

Intercomparación de capacidad en alta tensión entre INTI y UTE. Resultados preliminares

Daniel Slomovitz¹, Marcelo Brehm¹, Daniel Izquierdo¹, Carlos Faverio¹, José Luis Casais²,
Marcelo Cazabat²

¹ UTE-Laboratory, Uruguay

² INTI, Argentina.

E-mail: dslomovitz@ute.com.uy; jcasais@inti.gob.ar

Resumen: En este trabajo presentamos resultados preliminares de un estudio de intercomparación de capacitancia en alto voltaje. El patrón viajero fue un condensador, aislado en SF6, 400 kV, 50 pF. Este condensador se calibró en cada laboratorio (INTI, UTE) contra capacitores patrones de baja tensión y también en alto voltaje contra otros condensadores patrones pertenecientes a cada uno de los laboratorios.

Abstract: In this work, we present preliminary results of an intercomparison of high voltage capacitance. The travel standard was a 400 kV, 50 pF capacitor, SF6-isolated. This capacitor was calibrated in each laboratory (INTI, UTE) against low-voltage standard capacitors, and also at high voltage against other standard capacitors belonging to each laboratory.

Keywords: Capacitor, high voltage, power frequency, calibration.

1. INTRODUCCIÓN

La medida de capacidad en alta tensión es de fundamental importancia para los sistemas eléctricos en redes de potencia. Los capacitores de alta tensión usados como patrones, actualmente se construyen a partir de un cilindro de fibra de vidrio con electrodos concéntricos cilíndricos, aislados con SF6 a alta presión. Si bien la trazabilidad está referida a capacitores patrones de baja tensión, es necesario verificar que sus valores permanezcan estables al usarlos en alta tensión. Por este motivo, y para respaldar la validación de estas mediciones, se realizan intercomparaciones entre Institutos Metrológicos Nacionales (NMI) [1]. En este trabajo se muestra

una intercomparación entre los NMIs de Argentina, INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) y de Uruguay, UTE (Usinas y Transmisiones Eléctricas). El patrón viajero, perteneciente a UTE, fue un capacitor marca Jiangsu Shenghua de 50 pF, 400 kV, que se muestra en la figura 1. Sus especificaciones son:

Tensión máxima: 400 kV
Capacidad nominal: 50 pF
Tangente delta: $< 1 \times 10^{-5}$
Descargas parciales: < 5 pC
Presión SF6: 0.45 Mpa
Temperatura: -5 °C a $+45$ °C
Máxima humedad relativa: 75%
Coeficiente de temperatura: $\leq +3 \times 10^{-5}/K$



Fig. 1. Capacitor patrón viajero

2. MÉTODO DE INTERCOMPARACIÓN

En primera instancia, cada laboratorio calibró el patrón viajero contra su sistema de medida de capacitores en baja tensión a 1 kHz. En UTE se usó el sistema de medida detallado en [2]. En INTI se usó un puente General Radio 1615-A [3].

En una segunda etapa se calibró el capacitor patrón viajero en alta tensión, en ambos laboratorios. En INTI se usó como capacitor patrón uno de 50 pF, 600 kV, aislado en SF₆, de construcción similar al viajero (MICAFIL) y un puente de Schering HB. En UTE se usó un capacitor patrón de 100 pF, 200 kV, aislado en SF₆, de construcción similar al viajero (TETTEX). Este capacitor patrón, siendo el de mayor tensión que se disponía en este laboratorio, limitó la máxima tensión de ensayo a ese valor. Sin embargo, durante las pruebas en el INTI se realizó una comparación entre el patrón viajero y el patrón del INTI entre 50 kV y 400 kV a los efectos de determinar dependencias de las capacidades con la tensión. No se encontraron diferencias significativas en todo ese rango. Si bien esto no descarta que exista la posibilidad de

una variación similar en ambos capacitores, se están desarrollando trabajos para estimar esta posible correlación.

El puente usado en UTE (Jiangsu Shenghua) está basado en un comparador inductivo de corrientes. La figura 2 muestra la disposición de los elementos de alta tensión en el laboratorio del INTI, y la figura 3, en UTE.



Fig. 2. Comparación en alta tensión entre el capacitor viajero y uno similar de 600 kV perteneciente a INTI.



Fig. 3. Comparación en alta tensión entre el capacitor viajero y uno similar de 200 kV perteneciente a UTE.

3. RESULTADOS

Los valores obtenidos a 1 kHz en baja tensión, en ambos laboratorios, se muestran en la figura 4. La gráfica azul corresponde al INTI, mientras que la roja, a UTE. Las fechas de medición fueron 10/03/2017 en INTI y 24/04/2017 en UTE. El valor del INTI fue 49.7112 pF, $D < 5 \times 10^{-6}$ a 30 V, con una incertidumbre expandida de 20 $\mu\text{F}/\text{F}$. El valor de UTE fue 49.7110 pF, a 8 V, con una incertidumbre expandida de 50 $\mu\text{F}/\text{F}$. Para los cálculos de incertidumbres se tuvieron en cuenta los factores tipo A y B; estos últimos considerando la variabilidad de las medidas.

La temperatura en el INTI fue de 21 °C y en UTE fue de 20 °C. Por esto, el valor mostrado de UTE está corregido a 21 °C, usando un coeficiente térmico de +31 $\mu\text{F}/\text{F}/\text{K}$. La diferencia entre los dos valores es de 4.4 $\mu\text{F}/\text{F}$, lo cual conduce a un error normalizado, calculado según (2), de 0.08. Este valor, mucho menor que 1, muestra una muy buena compatibilidad entre ambos laboratorios.

$$e_n = \frac{|C_{INTI} - C_{UTE}|}{\sqrt{U_{INTI}^2 + U_{UTE}^2}} \quad (2)$$

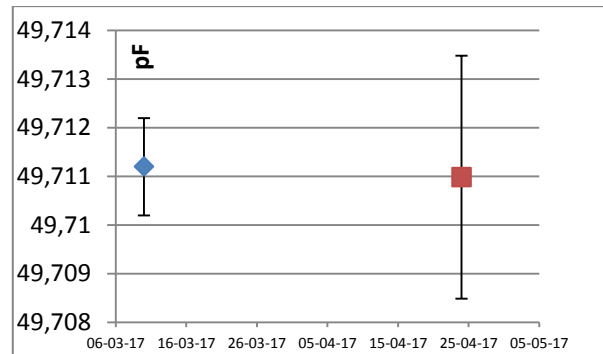


Fig. 4. Resultados de calibraciones a 1 kHz en baja tensión. Azul: INTI, Rojo: UTE.

Las calibraciones en alta tensión, a 50 Hz, dieron los siguientes resultados.

En INTI el valor fue 49.7106 pF, $D < 20 \times 10^{-6}$, a 400 kV, con una incertidumbre expandida de 100 $\mu\text{F}/\text{F}$. Este valor difiere en 12 $\mu\text{F}/\text{F}$ del valor determinado también por INTI a baja tensión, pero esta diferencia está ampliamente cubierta por las incertidumbres de ambas mediciones.

En UTE el valor fue 49.7096 pF, $D < 10 \times 10^{-6}$, a 200 kV, con una incertidumbre expandida de 100 $\mu\text{F}/\text{F}$. Este valor difiere en 28 $\mu\text{F}/\text{F}$ del valor determinado también por UTE a baja tensión. Esta diferencia está ampliamente cubierta por las incertidumbres de ambas mediciones.

La figura 5 muestra gráficamente los resultados en alta tensión obtenidos por cada uno de los laboratorios.

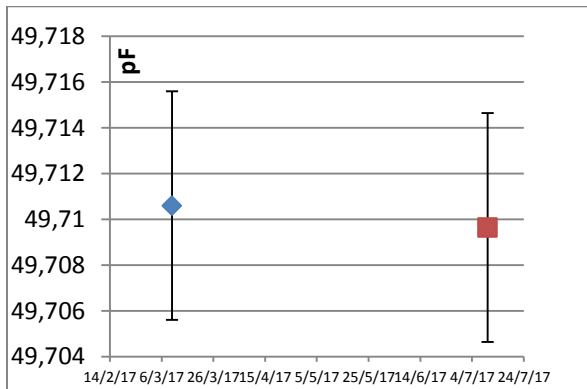


Fig. 5. Resultados de calibraciones a 50 Hz en alta tensión. Azul: INTI, Rojo: UTE.

El valor de UTE fue corregido a 21 °C según los coeficientes de temperatura determinados en el capacitor de referencia y en el capacitor viajero. La diferencia de los resultados en alta tensión entre INTI y UTE es de 19 $\mu\text{F}/\text{F}$, dando un error normalizado de 0.13. Este valor muestra que las mediciones de ambos laboratorios en capacitancia en alta tensión son compatibles.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de la intercomparación de capacidad muestran que ambos laboratorios poseen sistemas de medida compatibles, dentro de las incertidumbres declaradas. Los valores obtenidos en calibraciones de baja tensión a 1 kHz difieren en 4.4 $\mu\text{F}/\text{F}$, con un error normalizado de 0.08.

Las diferencias encontradas en alta tensión, respecto a los valores obtenidos en baja tensión, en cada uno de los laboratorios fueron de 12 $\mu\text{F}/\text{F}$ para el INTI y de 28 $\mu\text{F}/\text{F}$ para UTE. Estos valores están ampliamente cubiertos por las incertidumbres de cada medición.

Entre los valores obtenidos en ensayos en alta tensión, la diferencia entre ambos laboratorios fue de 19 $\mu\text{F}/\text{F}$ y el error normalizado de 0.13.

Esto muestra, también, la compatibilidad de las mediciones realizadas en alta tensión.

En INTI se realizaron mediciones de variación de las capacidades con la tensión con el objetivo de validar la comparación a distintos valores en ambos laboratorios. En futuros trabajos se presentará un método de estimación más preciso de la dependencia de la capacidad con la tensión.

5. REFERENCIAS

- [1] Schon K, Latzel H G, “Intercomparison measurements of capacitance and loss factor at high voltage,” EUR 11453 EN, pp. 37, 1988.
- [2] Slomovitz D, Faverio C, Izquierdo D y Trigo L, Un simple puente para medidas de capacidades usando el algoritmo de Swerlein, *Encuentro de Potencia, Instrumentación y Medidas, EPIM 08. Montevideo, Uruguay. – 2008*,
<https://ie.fing.edu.uy/publicaciones/2008/SFIT08/>
- [3] <http://www.ietlabs.com/pdf/Datasheets/1620.pdf>