

Medidas Electrónicas I - T.P. Lab. N°2
Medición de la resistencia de un conductor

Grupo N° 1

Della Santina, Lucas
Gonzalez, Gabriel
Gratton, Antonino
Randazzo, Ignacio

16 de abril de 2018

Índice general

1. Introducción	2
1.1. Objetivo	2
1.2. Materiales e Instrumental necesarios	2
1.3. Introducción	2
2. Desarrollo	4
2.1. Procedimiento	4
2.2. Cálculo de la incertidumbre en la medición	5
2.3. Determinación del valor de resistencia por unidad de longitud R_l	5
3. Conclusion	7
3.1. Enunciado	7
3.2. Conclusiones	7

Capítulo 1

Introducción

1.1. Objetivo

Determinar la resistencia por unidad de longitud de un cable/alambre conductor. Dar el resultado de la medición acompañado del grado de incertidumbre.

1.2. Materiales e Instrumental necesarios

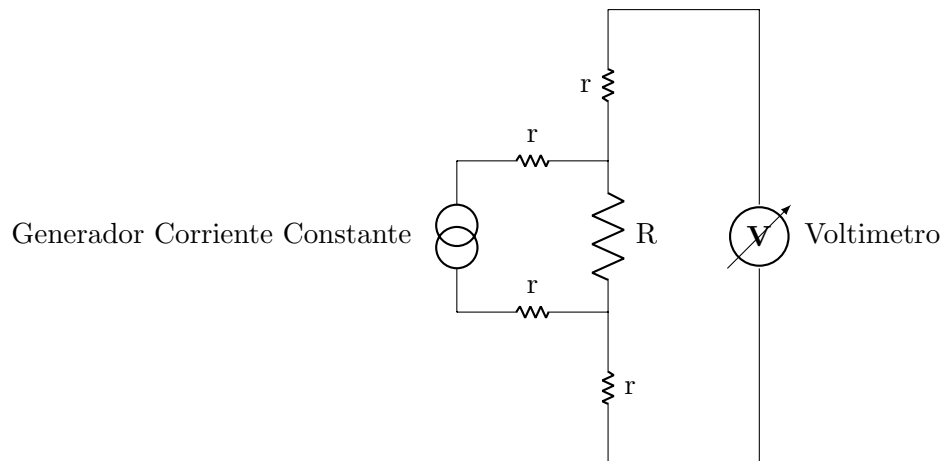
- Multímetro digital con su correspondiente manual de especificaciones.
- Circuito generador de corriente constante.
- Probeta a ensayar (Tramo de cable o alambre de longitud conocida).

1.3. Introducción

Para efectuar la medición de resistencias de pequeño valor se requiere, por lo general, el empleo de métodos y/o instrumentos especiales. Estas mediciones no se pueden hacer mediante el óhmetro de un multímetro común porque la resistencia de contacto que hay entre las puntas de prueba del instrumento y los terminales del elemento que se mide se suma al resultado agregándose así un error que puede llegar a ser muy importante sobre todo si la magnitud de la resistencia que se espera medir es de unos pocos Ohm. Por otra parte es bastante difícil descontar el error, dado que las resistencias de contacto son de valor impredecible y pueden variar dependiendo de las condiciones de la prueba.

Se puede efectuar una medición más exacta de resistencias de pequeño valor, utilizando algún instrumento que emplee el método de 4 terminales. Este método se vale de una fuente que proporciona una corriente de prueba, la cual se aplica al elemento cuya resistencia se desea medir por medio de dos terminales, luego se determina la caída de tensión provocada mediante un voltímetro que se conecta con otros dos terminales separados de los primeros. Las resistencias de contacto no se eliminan, pero al separarse los contactos de corriente de los contactos de potencial, el error puede ser descartado. En este trabajo práctico se determinará la resistencia por unidad de longitud de un cable/alambre conductor mediante el empleo del método descrito. Para ello se usará un generador de corriente constante, que el alumno deberá implementar, y un multímetro digital, que se utilizará como miliamperímetro, para ajustar y calibrar la corriente de prueba, y luego como voltímetro para medir la caída de tensión producida.

Además deberá determinarse la incertidumbre presente en la medición efectuada, y para ello será necesario tener en cuenta las especificaciones de exactitud del instrumento empleado y aplicar la teoría de propagación de errores en mediciones indirectas que el alumno aprenderá en la parte teórica del curso.



En este trabajo práctico se determinará la resistencia por unidad de longitud de un cable/alambre conductor mediante el empleo del método descrito. Para ello se usará un generador de corriente constante, que el alumno deberá implementar, y un multímetro digital, que se utilizará como miliamperímetro, para ajustar y calibrar la corriente de prueba, y luego como voltímetro para medir la caída de tensión producida.

Además deberá determinarse la incertidumbre presente en la medición efectuada, y para ello será necesario tener en cuenta las especificaciones de exactitud del instrumento empleado y aplicar la teoría de propagación de errores en mediciones indirectas que el alumno aprenderá en la parte teórica del curso.

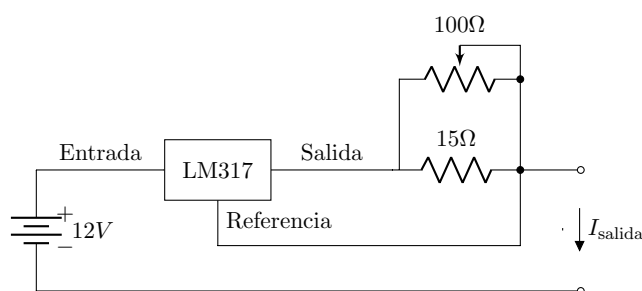
Capítulo 2

Desarrollo

2.1. Procedimiento

Para efectuar la medición, se necesita disponer de un generador de corriente constante.

En el siguiente esquema se muestra como se puede implementar el mismo utilizando un regulador monolítico LM317, y la corriente de salida puede ajustarse a valores próximos a 100mA. Aunque en el esquema se indica emplear una tensión de alimentación de 12V, es posible utilizar otros valores, siendo el requerimiento mínimo: $V_{cc} = 3V + V_s$ (donde V_s es la tensión a bornes de la probeta, la cual dependerá del valor de resistencia de la misma).



Como se espera medir un valor bajo de resistencia, se puede decir casi con certeza que el valor mínimo de la tensión de alimentación será alrededor de 4V.

En el circuito, el resistor ajustable regula la corriente de salida. Se sugiere utilizar un valor de corriente de prueba de 10mA o 100mA. De esta manera la lectura de tensión en mV es, salvo por la posición de la coma, equivalente al valor de resistencia en Ω .

- La probeta consiste en un tramo de longitud conocida del cable a ensayar. Por razones prácticas, el mismo debe disponerse en forma de un rollo y para que este no se comporte como una bobina, conviene emplear un arrollamiento no inductivo, el cual se consigue plegando el cable por la mitad y luego arrollando el conjunto.
- Inicialmente deberá disponerse el multímetro como mili-amperímetro para ajustar el generador de corriente. Si es posible habrá que usar un rango tal que permita medir cómodamente el valor de la corriente de salida (por ejemplo 200mA).
- Seguidamente, se conectará el generador a la probeta. Con el multímetro dispuesto como mili-voltímetro en un rango apropiado (por ejemplo 200mV), y cuidando de conectar el mismo para obviar el contacto del generador, se debe medir la caída de tensión.
- Consignar los valores obtenidos en la tabla correspondiente y calcular el valor de la resistencia de la probeta.

2.2. Cálculo de la incertidumbre en la medición

La incertidumbre en la determinación de la resistencia por el método propuesto, se vincula con los errores que pueden estar presentes en cada una de las mediciones implicadas en el procedimiento.

En este caso hay dos mediciones que deben efectuarse, una de corriente y una de tensión, y las dos se hacen con el multímetro, por ende el error relativo máximo total es la suma de los errores relativos máximos parciales, es decir:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I} \quad (2.1)$$

Los instrumentos (UNI-T UT61C para tensión y ProsKit MT-5211 para corriente) utilizados para cada medición tienen las siguientes especificaciones:

$$V[600mV] \rightarrow \boxed{\Delta V = 0,5 \% \text{ Medición} + 1 \text{ dígitos}[0.1mV]}$$

$$I[200mA] \rightarrow \boxed{\Delta I = 1,2 \% \text{ Medición} + 4 \text{ dígitos}[0.1mA]}$$

		ΔX	$\frac{\Delta X}{X}$	$\frac{\Delta X}{X} \cdot 100$
V	104mV	0.62mV	0.006	0.596
I	100.5mA	1.31mA	0.012	1.2
R	1.035Ω	0.019Ω	0.018	1.8

El valor de la resistencia se calcula mediante $R = \frac{V}{I}$, y el ΔR se acomodando la ecuación 2.1 para llegar a $\Delta R = R \cdot \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I} \right)$

2.3. Determinación del valor de resistencia por unidad de longitud R_l

Obviamente, el valor de resistencia por unidad de longitud del cable/alambre conductor ensayado, se obtendrá dividiendo la resistencia total medida por la longitud de la probeta.

Este paso agregará una nueva fuente de error, pues habrá que tener en cuenta la incertidumbre presente en la medición de la longitud total de la probeta.

Para el propósito que se busca en el presente trabajo práctico, no parece oportuno adentrarse en la problemática de la medición de longitud de la probeta, pues en el laboratorio de electrónica no se disponen de los elementos necesarios, por eso se tomará como dato válido de la longitud de la probeta (L_p), el valor que se encuentre en un rótulo o cartel adosado a la misma.

Entonces, se pide determinar el valor de resistencia por unidad de longitud y agregar al cálculo del error máximo total la incertidumbre asociada a la longitud.

$R [\Omega]$	1.035 ± 0.019
$L_p [m]$	20 ± 0.02
$R_l [\Omega/m]$	0.05 ± 0.001
Incertidumbre total	0.00108

Como las variables R y L_p no solo se han medido en lugares y momentos distintos, a su vez con distintos instrumentos de medición, asumimos que ambas mediciones son completamente

independientes la una de la otra. Al considerar ambas mediciones como independientes, podemos usar una formula distinta para el calculo de incertidumbre total, que nos dará un valor menor, que el que nos daría si fuesen dependientes.

A continuacion se desarrollan las formas de calcular R_l y ΔR_l

$$R_l = \frac{R}{L_p} = \frac{1}{20} = 0,05$$

$$\Delta R_l = \sqrt{\left(\frac{\partial(R/L_p)}{\partial L_p} \cdot |\Delta R|\right)^2 + \left(\frac{\partial(R/L_p)}{\partial R} \cdot |\Delta L_p|\right)^2}$$

$$\Delta R_l = \sqrt{\left(\frac{1}{L_p} \cdot |\Delta R|\right)^2 + \left(\frac{R}{L_p^2} \cdot |\Delta L_p|\right)^2}$$

$$\Delta R_l = \sqrt{\left(\frac{1}{20} \cdot 0,019\right)^2 + \left(\frac{1,035}{400} \cdot 0,20\right)^2}$$

$$\Delta R_l = 0,00108$$

$$\Delta R_l \approx 0,001$$

Capítulo 3

Conclusion

3.1. Enunciado

Elabore conclusiones teniendo en cuenta lo siguiente:

- ¿Que ventajas presenta el método de medición con 4 terminales por sobre los métodos convencionales?
- Realice una búsqueda en Internet sobre el tema “caja de resistencias de precisión”.
- Busque información sobre instrumentos de laboratorio que se emplean para la medición de resistencia. Examine las hojas de especificaciones de los manuales y de cada uno de ellos e interprete las que corresponden a incertidumbre en la medición.
- La fuente de corriente propuesta para este práctico, es muy simple pero bastante efectiva. Busque la hoja de datos del Circuito integrado LM317 e investigue como funciona.
- La ecuación que se emplea para el cálculo de la incertidumbre supone que los errores parciales se suman. Algunos autores sugieren que en algunas situaciones, una mejor estimación de la incertidumbre se obtiene efectuando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores parciales. Discuta con sus compañeros cual es la mejor opción en el caso de la experiencia que acaba de realizar.

3.2. Conclusiones

La medición de cuatro terminales utilizada para la realización de los ensayos de laboratorio permite medir valores pequeños de resistencia, sin ser afectado por la resistencia de los terminales del multímetro ni por los potenciales de contacto producidos debido a la conexión de diferentes metales. Estos parámetros se encuentran modelados en el circuito de medición de cuatro terminales.

Un análisis de las hojas de datos de varios instrumentos ha arrojado que el porcentaje de error para corriente y tensión en los multímetros son menores que para este en modo ohmetro, a valores de resistencia pequeños, para la aplicación del método de cuatro terminales. Para escalas de resistencia superiores, el error relativo en la medición es menor con el multímetro en modo ohmetro que el producido por dos multímetros midiendo corriente y tensión.

En relación a los instrumentos de medición, dependiendo de la calidad, estos ofrecen diversas exactitudes. Por ejemplo, un instrumento de alta gama o confeccionado exclusivamente para mediciones de los parámetros resistencia, inductancia y capacitancia, otorgará una menor incertidumbre que un multímetro dedicado a realizar mediciones de muchos parámetros diferentes o uno de gama inferior.

Para la calibración de estos instrumentos de medición existen diversos equipos, uno de ellos son las cajas de resistencias de precisión cuyo funcionamiento se basa en la conmutación de distintos valores resistivos con un alto grado de exactitud del orden de los miliohmios.

En el cálculo de incertidumbre total realizado, se ha optado por la utilización de la ecuación que corresponde a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores parciales, debido a que las mediciones se llevaron a cabo con instrumentos distintos para cada parámetro, además de ser realizadas en momentos y lugares diferentes, lo que garantiza que estas medidas son completamente independientes e implica un menor error que en el caso de que estas fueran dependientes entre sí.

En lo que respecta a la fuente de corriente constante utilizada en el ensayo, esta posee el regulador LM317. Este componente funciona manteniendo constante la diferencia de potencial entre la salida y su terminal de referencia, la cual es de aproximadamente 1,2V, siendo esta la caída de tensión en los resistores ubicados en la salida del circuito. Modificando el resistor variable, el parámetro ajustable es la corriente de salida. Al aumentar la carga sobre el circuito, este responde incrementando la tensión de salida para así mantener constante la corriente preestablecida.