



# SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE TRANSFORMADORES DE MEDIDA DE TENSIÓN

*José Luis Casais*<sup>1</sup>, *Ricardo I. García*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Buenos Aires, Argentina, jcasais@inti.gov.ar

<sup>2</sup> Retirado del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Buenos Aires, Argentina, garcia-levi@arnet.com.ar

## Abstract:

A calibration method for instrument voltage transformers, based in two different circuits is presented in this paper, starting with the known error values from a 5 kV standard voltage transformer.

This procedure allow us reach higher voltaje ranges, from 5 kV to 500 kV with low uncertainties.

**Key words:** standard instrument voltage transformer, inductive divider, lock-in amplifier, compensated current comparator.

## 1. INTRODUCCIÓN

La operación de redes eléctricas de alta tensión requiere de mediciones de los parámetros de operación de las mismas con exactitud cada vez más creciente. La correcta medición de energía eléctrica tiene gran importancia económica y aporta a que las transacciones comerciales sean más justas.

Es dentro de este marco donde los Institutos Nacionales de Metrología (INM), reciben requerimientos crecientes en la calibración de transformadores de medida, medidores eléctricos y recientemente de medidores de calidad de servicio. La publicación de la IEEE C57.13.6 del 2005 aplicable a transformadores de medida de alta exactitud muestra el aumento de los requerimientos de clase y por lo tanto del instrumental de referencia para su calibración.

El logro y mantenimiento de la trazabilidad a patrones internacionales, de la escala de tensión, en los laboratorios de alta tensión de los INM, muchas veces se hace difícil y costosa, debido a los costos del traslado de patrones viajeros de importantes pesos y volúmenes. Este trabajo trata de simplificar estos problemas partiendo la calibración de un patrón de dimensiones pequeñas y de 5 kV de errores calculables ó conocidos por intercomparaciones.

Para establecer las escalas de tensión, los laboratorios de alta tensión utilizan métodos directos o indirectos, los primeros basados en métodos diferenciales de comparación con transformadores patrones y los últimos los métodos basados en sistemas que utilizan divisores capacitivos, o bien métodos con divisores inductivos o comparadores de corriente.

## 2. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La propuesta es utilizar un sistema de calibración híbrido, en el cual se utiliza en un primer paso un circuito directo de calibración diferencial (Fig.1) que usa un

amplificador lock-in para obtener los errores de relación y de fase entre dos patrones de tensión, el de errores conocidos de 5 kV y otro a calibrar de mayor tensión, pero próxima, por ejemplo de 10 kV.

Se realiza la calibración del transformador de 10 kV en un punto, obteniendo los errores en este caso al 50 % de su tensión, ya que el patrón conocido es de 5 kV. Para adaptar las relaciones de transformación se coloca el divisor de tensión DIT en 0,5.

En un segundo paso, y ya conocidos los datos de error en el 50 % de la tensión, se coloca el transformador de 10 kV en otro circuito, de método indirecto con divisor de tensión capacitivo (Fig.2), en el cual se busca el equilibrio a la tensión de calibración del paso anterior, 5 kV, en la cual conocemos ya esos errores. El equilibrio se logra actuando sobre un divisor inductivo de tensión y sobre un divisor resistivo, ambos calibrados, y tomando este punto como referencia. Para obtener la curva de error para otros estados de tensión, se realiza un nuevo equilibrio a la nueva tensión, con ambos divisores, cuyas indicaciones respecto del equilibrio anterior, nos suman o restan al error del primer paso conocido. De esta manera se realiza la curva de error de este patrón para esa relación.

Una vez obtenida la calibración del transformador de 10 kV, se lo tomará como referencia para el siguiente escalón de tensión a calibrar, por ejemplo 20 kV, y se repite la operatoria sobre este transformador de mayor tensión. Como se observa, se va escalando a mayores tensiones utilizando como referencia al último patrón de tensión calibrado con el sistema.

## 3. CIRCUITOS A UTILIZAR

### 3.1. Paso 1: Calibración en forma diferencial con Lock-in amplifier.

En la figura 1 el transformador  $T_D$  tiene una relación 1:1 y cumple la función de separación galvánica y de evaluar la diferencia  $\Delta U$  entre el transformador a calibrar  $T_X$  y el transformador patrón  $T_P$ . La tensión de referencia para el Lock-in amplifier se obtiene de una salida  $U/100$  del divisor inductivo. La tensión secundaria se mide sobre el transformador  $T_X$  con el voltímetro  $V$ . El Lock-in amplifier mide la componente real  $\Delta U_{Re}$  y la componente imaginaria  $\Delta U_{Im}$  de la tensión diferencia  $\Delta U$  entre  $T_X$  y  $T_P$ . La tensión secundaria del  $T_P$  debe ser modificada por el divisor

inductivo DIT para ajustar las relaciones nominales a comparar.

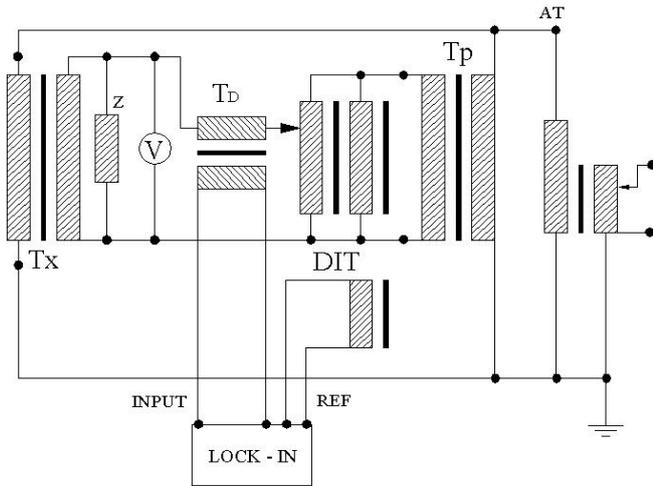


Fig. 1. Medición directa de errores en Tx mediante amplificador Lock-in Amplifier.

### 3.2. Paso 2: Calibración mediante capacitores de alta tensión.

Los capacitores patrones de alta tensión utilizados,  $C_1$  y  $C_2$  son de dieléctrico gaseoso y muy bajas pérdidas. Disponemos en el laboratorio de dos valores para el  $C_1$ , uno es 50 pF y 600 kV y el otro 100 pF y 300 kV, mientras que el utilizado en la rama de baja tensión  $C_2$  es de 10000 pF y 15 kV. Con las dos relaciones  $C_1/C_2$  y con las relaciones de  $N_1/N_2$  del comparador de corriente compensado CCC, se consiguen las condiciones necesarias para lograr el equilibrio en el circuito en el rango de 5 a 500 kV. La utilización de capacitores con dieléctrico gaseoso tiene la ventaja de mantener su valor de capacidad estable en el rango de temperatura de laboratorio.

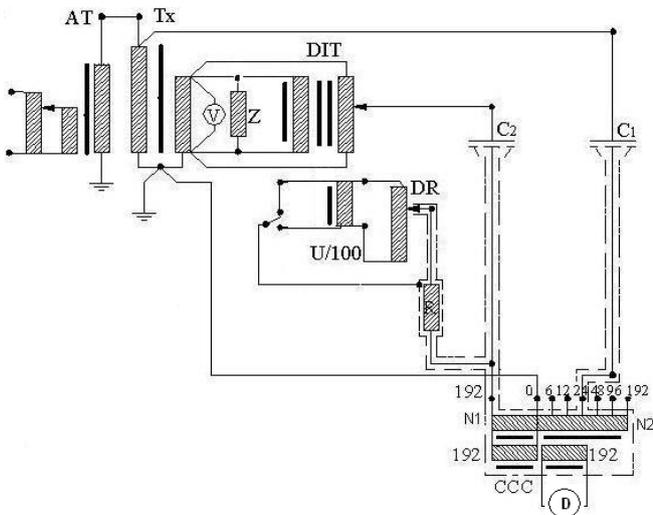


Fig. 2. Circuito de calibración con divisor capacitivo y CCC

De esta manera se independiza la medición de la variación por temperatura. El comparador de corriente es de doble núcleo, posee arrollamiento de compensación y el arrollamiento de detección es independiente. Además está blindado contra interferencias. El detector utilizado de alta ganancia posee un preamplificador de señal a la entrada.

Una de las ventajas de este circuito es que la relación  $C_1/C_2$  de los capacitores y la relación  $N_1/N_2$  del comparador de corriente no necesitan estar calibradas, ya que en este circuito el primer equilibrio se lo realiza para la tensión  $V$  a la que fue calibrado el Tx con el lock-in, punto donde ya conocemos los errores de relación y fase, y luego solo resta ver los desvíos de estos errores en los siguientes puntos de tensión de calibración, dados por los respectivos equilibrios del circuito con DIT y el DR. Estos desvíos están dados por las indicaciones de los diales del DIT y del DR indicados en ppm. Queda analizar la variación de la capacidad  $C_1$  con la tensión y la estimación de su incertidumbre, que será evaluada en otro trabajo.

### 3. CONCLUSION

Se plantea de esta manera la calibración de la escala de tensión de un laboratorio de alta tensión, realizando calibraciones paso a paso, de sus patrones con relaciones de transformación en forma creciente y partiendo de un patrón de 5 kV que puede ser calibrado internacionalmente y de dimensiones reducidas.

Se espera lograr con este sistema de medición una incertidumbre en el error de relación inferior a  $30 \mu\text{V/V}$ , en todo el rango de tensión de 5 a 500 kV.

### REFERENCIAS

- [1] R. I. Garcia, J. J. Quintana, "Transformador Patrón de Tensión de Errores Calculables", VIII SEMETRO, Joao Pessoa, PB, Brazil, June 17-19 2009.
- [2] K. Draxler, R. Styblikova, "Calibration of Instrument Voltage Transformers using Lock-in Amplifier", VI SEMETRO, Rio de Janeiro, Brazil, 21-23 September 2005.
- [3] IEEE C57.13, pp 41-46, 2008, Clasification and Recommended use of calibration methods for voltage transformers.