

Mejora en la calibración de IVDs en el INTI

Improvement on the calibration of IVDs in INTI

Marcelo Horacio Cazabat

INTI, Buenos Aires, Argentina

E-mail: cazamar@inti.gob.ar

Resumen: La comparación de patrones de impedancia a través de divisores inductivos de tensión requieren del conocimiento de los desvíos de sus salidas que permitan la transferencia de las magnitudes dentro de las incertidumbres usuales en comparaciones internacionales. Este trabajo muestra el avance en la calibración de un IVD de salidas fijas a 1 kHz originalmente realizado con un método step-up que mide simultáneamente relaciones y capacitores patrones realizándose actualmente con transformador auxiliar e inyección de tensiones diferenciales obteniendo todos los desvíos en fase y cuadratura con incertidumbres de $1E-08$ de la tensión de entrada.

Palabras-clave: Autocalibración de IVDs , patrones de impedancia, método step-up, inyección de tensiones diferenciales.

Abstract: Impedance standards comparison using IVDs requires to know their output deviations to allow the transfer of the magnitudes within usual uncertainties for international comparisons. This paper shows the improvement to calibrate a tapped IVD to 1 kHz that was originally carried out through a step-up method to measure ratios and standard capacitors simultaneously. Currently, it is calibrated using a differential voltages injection method with auxiliary transformer getting so all in-phase and quadrature deviations with uncertainties of $1E-08$ of the input voltage.

Keywords: IVDs self-calibration, impedance standards, step-up method, differential voltages injection.

1. INTRODUCCIÓN

Pese a los resultados aceptables obtenidos en la calibración de divisores inductivos por el método de step-up descrito en un trabajo anterior^[1], el cual se vale de patrones de capacidad para la calibración simultánea de éstos y las relaciones de tensión de IVDs de salidas fijas, dichas relaciones están limitadas a la combinación

posible de los capacitores con que cuenta el laboratorio.

Con la finalidad de medir los desvíos de fase y cuadratura de cada una de las salidas de divisores inductivos con 10 , 11 ó 12 etapas fijas y mejorar sus incertidumbres, se adaptó un método de autocalibración^[2] construyéndose para este fin un transformador de doble núcleo con relaciones 1:10, 1:11 y 1:12.

El transformador auxiliar T_A (figura 3) es del tipo doble núcleo de alta permeabilidad. Su diseño se adaptó para la medición del divisor principal del puente de capacidad (11 y 12 etapas) y divisores de 10 etapas.

El bobinado primario de magnetización se construyó con 200 vueltas a lo largo de los 360° del toroide uniformemente distribuidas más 20 vueltas adicionales de 0° a 360° y otras 20 vueltas más bobinadas como las anteriores.

El bobinado primario de exactitud se realizó con 20 vueltas de una torzada de 12 alambres de cobre alrededor de la circunferencia completa de dos núcleos superpuestos, para obtener entradas de 200, 220 y 240 vueltas (figura 3).

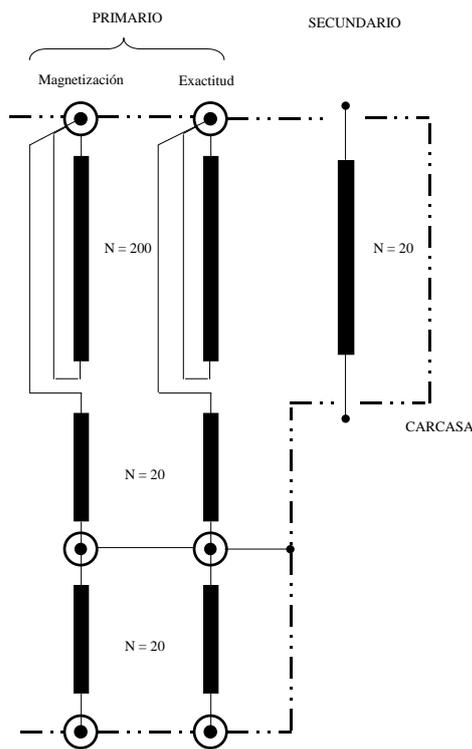


Figura 3. Esquema de bobinados de T_A .

El bobinado secundario abraza los dos núcleos, con 20 vueltas de cable triaxial para posibilitar un blindaje simple o doble según se conecte la tierra

a la salida o al borne de baja tensión del divisor (figura 4).

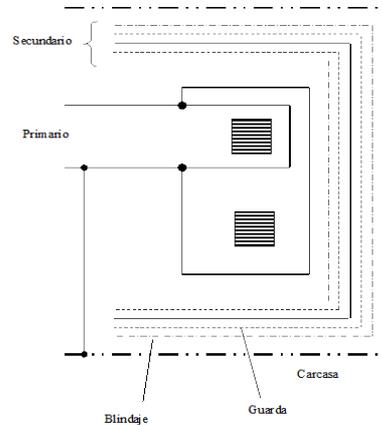


Figura 4. Esquema de blindajes de T_A .

3. MODELOS MATEMÁTICOS

Las relaciones de tensiones diferenciales de inyección en fase y cuadratura respecto de la tensión de entrada U_E vienen dadas respectivamente por:

$$\alpha = \frac{1}{s.r} \left[\frac{(dc - 0,5)R_1^2 + (dr - 0,5) \left(\frac{1}{\omega C} \right)^2 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)}{\left(\frac{1}{\omega C} \right)^2 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)^2 + R_1^2} \right]$$

$$\beta = \frac{1}{s.r} \left[\frac{\frac{R_1}{\omega C} \left[(dc - 0,5) \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) - (dr - 0,5) \right]}{\left(\frac{1}{\omega C} \right)^2 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)^2 + R_1^2} \right]$$

El vector que representa el desvío de la salida n es:

$$\vec{k}_n = \sum_{i=1}^n (\alpha_i + j\beta_i) - \frac{n}{n_i} \sum_{i=1}^{n_i} (\alpha_i + j\beta_i)$$

$$k'_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{n}{n_i} \sum_{i=1}^{n_i} \alpha_i \quad \text{desvío en fase}$$

$$k''_n = \sum_{i=1}^n \beta_i - \frac{n}{n_i} \sum_{i=1}^{n_i} \beta_i \quad \text{desvío en cuadratura}$$

Las varianzas de los desvíos para la salida n son:

$$S^2 k_n' = \left(1 - \frac{n}{n_t}\right)^2 \left[\sum_{i=1}^n S^2 \alpha_i \right] + \left(\frac{n}{n_t}\right)^2 \left[\sum_{i=n+1}^{n_t} S^2 \alpha_i \right]$$

$$S^2 k_n'' = \left(1 - \frac{n}{n_t}\right)^2 \left[\sum_{i=1}^n S^2 \beta_i \right] + \left(\frac{n}{n_t}\right)^2 \left[\sum_{i=n+1}^{n_t} S^2 \beta_i \right]$$

4. RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados hallados y sus incertidumbres combinadas con ambos métodos para las relaciones 1/11 y 10/11.

Tabla 1.

Relación	Método Step-up		Método autocalibración		
	k' 10 ⁻⁸	Uk' 10 ⁻⁸	k' 10 ⁻⁸	k'' 10 ⁻⁸	Uk'=Uk'' 10 ⁻⁸
1/11	3	<5	-0,1	0,6	1,0
10/11	-1		-0,1	0,5	

En la tabla 2 se incluyen los resultados y la incertidumbre combinada para todas las salidas utilizando el método con transformador auxiliar.

Tabla 2.

Método autocalibración			
Relación	k' (10 ⁻⁸)	k'' (10 ⁻⁸)	U _k =U _{k'} ·(10 ⁻⁸)
1/11	-0,1	0,6	1,0
2/11	-0,2	1,0	
3/11	-0,2	1,3	
4/11	-0,2	1,5	
5/11	-0,3	1,6	
6/11	-0,2	1,5	
7/11	-0,2	1,4	
8/11	-0,2	1,2	
9/11	-0,1	0,8	
10/11	-0,1	0,5	

La contribución que aporta, con esta calibración, la relación 10:1 en el balance de incertidumbres para la determinación de la capacidad es menor a 5.10⁻⁸ de la incertidumbre combinada.

5. CONCLUSIONES

Se han podido reducir considerablemente las incertidumbres de calibración de un IVD de salidas fijas y logrado la determinación de los desvíos de fase y cuadratura de todas las salidas en la frecuencia de 1 kHz habiendo coherencia en los resultados alcanzados por ambos métodos.

Básicamente fue necesario sólo la construcción de un transformador auxiliar para alcanzar el objetivo.

Este trabajo asegura los alcances dados en las CMCs para la medición de patrones de capacidad.

6. REFERENCIAS

- [1] Cazabat M. H., García R. "Nuevo método para comparar capacitores y establecer una escala de capacidad en el INTI" 1996 *Anais II Semetro Curitiba* (Brasil) pags. 334-340.
- [2] Sze W. "An injection method for self-calibration of inductive voltage dividers" 1968 *Journal of Research of the NBS – C. Engineering and Instrumentation Vol 72C N°1*.
- [3] Ramm G. und Bachmair H. "Induktive Spannungsteiler - Grunglengen, Kalibrierung, Anwendungen" November 1987 *PTB-Bericht E-31* , ISSN 0341-6674 ISBN 3-88314-730-3 Braunschweig.