

Current Comparator for Standards Current Transformers Calibration

Diego A. Schweitzer ¹, José Luis Casais ²

^{1,2} Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Buenos Aires, Argentina

E-mail: ¹ jcasais@inti.gob.ar; ² diego@inti.gob.ar

Resumen: Se describe el desarrollo de un método para la calibración de transformadores de medida de corriente mediante la comparación directa con transformadores de referencia patrones utilizando un comparador de corriente de alta exactitud.

Palabras-claves: transformador de corriente patrón, comparador de corriente, amplificador lock-in, calibración, incertidumbre.

Abstract: The development of a calibration method for current transformers by direct comparison with reference standards transformers using a high accuracy current comparator is described.

Keywords: standard current transformer, current comparator, lock-in amplifier, calibration, uncertainty

1. INTRODUCCIÓN

Asegurar y mantener la trazabilidad metrológica internacional de los transformadores de corriente (TI) patrones de referencia, exige el continuo desarrollo de sistemas que logren mejorar la exactitud y disminuir la incertidumbre de medición en la calibración de estos patrones.

A continuación se describe la implementación de un nuevo puente comparador de corriente (CC) utilizado en el Laboratorio de Alta Tensión del INTI que permite alta exactitud en el contraste de TIs con patrones de igual relación, estable e insensible al medio ambiente.

2. DESCRIPCIÓN

El principio de funcionamiento se basa en comparar la corriente secundaria de un transformador patrón sometido a calibración con la corriente secundaria de un transformador de referencia, haciéndolas circular por un comparador de corriente que entrega una corriente cuyas componentes en fase y cuadratura son proporcionales al desvío en módulo y ángulo respectivamente de las corrientes comparadas.

En la figura 1 se muestra en detalle el circuito del puente comparador de corriente con los principales componentes involucrados.

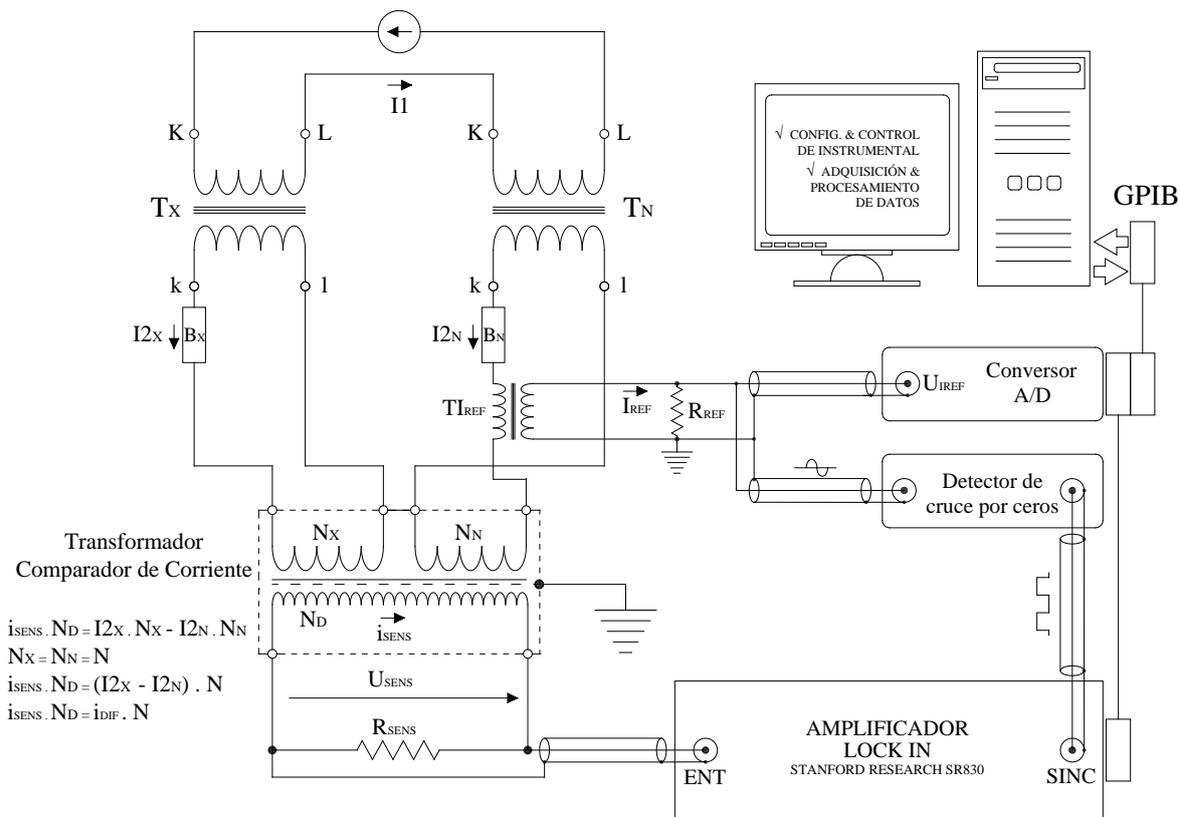


Figura 1. Esquema del puente comparador de corriente utilizado para la calibración de transformadores de medida.

Uno de los elementos más importantes que integra este sistema es el transformador comparador de corriente. Está realizado con un núcleo toroidal nano-cristalino de alta permeabilidad que lo dota de una elevada sensibilidad. Sobre él, primeramente, se bobinó un arrollamiento de 800 espiras (N_D) uniformemente distribuidas en una sola capa, cuya función es generar la corriente de detección i_{SENS} . Sobre este arrollamiento se colocó una pantalla electrostática de aislación y luego se bobinaron 2 arrollamientos primarios donde cada uno está compuesto por 4 grupos de 12 espiras (N_N , N_X) conectados en paralelo. Cada grupo se posiciona a un ángulo de 90° uno del otro sobre la circunferencia del toroide y ambos primarios están ubicados con un ángulo de 45° entre sí. El

transformador comparador de corriente es alojado dentro de un recinto de mu-metal para atenuar perturbaciones magnéticas externas (figura 2).

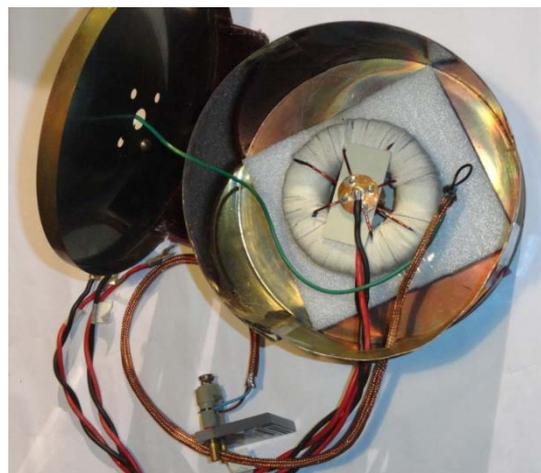


Figura 2. Transformador comparador de corriente

La corriente I_I se hace circular por los bobinados primarios del transformador a calibrar T_X y del transformador patrón de referencia T_N . Las corrientes secundarias (I_{2X} e I_{2N}) de ambos transformadores ingresan a cada uno de los bobinados primarios del comparador de corriente con un sentido tal que generen en su núcleo flujos magnéticos opuestos que se resten entre sí. El flujo magnético remanente, induce en el bobinado secundario de sentido una corriente i_{SENS} proporcional a la diferencia entre las corrientes I_{2X} e I_{2N} , ya que:

$$i_{SENS} \cdot N_D = I_{2X} \cdot N_X - I_{2N} \cdot N_N \quad (1)$$

Las componentes en fase y cuadratura de la corriente i_{SENS} con respecto a I_{2N} se determinan midiendo la tensión U_{SENS} sobre la resistencia R_{SENS} con un nanovoltímetro vectorial con enganche de fase o amplificador lock-in.

Para la determinación de los errores es necesario conocer el valor eficaz de la corriente I_{2N} , para ello se utiliza el transformador de corriente TI_{REF} , cuya corriente secundaria genera sobre R_{REF} , una tensión U_{IREF} que es medida por una placa adquisidora ADC para luego será convertida al valor de corriente por software. La forma de onda senoidal de U_{IREF} se utiliza para generar una onda cuadrada de amplitud constante (por medio de un detector de cero) que conserva la información de fase de I_{2N} y por lo tanto es útil para la correcta sincronización del amplificador lock-in para todo valor de I_{2N} .

3. CÁLCULO DE ERRORES

De acuerdo al diagrama fasorial de la figura 3, el error de relación F y el error de fase δ de un transformador de corriente bajo calibración, con respecto a la corriente del bobinado secundario I_{2N} del transformador patrón de referencia T_N , se define como:

$$F[\text{ppm}] = \frac{I_\alpha}{|I_{2N}|} \cdot 1 \times 10^6 \quad (2)$$

$$\delta[\mu\text{rad}] = \frac{I_\beta}{|I_{2N}| + I_\alpha} \cdot 1 \times 10^6 \quad (3)$$

Donde I_α e I_β son las componentes en fase y cuadratura respectivamente de la corriente diferencial i_{DIF} entre I_{2X} e I_{2N} .

$$I_\alpha = \frac{U_{SENS}^\alpha}{R_{SENS}} \cdot \frac{N_D}{N} \quad (4)$$

$$I_\beta = \frac{U_{SENS}^\beta}{R_{SENS}} \cdot \frac{N_D}{N} \quad (5)$$

Siendo:

$$N = N_X = N_N$$

$U_{SENS}^\alpha, U_{SENS}^\beta$: Las componentes en fase y cuadratura respectivamente de la tensión medida por el lock-in con respecto a su señal de sincronismo.

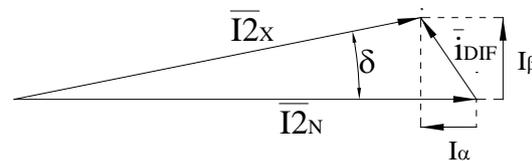


Figura 3. Diagrama fasorial para la determinación de los errores

4. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

El amplificador lock-in utilizado para la medición de U_{SENS} es de la marca STANFOR RESEARCH SYSTEMS, modelo SR830. La tensión U_{IREF} se mide utilizando una placa adquisidora NATIONAL INSTRUMENT modelo NI USB-6212. Ambos instrumentos están conectados por medio de una interface GPIB a una computadora en la cual se ejecuta una aplicación desarrollada en entorno LabVIEW que permite la configuración, control del instrumental, adquisición y procesamiento de los datos.

En la figura 4 se muestra las pruebas del puente en la autocalibración de un transformador patrón de corriente de relación 5/5 A.

[2] W.J.M. Moore, P.N. Miljanic, “The Current Comparator”, IEEE Electrical Measurement Series 4, 1988.



Figura 4. Autocalibración de un transformador patrón de corriente de relación 5/5 A, utilizando el puente desarrollado

5. CONCLUSIONES

Se ha implementado un sistema de medición para la calibración de transformadores de medida de corriente patrones con resolución de $0,1 \mu\text{A/A}$ e incertidumbre de medición menor a $10 \mu\text{A/A}$. Con este trabajo se ha ganado experiencia y conocimiento en resolver problemas asociados al desarrollo de métodos necesarios para lograr mediciones con baja incertidumbre. Representa un paso previo al desarrollo de un puente comparador de corriente de relaciones múltiples para la comparación de TIs con diferentes relaciones de transformación.

6. REFERENCIAS

[1] Erich Zinn, Reglamentos de Prueba del PTB, Tomo12, Physikalisch Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Alemania 1977.

8th Brazilian Congress on Metrology, Bento Gonçalves/RS, 2015