

Puente Comparador de Transformadores de Corriente de alta exactitud

Casais, José Luis
INTI Física y Metrología
jcasais@inti.gov.ar

Introducción

Se describe el desarrollo de un nuevo puente de medición para la determinación de errores de relación y de fase, con alta exactitud, en transformadores de medida de corriente.

Objetivo

Poder medir errores con alta exactitud y baja incertidumbre para lograr establecer la escala de corrientes desde 1 A hasta 10000 A mediante la calibración de transformadores patrones de corriente.

Descripción

El puente comparador de transformadores de corriente, cuyo circuito se muestra en la Figura 1, está basado en un comparador de corriente de doble núcleo toroidal, que tiene la particularidad de que el núcleo principal apantalla magnéticamente al núcleo y bobinado de detección [1] (Imagen 1). Éste realiza la medición diferencial de dos corrientes, la de referencia I_{2N} , suministrada por un transformador patrón y la del secundario del transformador a calibrar I_{2X} . El comparador posee 12 arrollamientos similares que pueden conectarse en paralelo serie permitiendo formar N_N y N_X con relaciones entre 1/1 a 1/11. La señal diferencial I_{dif} de corriente inducida en el bobinado de detección N_D es proporcional al error en relación y de fase respectivamente. El diagrama fasorial se muestra en la Figura 2. Se mide en fase y cuadratura mediante un amplificador lockin, lockeado a la corriente de referencia. La señal de tensión de entrada al lockin se obtiene de un resistor calibrado R_{SENS} de 1 kOhm por donde pasa la I_{dif} . Para la determinación de los errores es necesario medir el valor eficaz de la corriente de referencia I_{2N} , para ello se utiliza un transformador de corriente de alta exactitud T_{REF} , cuya corriente secundaria genera sobre R_{REF} de 30 ohm, una tensión U_{dif} que es medida por una placa adquisidora ADC National Instruments USB-6212, para luego ser convertida al valor de corriente por software. La tensión U_{dif} también se utiliza para la sincronización del amplificador lock-in. Puede seleccionarse la corriente secundaria de referencia en 1 ó 5 A.

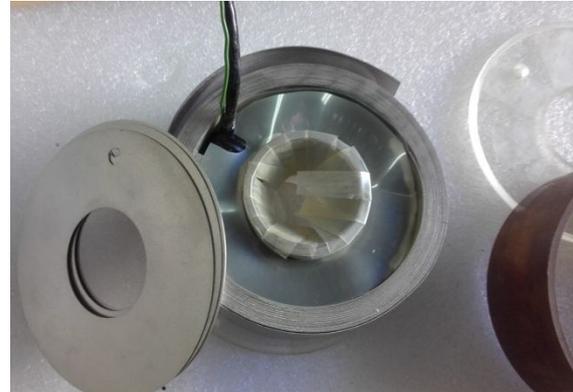


Imagen 1: núcleo principal del comparador de corriente, en su interior el núcleo y bobinado de detección.

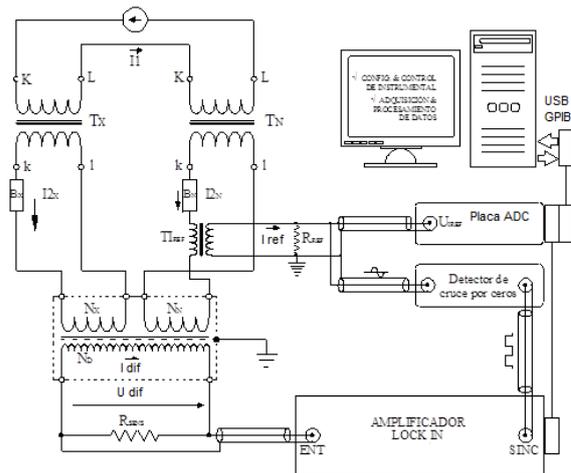


Figura 1: circuito del puente de transformadores de corriente

$$I_{dif} \cdot N_D = I_{2X} \cdot N_X - I_{2N} \cdot N_N$$

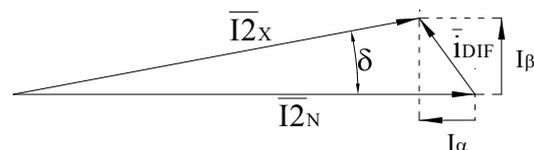


Figura 2: ecuación del modelo dada por el CC y diagrama fasorial de las corrientes secundarias.

Del diagrama fasorial vemos que los errores de relación F y fase δ quedan definidos por:

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

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

Donde:

$$I_\alpha = \frac{U_{dif}^\alpha}{R_{sens}} \cdot \frac{N_D}{N_N} \quad I_\beta = \frac{U_{dif}^\beta}{R_{sens}} \cdot \frac{N_D}{N_N}$$

$U_{\alpha dif}$ y $U_{\beta dif}$ son las componentes en fase y cuadratura respectivamente de la tensión medida por el lock-in con respecto a su señal de sincronismo. El amplificador lock-in utilizado para la medición de U_{dif} es un STANFORD RESEARCH SYSTEMS, modelo SR830 que junto a placa adquisidora ADC NI están conectados por medio de una interface USB-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.

Resultados

El puente fue caracterizado de dos maneras. La primera mediante la inyección de errores de corriente, utilizando un circuito con el uso de un calibrador de potencia Fluke 6100. La segunda, con una medición de autocalibración de error en la relación 5/5 A de un transformador calibrado en el PTB de Alemania, dando los siguientes resultados:

% I_N [A]	Medición INTI		Medición PTB	
	F [ppm]	d [μrad]	F [ppm]	d [μrad]
120	1	9	5	5
100	1	9	6	5
50	3	10	8	6
20	5	11	11	7
5	8	13	17	9

Tabla: autocalibración de un transformador trazable al PTB

Las mediciones fueron realizadas en 48 y 52 Hz y luego promediadas, La incertidumbre de medición con el nuevo puente de INTI fue de 15 ppm y mientras que la calibración del mismo transformador en el PTB fué de 5 ppm, siendo los resultados muy satisfactorios.

Imagen del puente de



transformadores de corriente desarrollado.

Conclusiones

Se ha implementado un nuevo sistema de medición basado en un puente de alterna con comparador de corriente, para la calibración de transformadores de medida de corriente referencia, con resolución de 0,1 $\mu\text{A/A}$ e incertidumbre de medición menor a 10 $\mu\text{A/A}$. Con este trabajo de desarrollo se ha ganado experiencia y conocimiento para lograr mediciones de errores en patrones de corriente con baja incertidumbre. De esta manera se pudo calibrar y realizar la escala de corriente desde 5/5 hasta 5/10000 A

Bibliografía

- [1] W.J.M. Moore, P.N. Miljanic, "The Current Comparator", IEEE Electrical Measurement Series 4, 1988.
- [2] Erich Zinn, Reglamentos de Prueba del PTB, Tomo12, Physikalisch Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Alemania 1977.