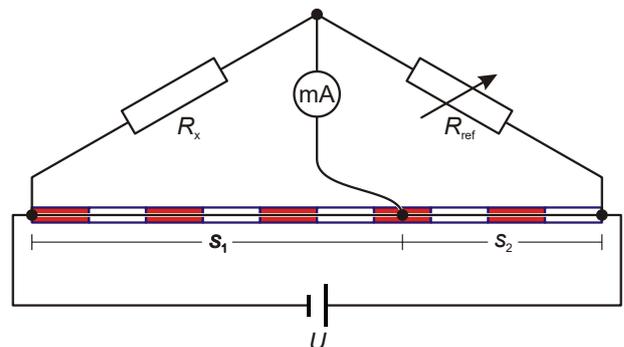


Fig. 2: Representación esquemática del puente de medida de Wheatstone.

Como las dos resistencias, R_1 y R_2 , debido a que

$$(2) R_{1,2} = \rho \cdot \frac{s_{1,2}}{A}$$

ρ : resistencia específica del material de la resistencia
 A : Área de la sección del alambre de la resistencia

las resistencias se representan por trozos parciales del alambre de resistencia, la ecuación (1) se puede convertir en

$$(3) R_x = R_{ref} \cdot \frac{s_1}{s_2} = R_{ref} \cdot \frac{s_1}{(1m - s_1)},$$

La exactitud del resultado depende de la tolerancia de la resistencia de referencia R_{ref} y de las exactitudes con las cuales se ha medido la relación s_1/s_2 de los trozos parciales y de la compensación a cero del puente de medida de los trozos parciales resp. de las resistencias R_1/R_2 se pueda llevar a cabo.

De la propagación de errores de Gauß se obtiene para el error de medición absoluto

$$(4) \Delta R_x = \sqrt{\left(\frac{s_1}{(1m - s_1)} \cdot \Delta R_{ref} \right)^2 + \left(R_{ref} \cdot \frac{1m \cdot \Delta s_1}{(1m - s_1)^2} \right)^2}$$

y a partir de allí, para el error de medición relativo se tiene la

$$(5) \frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_{ref}}{R_{ref}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta s_1}{s_1} \cdot \frac{1m}{(1m - s_1)} \right)^2}$$

En la Fig. 3 se representa el error de medición $\Delta R_x/R_x$ para $0 m < s_1 < 1 m$, $\Delta R_{ref}/R_{ref} = 0,005$ (0,5%) y un error de lectura de $\Delta s_1 = \pm 0,5 mm$. Este es simétrico con respecto a $s_1 = 0,5 m$, tiene allí un mínimo y tiende a infinito para $s_1 \rightarrow 0 m$ y $s_1 \rightarrow 1 m$ respectivamente.

La exactitud del puente de medición de Wheatstone en su realización como puente de medición de alambre de contacto deslizante es de este modo máxima cuando el contacto deslizante se posiciona en la mitad, en $s_1 = s_2 = 0,5 m$. Según la ecuación (3) se tiene entonces que $R_x = R_{ref}$. La resistencia de referencia, en lo más posible, de debe buscar para que los trozos parciales s_1 y s_2 tengan longitudes iguales, es decir, que la relación s_1/s_2 sea igual a 1.

La exactitud de la compensación a cero del puente de medición se describe por la seguridad de compensación, la cual es inversamente proporcional a la sensibilidad del puente de medición, es decir, mientras más sensible sea el puente de medición, más exacta será la compensación a cero.

La sensibilidad describe la relación entre la desviación del galvanómetro con punto cero y el cambio de posición del contacto deslizante, el cual produce la desviación. Ésta aumenta con la sensibilidad del galvanómetro de punto cero y de la tensión se suministro U del puente de medición y depende de las resistencias del puente así como de la resistencia del galvanómetro de punto cero. Ésta se hace máxima cuando el contacto deslizante se encuentra en la mitad del alambre de resistencia. Por lo tanto, no sólo allí es la relación s_1/s_2 óptima sino también la exactitud de la compensación a cero.

Como la resistencia del alambre del puente de medición es algo así sólo como un orden de magnitud mayor que la resistencia de los cables de conexión que llegan al puente, se utilizan para las mediciones resistencias $R_x \geq 100 \Omega$.

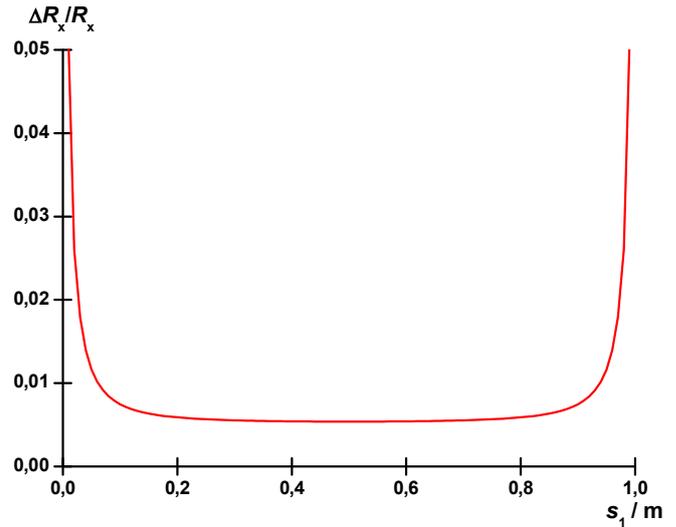


Fig. 3: Error de medición relativo $\Delta R_x/R_x$ en dependencia con s_1 , según la ecuación en dependencia con s_1 , según la ecuación (5), $\Delta R_{ref}/R_{ref} = 0,005$ (0,5%) y $\Delta s_1 = \pm 0,5 mm$.

LISTA DE APARATOS

- 1 Puente de resistencia 1009885 (U8551002)
- 1 Fuente de alimentación de CA/CC, 0...12 V/ 3 A @230V 1002776 (U117601-230)
- 0
- 1 Fuente de alimentación de CA/CC, 0...12 V/ 3 A @115V 1002775 (U117601-115)
- 1 Galvanómetro con punto cero 1023786
- 1 Década de resistencia 100 Ω 1002732 (U11182)
- 1 Década de resistencia 1 k Ω 1002733 (U11180)
- 1 Década de resistencia 10 k Ω 1002734 (U11181)
- 1 Resistencia de precisión 100 Ω 1009886 (U51004)
- 1 Resistencia de precisión 1 k Ω 1009887 (U51005)
- 1 Juego de 15 cables de experimentación de seguridad, 75 cm 1002843 (U138021)

MONTAJE Y REALIZACIÓN

Advertencias de seguridad:

- No se debe sobrepasar la tensión máxima permitida de 8 V ni la corriente máxima permitida de 1,5 A
- Se interrumpe la entrada de corriente cuando el galvanómetro de punto cero esté sobrecargado.
- Se monta el experimento como se muestra en la Fig. 1. Para ello, el casquillo de conexión negro de la derecha del puente de medición de resistencias se conecta a la vez con el polo negativo de la fuente de alimentación y luego se conecta con el casquillo "COM" del galvanómetro de punto cero, pasando previamente por la década de resistencias conectadas en serie. El casquillo de conexión rojo de la izquierda del puente de medición de resistencias, se conecta a su vez con el polo positivo de la fuente de alimentación y además y a su vez a través de la resistencia de precisión de 100 Ω resp. de 1 kΩ con el casquillo "COM" del galvanómetro de punto cero. Se conecta el segundo casquillo del galvanómetro de punto cero con el contacto deslizante de puente de medición de resistencias. La fuente de alimentación no se enciende todavía.
- En el galvanómetro de punto cero se elige el alcance de medida de 50 μA y se comprueba la posición de la aguja indicadora del cero. En caso necesario se realiza una compensación del cero girando el tornillo de ajuste en la placa frontal.

Las resistencias de precisión sirven como las resistencias a medir R_x , las décadas de resistencias sirven para el ajuste de diferentes resistencias de referencia fijas R_{ref} .

La resistencia $R_x = 100 \Omega$ se mide para las resistencias de referencia $R_{ref} = 10 \Omega, 50 \Omega, 100 \Omega, 500 \Omega$ y 1 kΩ (Tab. 1), la resistencia $R_x = 1 \text{ k}\Omega$ para $R_{ref} = 100 \Omega, 500 \Omega, 1 \text{ k}\Omega, 5 \text{ k}\Omega$ y 10 kΩ (Tab. 2). El procedimiento a seguir se describe a continuación.

Al inicio de una serie de mediciones:

- En el galvanómetro de punto cero se elige el alcance de medida de 5 mA.
- Se ajusta la resistencia de referencia mínima.
- El contacto deslizante se posiciona en $s_1 \approx 90 \text{ cm}$.
- Se enciende la fuente de alimentación y se ajusta una tensión de 5 V.

Toma de los valores de medida:

- El contacto deslizante se lleva a la posición en la cual el galvanómetro de punto cero ya no muestra ninguna corriente transversal (Compensación a cero del puente de medición de resistencias).
- En el galvanómetro de punto cero se elige el alcance de medida de 50 μA y se realiza una compensación a cero lo más exacta posible.
- Por medio de la aguja en el contacto deslizante se lee en la escala del riel la longitud s_1 del primer trozo parcial y se anota en la Tab 1 resp. en la Tab. 2.
- En el galvanómetro de punto cero se elige el alcance de medida de 5 mA.
- Paso a paso se ajusta la resistencia de referencia siguiente superior y el puente de medida de resistencias se vuelve a compensar a cero, como se describe arriba. En cada paso es necesario tener cuidado de que el galvanómetro de punto cero no se sobrepase. En caso necesario el contacto deslizante se corrige fuertemente.

EJEMPLO DE MEDICION Y EVALUACIÓN

Tab. 1: Medición de la resistencia $R_x = 100 \Omega$, resistencias de referencia ajustadas R_{ref} , longitudes s_1 medidas y a partir de allí, valores determinados de la resistencia con los errores de medición según la ecuación (4).

$R_x \pm \Delta R_x / \Omega$ Valor nominal	$R_{ref} \pm \Delta R_{ref} / \Omega$	$s_1 \pm \Delta s_1 / \text{cm}$	$R_x \pm \Delta R_x / \Omega$ Resultado
100±1	10.00±0.05	91.00±0.05	101.1±0.8
	50.00±0.25	66.80±0.05	100.6±0.6
	100.0±0.5	50.10±0.05	100.4±0.5
	500.0±2.5	16.80±0.05	101.0±0.6
	1000±5	9.15±0.05	100.7±0.8

Tab. 2: Medición de la resistencia $R_x = 1 \text{ k}\Omega$, resistencias de referencia ajustadas R_{ref} , longitudes s_1 medidas y a partir de allí, valores determinados de la resistencia con los errores de medición según la ecuación (4).

$R_x \pm \Delta R_x / \Omega$ Valor nominal	$R_{ref} \pm \Delta R_{ref} / \Omega$	$s_1 \pm \Delta s_1 / \text{cm}$	$R_x \pm \Delta R_x / \Omega$ Resultado
1000±10	100.0±0.5	91.00±0.05	1011±8
	500.0±2.5	66.75±0.05	1004±6
	1000±5	50.05±0.05	1002±5
	5000±25	16.75±0.05	1006±6
	10000±50	9.15±0.05	1007±8

- De las longitudes s_1 medidas (Tab. 1, Tab. 2) y aplicando la ecuación (3) se calculan los valores de R_x con diferentes resistencias de referencia R_{ref} y aplicando la ecuación (4) los errores de medición ΔR_x y cada uno de ellos se anota en la Tab. 1.
- Por medio del error de medición de la medición de determinados valores para R_x , para diferentes resistencias de referencia R_{ref} resp. longitudes s_1 , se compara cada uno con los valores nominales.

Conclusión:

Los valores medidos, en el marco de los errores de medición, concuerdan muy bien con los valores nominales, para todas las resistencias de referencia, resp. las posiciones del contacto deslizante. Por supuesto, el error de medición es mínimo en la mitad del alambre de resistencia, con $s_1 = s_2 = 50 \text{ cm}$ y no varía en forma significativa en el rango $10 \text{ cm} \leq s_1 \leq 90 \text{ cm}$ (comp. Fig. 3).

OTROS MÉTODOS DE MEDICIÓN

Compensación a cero por medio de la adaptación de la resistencia de referencia:

- Se posiciona el contacto deslizante en la mitad del alambre de resistencia, en $s_1 = s_2 = 50$ cm.
- En las décadas de resistencias se ajusta una resistencia de referencia de tal forma que la desviación de la aguja en el galvanómetro de punto cero se encuentre lo más cerca posible de la posición cero.
- El contacto deslizante se mueve a la posición en la cual la aguja del galvanómetro de punto cero se encuentre en la posición cero y así se determina el valor de la resistencia a medir.

Resistencia de referencia fija para diferentes resistencias a medir:

- Se intercambian las resistencias de precisión y las décadas de resistencia entre sí, así que las resistencias de precisión sirvan como resistencias de referencia R_{ref} y las décadas de resistencias sirvan para el ajuste de diferentes resistencias R_x a medir.