

Autocalibración de divisores inductivos de tensión en el INTI

Cazabat, Marcelo.⁽¹⁾

⁽¹⁾INTI-Física y Metrología

Introducción

La medición de patrones de capacidad a través de divisores inductivos de tensión requieren del conocimiento de los desvíos de fase y cuadratura de sus salidas con incertidumbres que permitan la transferencia de valores de capacidad dentro de las incertidumbres usuales en comparaciones internacionales.

Pese a los resultados aceptables obtenidos en la calibración de divisores inductivos por el método de step-up descrito en un trabajo anterior [3], el cual se vale de patrones de capacidad para la calibración simultánea de éstos y las relaciones de tensión de IVD's 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 cada una de las salidas de divisores inductivos con 10, 11 ó 12 etapas fijas, se adaptó un método de autocalibración construyéndose un transformador de doble núcleo con relaciones 1:10, 1:11 y 1:12 para lograr las tensiones aproximadas que se obtienen entre cada una de las salidas consecutivas.

Se toman, para este trabajo, un total de 11 etapas sobre el divisor que forma parte del puente de relación de capacidad en el INTI.

Metodología / Descripción Experimental

Se obtienen sucesivos equilibrios para cada etapa inyectando pequeñas tensiones en fase y cuadratura que se suman a la tensión que el transformador auxiliar Ta opone y que se construye de tal manera que resulte su salida de un valor muy aproximado a la diferencia de potencial en cada etapa del divisor a calibrar.

Para el cálculo de los errores en fase y cuadratura es menester obtener la totalidad de los pares de valores de los divisores de inyección DR y DC correspondientes a todas las etapas.

Nomenclatura:

Dx: divisor incógnita.
Td: transformador de detector

Ta: transformador auxiliar
Tdi: transformador de divisores de inyección.
Dg: divisor de guarda .
DR: divisor de inyección de tensión diferencial en fase
Ts: transformador separador
DC: divisor de inyección de tensión diferencial en cuadratura
T: transformador de inyección de tensiones diferenciales.
S: relación de tensión de Tdi
r: relación de tensión de Tdi
R1, R2, C: impedancias para inyección de tensión diferencial.
UE: tensión diferencial total
UA: tensión de transformador auxiliar.

Modelos matemáticos:

Las relaciones de tensiones diferenciales de inyección respecto de la tensión de entrada UE vienen dadas por:

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

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

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

$$\bar{kn} = \sum_{i=1}^n (\alpha_i + j\beta_i) - \frac{n}{n_i} \sum_{i=1}^{n_i} (\alpha_i + j\beta_i) \quad (3)$$

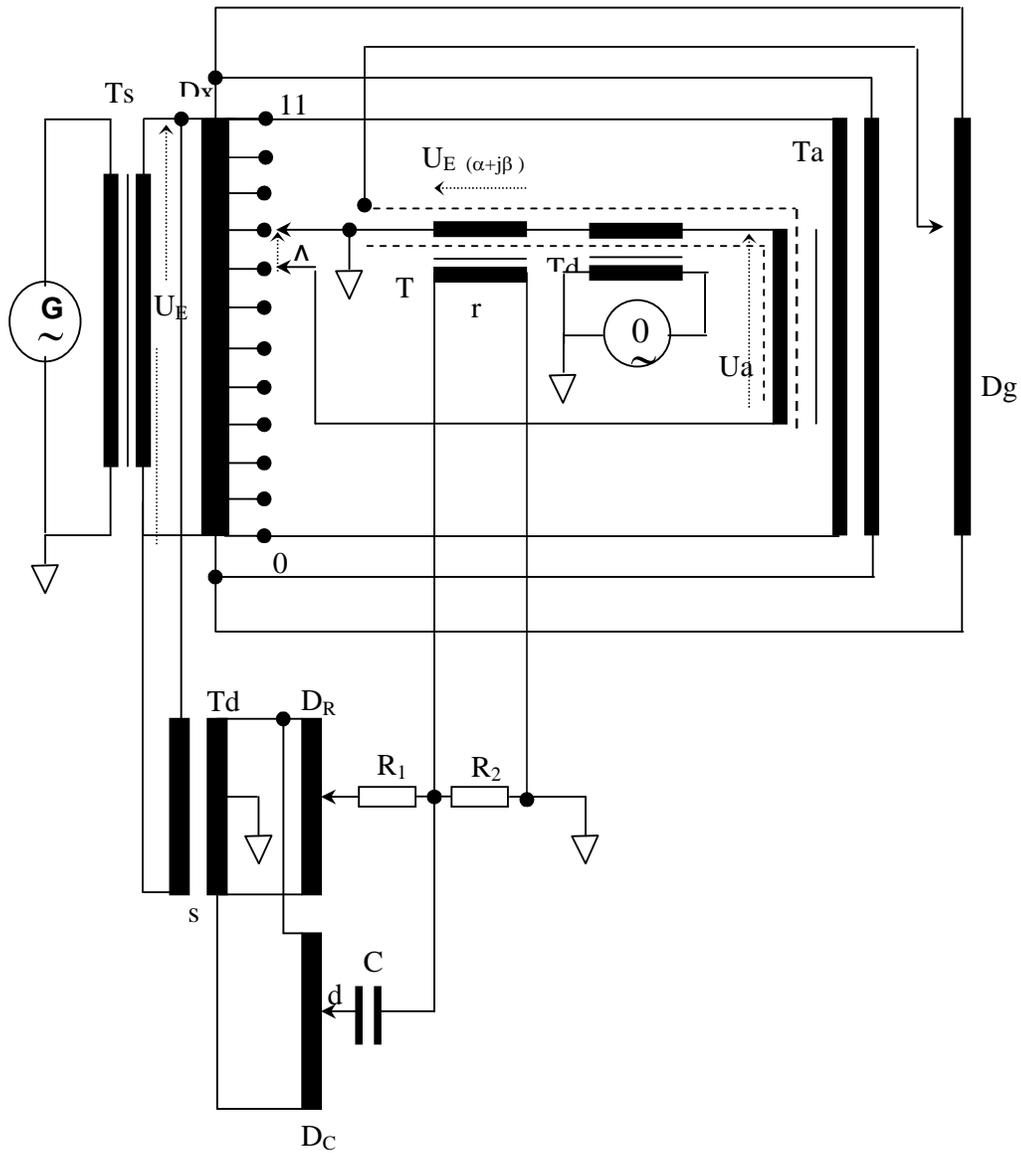


Fig 1: Circuito utilizado

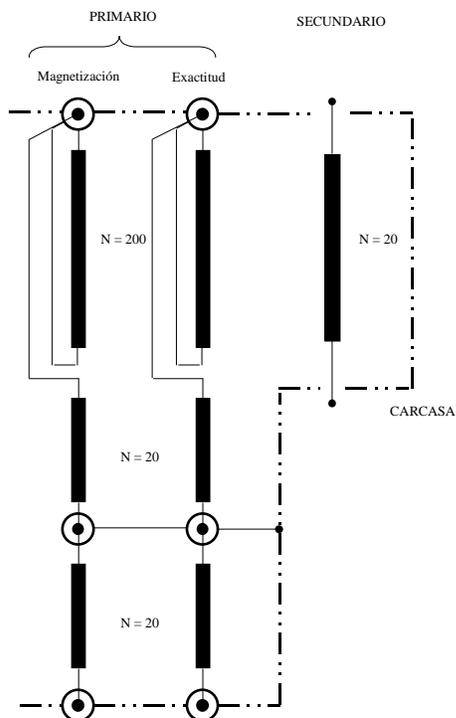


Fig. 2 : Esquema de bobinados del transformador auxiliar Ta

Resultados

En la tabla I se observan los valores obtenidos de los desvíos en fase y cuadratura para cada una de las salidas del divisor de 11 etapas.

Tabla I.

Salida	Desvío en fase (k_n')	Desvío en cuadratura (k_n'')
0 - 1	2,7E-09	-1,1E-09
0 - 2	2,1E-09	-1,5E-09
0 - 3	1,6E-09	-1,7E-09
0 - 4	1,5E-09	-1,8E-09
0 - 5	9E-10	-2,1E-09
0 - 6	3E-10	-2,2E-09
0 - 7	-2E-10	-2,2E-09
0 - 8	-7E-10	-1,9E-09
0 - 9	-1,2E-09	-1,4E-09
0 - 10	-1,7E-09	-7E-10
0 - 11	0	0

Las incertidumbres combinadas (1σ) halladas para cada desvío (fase y cuadratura) resultan:

$$Uk_n' \square Uk_n'' < 1 \times 10^{-08}$$

Los valores hallados de las componentes en fase para este divisor con el método step-up para las combinaciones posibles de capacidad disponibles fueron:

Salidas

0 - 1 : 3E-08

0 - 11: 0

Uk_n' por método step-up $< 5E-08$ (1σ)

Conclusiones

Se han podido reducir considerablemente las incertidumbres respecto del anterior método habiendo coherencia entre éstas y resultados de ambos métodos y se logró la calibración completa del divisor para la frecuencia utilizada de 1 kHz.

Esto permitirá mejorar las incertidumbres de las mediciones de capacidad con vistas a futuras comparaciones internacionales.

Se agradece el aporte del Ing. Ricardo García quien colaboró en la revisión del trabajo.

Referencias

- [1] Günther Ramm und Hans Bachmair (Hrsg.), "Induktive Spannungsteiler" Grunlengen, Kalibrierung, Anwendungen. Vorträge des 75, PTB-Seminars. Braunschweig, November 1987.
- [2] Wilbur C. Sze, "An injection method for self-calibration of inductive voltage dividers" NBS, Washington DC 20234, November 14, 1967.
- [3] Marcelo Cazabat, Ricardo García, Depto Física y Metrología INTI, "Nuevo método para comparar capacitores y establecer una escala de capacidad en el INTI", II Semetro, Curitiba Brasil, 1996.

Para mayor información contactarse con:
Marcelo Horacio Cazabat - cazamar@inti.gov.ar