

Nuevo Sistema de Calibración de Medidores de Carga Eléctrica en el CEM

Manuel Cervantes⁽¹⁾ y Felix Raso ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro Español de Metrología (CEM). C/ Alfar, nº 2. 28760-Tres Cantos (Madrid)

⁽¹⁾ Teléfono: 918074819; mlcervantes@cem.es

RESUMEN: Se presenta en este escrito un nuevo sistema de medida de carga eléctrica desarrollado en el Centro Español de Metrología (CEM) para la calibración de medidores de carga eléctrica (electrómetros). Para ello se ha perfeccionado un método consistente en la aplicación de una corriente eléctrica conocida durante un tiempo bien determinado.

1. INTRODUCCIÓN

La medida de carga eléctrica tiene una gran importancia en el campo de la dosimetría de radiaciones ionizantes, tanto en aplicaciones de Radioterapia como en materia de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Además con la creciente implantación de vehículos con motores eléctricos son necesarios nuevos métodos de almacenamiento de energía eléctrica, y ello incluye no sólo nuevos tipos de baterías sino también condensadores de gran capacidad eléctrica.

Por otro lado en instrumentación electrónica, la mayoría de electrómetros y picoamperímetros incluyen una función de medida de carga eléctrica, o se pueden configurar para medir la carga utilizando una capacidad en un lazo externo.

Por todo lo expuesto anteriormente el CEM, en su compromiso de dar trazabilidad a los patrones nacionales, ha iniciado un proyecto interno para establecer un sistema de medida de carga eléctrica, dado que hasta ahora no existía en España un servicio de calibración para esta magnitud eléctrica.

Para ello se ha desarrollado un método que consiste en la aplicación de una corriente eléctrica conocida durante un tiempo bien determinado, aplicando la definición de intensidad de corriente en el SI:

$$Q = \int I \cdot dt$$

La principal ventaja de esta técnica es que puede ser aplicada a casi cualquier valor de carga, ya que la corriente y el tiempo pueden ser ajustados en un rango de valores muy amplio. Además, simula mejor el comportamiento de un dosímetro de radiación, que típicamente acumula carga a lo largo del tiempo.

2. DESCRIPCIÓN

Dos técnicas diferentes y complementarias han sido consideradas para este estudio: el método de carga de condensador y el método de tiempo-corriente.

Para el primer caso, el método de carga de condensador, si un condensador patrón de capacidad C se carga a una tensión conocida V , entonces por definición su carga eléctrica es:

$$Q = C \cdot V$$

Esta técnica permite medir con una gran exactitud dado que tanto los patrones de capacidad como los de tensión están entre los más exactos existentes en la Metrología Eléctrica. Pero su rango de utilización es bastante limitado dado que esta exactitud únicamente se consigue con condensadores patrón de valores en el rango de 1 pF a 1000 pF.

Aparte, existe una limitación en la tensión a aplicar a los condensadores patrón para evitar dañarlos, con lo que se reduce el rango de aplicación de este método a los valores más bajos de carga eléctrica para dosímetros de radiación ionizante o electrómetros con función de medida de carga eléctrica.

Asimismo, los condensadores suelen estar calibrados en AC, sin embargo, para esta aplicación se utilizan en DC. Muchos patrones han mostrado una diferencia AC-DC significativa y esto es una fuente de incertidumbre, al menos cuando se requiere la máxima exactitud.

Los patrones de capacidad, o en general de impedancia, se construyen de acuerdo a unas definiciones muy bien especificadas (tres terminales, o bien dos o cuatro pares de terminales) [1]. Se definen así para evitar errores debidos a impedancias parásitas en el cableado y en el aislamiento. De esta manera, los electrómetros, que tienen su entrada coaxial o triaxial, necesitan adaptadores para conectarlos a los condensadores.

Por lo tanto, este método de carga de condensador complementará el método de medida de tiempo-corriente y servirá para la comprobación y validación de resultados en los rangos de medida comunes a ambos métodos.

El segundo método o de tiempo-corriente se basa en la aplicación de una corriente conocida durante un intervalo de tiempo muy bien definido. En nuestro caso se ha generado la corriente aplicando tensión a una resistencia conocida R de alto valor y se le ha aplicado a un electrómetro (ver figura 1).

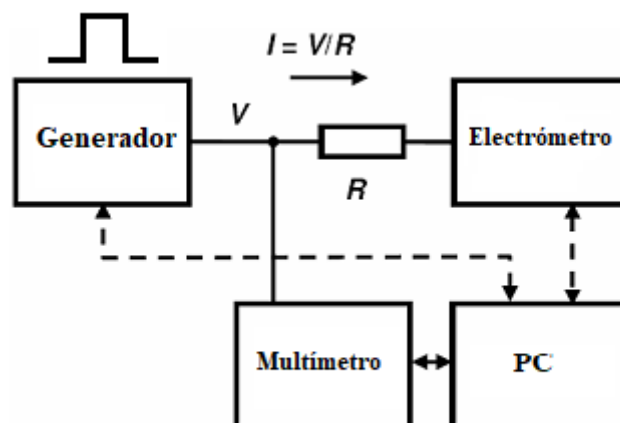
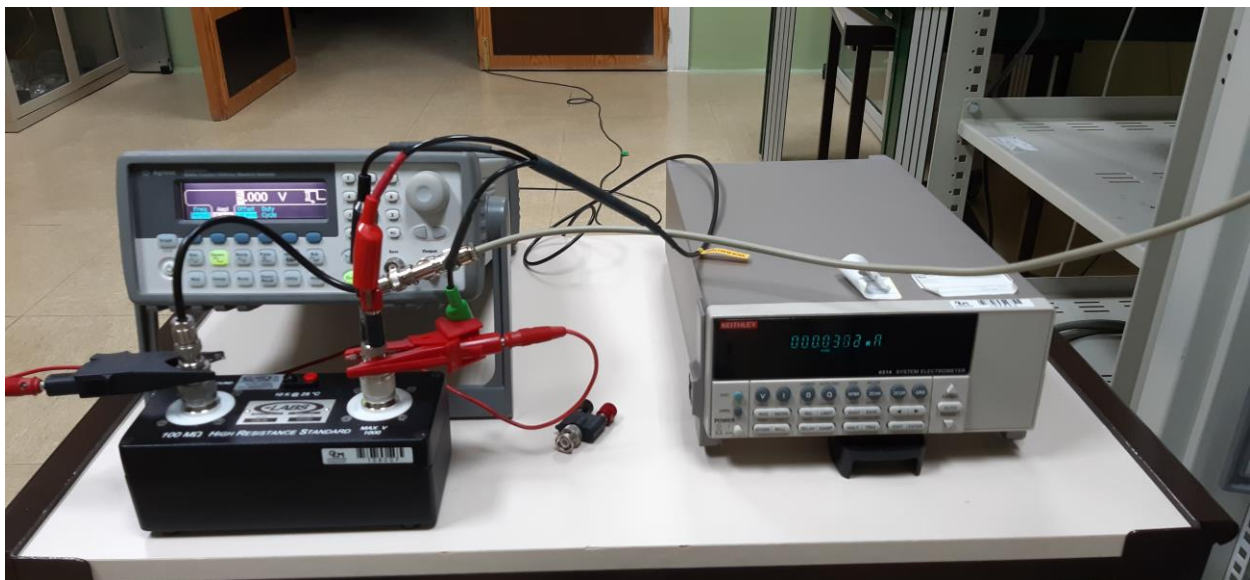


Figura 1. Esquema del sistema de medida.

Para asegurar una medida precisa del tiempo de aplicación de la corriente I usamos como fuente de tensión un generador de forma de onda arbitraria conectado a un patrón de frecuencia GPS, generando una onda cuadrada de amplitud V y duración t . Este conjunto es muy preciso como generador de intervalos de tiempo/frecuencia, pero no lo es tanto en el nivel de tensión que genera. Para solventar este inconveniente su salida es medida durante el ciclo de carga con un multímetro digital calibrado.

Alternativamente se puede utilizar una fuente de tensión para aplicar la corriente eléctrica I , y en este caso para la medida del tiempo de aplicación de la corriente se puede usar la capacidad de almacenamiento interna del electrómetro, si éste dispone de ella.



Con este sistema la carga resultante es:

$$q = It = \frac{V}{R}t$$

Para el caso de dosímetros de radiación ionizante y electrómetros este método está mejor adaptado al funcionamiento real del instrumento, que se basa en la acumulación de carga durante largos periodos de tiempo, en vez de una ráfaga de carga eléctrica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron numerosas medidas con el método de tiempo-corriente sobre un electrómetro marca Keithley modelo 6514, con número de serie 1043750, perteneciente al Laboratorio de Tensión Continua del CEM. Los resultados promediados de las distintas medidas se muestran en la tabla adjunta.

Carga	Valor aplicado	Valor medido	Error relativo	Incertidumbre
18,5 μC	18,430 0 μC	18,399 0 μC	-0,168 %	510 pC
9 μC	9,199 5 μC	9,185 5 μC	-0,152 %	130 pC
6 μC	6,122 57 μC	6,113 15 μC	-0,154 %	60 pC
3 μC	3,046 02 μC	3,041 60 μC	-0,145 %	110 pC
300 nC	303,345 nC	303,215 nC	-0,043 %	7,2 pC
200 nC	198,119 nC	197,497 nC	-0,314 %	21 pC
30 nC	30,542 nC	30,513 nC	-0,094 %	2,4 pC
20 nC	19,790 nC	19,750 nC	-0,202 %	4,5 pC

Tabla: Resultados del electrómetro Keithley 6514.

El error relativo se define como la diferencia entre el valor de la carga medida por el electrómetro y la carga calculada a partir de los valores de tensión, resistencia y tiempo, con respecto a este último valor.

Se comprueba que el error relativo en todas las medidas de los distintos valores de carga es muy constante dentro de las medidas de cada valor de carga, y además cumple las especificaciones del electrómetro.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos son consistentes con certificados emitidos por otros institutos nacionales metrológicos para el modelo de electrómetro utilizado.

Por ello el sistema descrito parece adecuado para la calibración de dosímetros de radiación ionizante y electrómetros.

Se va solicitar al BIPM acreditación en CMC's en el campo de medida de carga eléctrica (servicio que sólo tienen LNE, VSL y METAS).

5. REFERENCIAS

- [1] L. C. A. Henderson and J. Williams, *A guide to measuring resistance and impedance below 1 MHz*, National Physical Laboratory, 1999.

6. AGRADECIMIENTOS

A Cristina García Mulas del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) por su interés en solicitarnos la calibración de sus dosímetros y mostrarnos la necesidad de esta carencia metrológica en España, y así darnos la oportunidad de desarrollar este nuevo sistema de calibración en el CEM.