

# PUENTE DIFERENCIAL PARA LA CALIBRACIÓN DE TRANSFORMADORES DE MEDIDA DE TENSIÓN PATRONES EN ALTA TENSIÓN

Casais, José Luis ; Schweitzer, Diego Adrián  
INTI Física y Metrología  
[icasais@inti.gob.ar](mailto:icasais@inti.gob.ar); [diego@inti.gob.ar](mailto:diego@inti.gob.ar)

## OBJETIVO

Establecer un nuevo sistema de medición en el laboratorio de Alta Tensión del INTI, para la calibración de transformadores de medida de tensión, patrones de alta exactitud. De esta manera se pretende disminuir la incertidumbre de medición en la calibración de estos patrones de alta tensión.

## DESCRIPCIÓN

El mantenimiento de la trazabilidad a patrones internacionales, de las diferentes relaciones de transformación, en los transformadores patrones de referencia, requiere hoy en día de sistemas de medición de gran exactitud. La incertidumbre en la medición de errores en patrones de tensión, declarada por el INTI en el BIPM desde hace algunos años atrás, es de 30 ppm, tanto para el error de relación como para el error de fase. Se propuso entonces disminuir esta incertidumbre de medición y para ello se diseñó un nuevo sistema de puente comparador diferencial basado en la medición del vector tensión diferencia entre la tensión de salida de un transformador patrón sometido a calibración y la salida de tensión de un transformador de referencia por medio de un amplificador lock-in. Además el puente consta de dos divisores de tensión de alta exactitud para poder medir diferentes patrones con distintas relaciones de tensión. Se utiliza una placa de comunicación GPIB manejada a través de una aplicación escrita em LabVIEW

para el control de los instrumentos, la adquisición de los datos y su procesamiento. En la Figura 1 vemos el circuito propuesto para el puente. El transformador Tdif de relación 1:1 mide la diferencia vectorial de las tensiones secundarias del patrón de referencia y del patrón a calibrar. Este transformador fue construido con un núcleo toroidal nanocristalino de muy alta permeabilidad. La propagación del error introducido por este transformador en la señal diferencial es del orden de una parte en  $10^{-8}$  tanto en módulo como en fase.

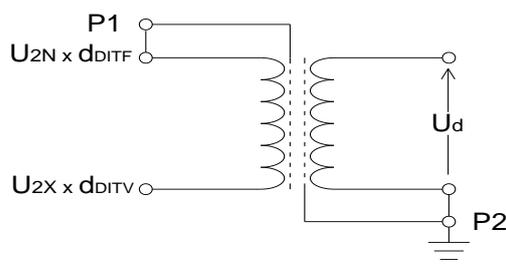
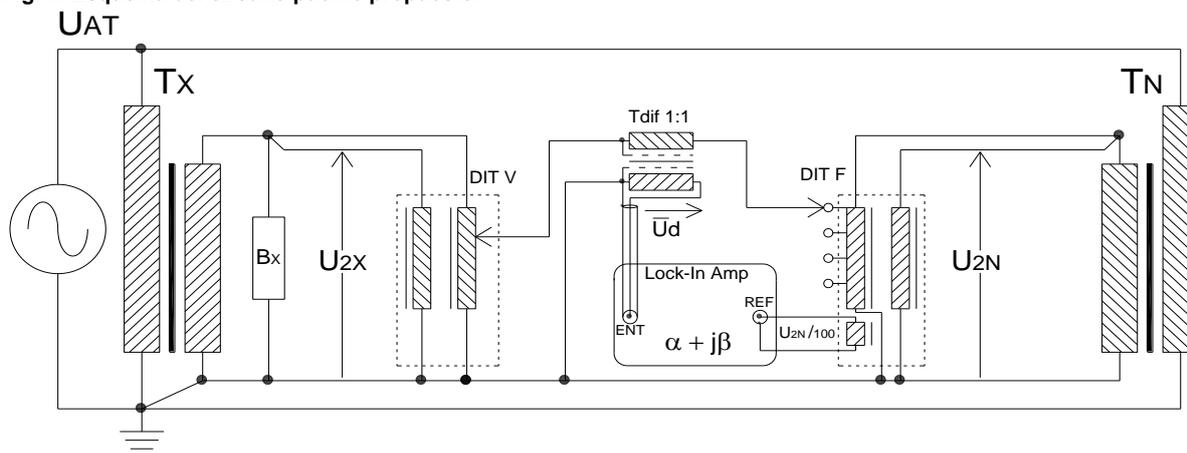


Fig.2: Esquema del transformador Tdif.

La impedancia de entrada del Tdif es de aproximadamente  $600 \Omega$  y cuenta con dos pantallas electrostáticas, que reducen el ruido de alta frecuencia, una conectada a la señal del lado primario y la otra conectada a tierra del lado secundario. Los divisores inductivos de tensión de alta exactitud DIT utilizados para la conexión de los secundarios

Fig. 1: Esquema del circuito puente propuesto.



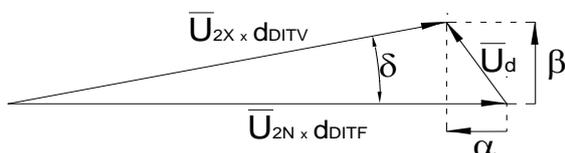
de los patrones, son de doble núcleo, con bobinado de excitación y bobinado de medición. La entrada del DIT V (variable) se conecta al secundario del transformador a calibrar y resuelve 10  $\mu\text{V/V}$  con variación de relación desde 1,11110 hasta 0,00001. La entrada del DIT F (fijo) se conecta al secundario del patrón de referencia y posee 4 relaciones fijas cuyos valores son: 1 - 0,75 - 0,5 - 0,25. La combinación de las relaciones de ambos divisores, permite poder calibrar transformadores en un amplio rango de relaciones mediante un mismo patrón de relación fija. La impedancia de entrada de los divisores cargan a los secundarios de los transformadores patrones con 20  $\text{k}\Omega$  ó 0,5 VA para una tensión secundaria de 100 V.

El vector de señal diferencial llega a la entrada del amplificador lock-in por medio de un cable coaxil conectado al secundario del transformador TIFF. Este instrumento mide las componentes en fase y cuadratura respecto a la tensión de referencia, que se toma de la salida  $U/100$  del divisor DIT F. De esta manera se garantiza la fase respecto a la tensión secundaria del transformador patrón de referencia. A su vez, ambas tensiones secundarias de los patrones son medidas por dos multímetros Fluke 8845A.

Tanto la medición del Lockin como la de ambos multímetros son registradas en una PC por medio de una placa de comunicación NI-GPIB BUS HS, estando todos los instrumentos conectados entre sí por medio de cables GPIB. El error de relación F y el error de fase  $\delta$ , se definen respecto a la tensión de entrada  $U_{2N}$  como:

$$F[\text{ppm}] = \frac{\alpha}{|U_{2N}| \cdot d_{DITF}} \cdot 1 \times 10^6$$

$$\delta[\mu\text{rad}] = \frac{\beta}{|U_{2N}| \cdot d_{DITF} + \alpha} \cdot 1 \times 10^6$$



Donde:

$\alpha$ : es la componente real del vector diferencia en fase con la tensión de referencia  $U_{2N}$ , medida con el lock-in.

$\beta$ : es la componente imaginaria del vector diferencia en cuadratura con la tensión de referencia  $U_{2N}$ , medida con el lock-in.

$U_{2N}$ : tensión rms medida con el multímetro digital FLUKE 8845 a la entrada del DIT fijo.

$U_{2x}$ : tensión rms medida con el multímetro digital FLUKE 8845 a la entrada del DIT V variable.

$d_{DITF}$ : factor de división de tensión al cual se configura el DIT F de relaciones fijas, dependiendo del cociente de relaciones de los transformadores a comparar.

$d_{DITV}$ : factor de división de tensión al cual se configura del DIT de relaciones variables, dependiendo del cociente de relaciones de los transformadores a comparar. El software de control desarrollado en LaVIEW permite procesar y mostrar los resultados en pantalla y realizar reportes o certificados de calibración.



Fig.3: Foto del puente

## RESULTADOS

El puente de medición desarrollado ha demostrado tener gran sensibilidad en la medición, del orden de  $1 \cdot 10^{-7} \text{V}$ . La incertidumbre de medición del mismo es menor a 10 ppm. De esta manera se consiguió obtener junto a los transformadores patrones de alta tensión con los que cuenta el laboratorio, un sistema de medición con mejor exactitud e incertidumbre. Este sistema será usado para la autocalibración de todos nuestros patrones de alta tensión, a partir de un transformador de referencia de errores calculables de 5 kV, generando así la escala de tensiones en alta tensión con trazabilidad internacional.