

ASPECTOS TÉCNICOS RELEVANTES EN LA MEDICIÓN DE VALORES DE RESISTENCIA MENORES A 1 Ω

Felipe Hernández-Márquez
Centro Nacional de Metrología – División de Mediciones Electromagnéticas
Carretera a Los Cués km 4,5 Mpio. El Marques, Querétaro
Correo Electrónico: fhernand@cenam.mx

Resumen: El intervalo de valores en el que se mide resistencia eléctrica es amplio, desde $10^{-4} \Omega$ hasta $10^9 \Omega$ o incluso $10^{12} \Omega$. Trabajar en este intervalo tan amplio involucra una serie de consideraciones técnicas, las cuales no pueden ser aplicadas, de manera generalizada, en todo el intervalo de valores, es decir, algunas consideraciones que son importantes para ciertos valores no lo es para otros. Las consideraciones técnicas incluyen, entre otras, a los métodos y técnicas de medición a emplear, los sistemas de medición, así como también a las condiciones ambientales y de medición. El peso que tienen estas consideraciones técnicas depende básicamente de dos aspectos, del valor de resistencia que se pretende medir, pero sobre todo de la incertidumbre de medición que se desea obtener. Partiendo de este análisis se podrán encontrar soluciones óptimas para cada problemática de medición. Para así, llegar a concluir que no existe una receta o regla mágica que nos dé respuestas, sino que todo parte de un análisis basado en el conocimiento físico de lo que ocurre en un proceso de medición.

INTRODUCCION

Para llevar a cabo una medición de resistencia es necesario contar con dos informaciones básicas, la primera tendrá que ver con el valor que se pretende medir y la segunda con el nivel de incertidumbre de medición que se pretende alcanzar. Dependiendo de esta información será posible distinguir entre los métodos y técnicas de medición más apropiados, así como definir el sistema de medición más adecuado, sin perder de vista la incertidumbre de medición que se quiere alcanzar. La incertidumbre de medición debe servir de guía para poder identificar las condiciones ambientales y de medición que son necesarias tener para llevar a cabo la medición.

En muchas ocasiones el no tener presente esta información inicial dificulta la labor de medición, es decir, se puede caer en sobreestimar o subestimar el problema. En este trabajo se trata de dar respuesta a la problemática de medición de bajos valores de resistencia donde se tengan presentes los aspectos más comunes que se pueden pasar en alto y que influyen sobre la calidad de los resultados de medición. Esta información no busca crear generalidades sino que pretende dar información que conduzca a tener un dominio más amplio sobre el problema de medir bajos valores para que en función de este dominio se sea capaz de dar respuestas optimizadas a un problema de medición sin perder de vista la incertidumbre de medición que se quiere lograr.

PROBLEMAS EN BAJOS VALORES DE RESISTENCIA

En la medición de bajos valores de resistencia (valores menores a 1 Ω), es de suma importancia emplear la técnica de medición de cuatro terminales, con el propósito de contrarrestar el efecto de la resistencia de los cables de medición, que está presente en la técnica de medición de dos terminales. En la técnica de cuatro terminales se emplean dos terminales para el suministro de la señal de corriente, mientras que las dos terminales restantes se emplean para medir la caída de tensión en el elemento resistivo, con esto se logra que el total de la corriente pase a través del resistor debido a que la impedancia de entrada (idealmente infinita) del voltmetro empleado para medir la caída de tensión impide el paso de la corriente hacia éste.

Además de la técnica de medición es necesario tener presente la existencia de factores que pueden influir sobre la medición, de los más importantes, o tal vez el más importante es la temperatura que en estos niveles está estrechamente relacionada con la disipación de potencia. En muchas ocasiones se pasa por alto que la potencia crece de manera cuadrática respecto de la corriente, es decir:

$$P = I^2 R$$

Las intensidades de corriente empleadas en la medición de valores de resistencia menores que 1 Ω , hace que la potencia sea en el mejor de los casos 100 mW hasta valores cercanos a los 100 W o incluso más, con estos niveles de potencia es

inevitable que por efecto Joule se presente un calentamiento en el resistor o derivador de corriente (shunt), el diseño en la construcción del resistor o derivador de corriente hace que la disipación del calor generado se disipe en un cierto tiempo, este tiempo realmente es el tiempo en que se logra establecer un equilibrio térmico entre la temperatura del resistor y la temperatura existente en el medio ambiente en el que se encuentre el resistor. En la Fig. 1 se muestra el caso de un derivador de corriente de $10\text{ m}\Omega$, al cual se le aplicó una intensidad de corriente de 10 A , bajo estas condiciones la potencia es de 1 W . El derivador de corriente se alojó en un baño de aceite a una temperatura controlada de $(23 \pm 0,05)\text{ }^\circ\text{C}$.

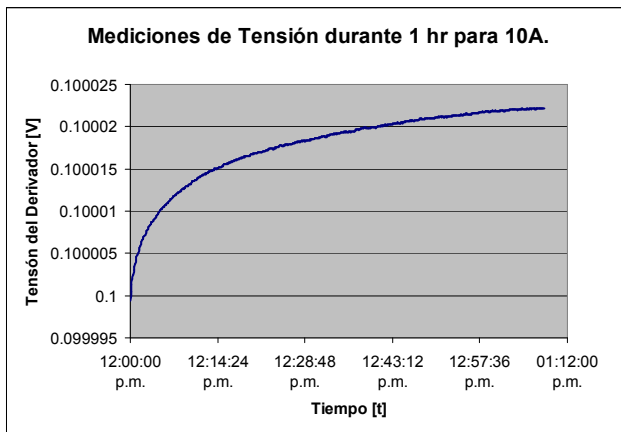


Fig. 1

De la Fig. 1 se puede observar que para obtener una condición estable de medición (equilibrio térmico), para este caso, se requirió un tiempo de aproximadamente una hora, el cambio en el valor de la caída de tensión en este mismo periodo de tiempo es de unos $20\text{ }\mu\text{V}$, en forma relativa esto representa $200\text{ }\mu\text{V/V}$, en esta misma proporción cambiará el valor de resistencia. El tiempo que se tiene que invertir para alcanzar una condición estable para llevar a cabo las mediciones depende de diversos factores que pueden cambiar de una medición a otra, afectando la repetibilidad del valor de medición, por otro lado se tiene la problemática de que en muchas aplicaciones no se podrá esperar tanto tiempo para llevar a cabo una medición. Una posible solución para esta problemática es adaptar un termopar al elemento resistivo del resistor o derivador de corriente, con el propósito de proporcionar una curva de calibración de resistencia contra temperatura, esto contribuye a tener un mejor conocimiento sobre el valor de resistencia en función de la temperatura, para así, determinar el valor de resistencia sin la necesidad de esperar el tiempo requerido para llegar a una condición de equilibrio.

Otro factor importante son las fem's térmicas distribuidas en el circuito de medición, debido a que las caídas de medición generalmente son de 100 mV o menores. La cancelación de estas fem's térmicas se puede llevar a cabo mediante la medición de la caída de tensión en el resistor en ambas polaridades de la señal de corriente, para que se promedien algebraicamente las lecturas de las caídas de tensión en polaridad positiva y negativa.

Las características técnicas de la fuente de corriente es otro factor importante a considerar. La estabilidad de la fuente de corriente durante el proceso de medición es de vital importancia. Una fuente inestable o ruidosa provocará que las mediciones de la caída de tensión tengan estas características, haciendo que la desviación estándar de las mediciones sea grande. Otro aspecto a considerar es la tensión máxima que puede suministrar la fuente de corriente a la carga aplicada entre sus terminales de salida, por ejemplo, una fuente de corriente de 100 A con una tensión de salida máxima de 8 V , sólo permitirá una carga máxima de $80\text{ m}\Omega$, esto hace que se tenga que poner mucho cuidado en la resistencia de contacto en las uniones del sistema de medición.

CONCLUSIONES

Se han puesto de manifiesto los problemas más relevantes en la medición de bajos niveles de resistencia, los cuales tienen un impacto muy fuerte sobre la medición, así como en la incertidumbre de medición que se quiere lograr.