

Medición de corrientes de soldadura con bobinas Rogowski

Medina, Oscar Alberto⁽¹⁾; García, Ricardo⁽¹⁾.

⁽¹⁾INTI-Física y Metrología.

Introducción

Una bobina de Rogowski es una bobina uniformemente arrollada en un núcleo de material no magnético de sección transversal constante, el cual se halla en forma de lazo cerrado. Se lo utiliza fundamentalmente para la medición de corrientes. La forma más simple es la de un toroide circular el cual puede ser totalmente cerrado y rígido, o puede ser abierto, flexible y así poder cerrarse sobre sí mismo para poder ser montado alrededor de un conductor por el cual circula la corriente a medir.

Antiguamente, las bobinas Rogowski se utilizaban para mediciones de altas corrientes de 50 Hz o bien grandes pulsos de corrientes de corta duración. Actualmente miden corrientes de valores normales (> 5 A).

Los transductores del tipo Rogowski proveen una tensión de salida que es proporcional a la corriente medida. La tensión sigue exactamente a la corriente como cambia, por lo cual, se puede reproducir la forma de onda de la misma en un osciloscopio o en cualquier tipo de memoria o visualizador de datos. También se puede conectar la salida del transductor a un voltímetro digital (DVM) para dar una lectura en valor eficaz de la corriente medida.

El objetivo de este trabajo es el diseño y construcción de bobinas Rogowski para la medición de grandes corrientes de 50 Hz como las presentes en soldaduras o en cortocircuito de generadores sincrónicos de potencia.

Varias firmas automotrices de 1^o línea existentes en el país, poseen en su línea de montaje equipos robots con brazo de soldadura de punto para la unión de las distintas partes metálicas de un automóvil. Las corrientes presentes para la soldadura efectiva de los metales es de varias decenas de kA y los sensores de corriente que controlan dichos equipos deben verificarse periódicamente para el correcto funcionamiento del brazo. Por la magnitud de la corriente a medir, los dispositivos tradicionales (p.e. shunt o transformadores de corriente) ofrecen ciertas dificultades. Por ello, en la calibración de estos sensores se usan bobinas Rogowski.

Para la realización de este trabajo se tuvo en cuenta la norma IEC 60044-8^[1] (Instrument Transformer – Electronic Current Transformer) de reciente edición.

Metodología / Descripción Experimental

El principio de la bobina de Rogowski se lo conoce desde 1912^[2]. Si una bobina uniforme es arrollada en un núcleo de material no magnético de sección transversal constante y en forma de lazo cerrado, luego la tensión inducida en la bobina (e) es directamente proporcional a la razón de cambio de la corriente I que pasa a través del lazo (ver Fig. 1). El lazo no necesita ser circular. Para reproducir la forma de onda de corriente como una señal de medición, todo lo que se requiere es una integración lo mas exacta posible de la tensión que se induce en la bobina ($e = M \cdot dI/dt$).

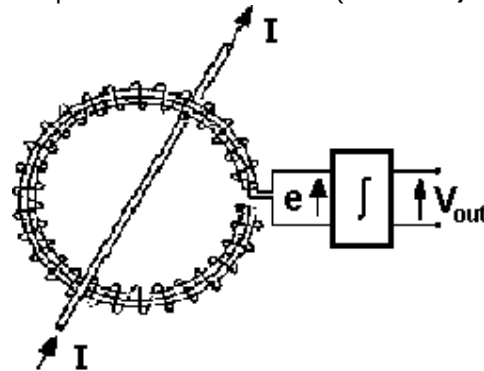


Fig. 1: Esquema básico de una bobina Rogowski.

La tensión de salida del integrador V_{out} se la calcula:

$$V_{out} = \frac{1}{T_i} \int e \cdot dt = \frac{1}{T_i} \int M \cdot \frac{dI}{dt} \cdot dt = \frac{M}{T_i} \cdot I \quad (1)$$

El cociente M/T_i es la sensibilidad R_{sh} del transductor Rogowski, donde M es la inductancia mutua entre el conductor y la bobina y T_i es la constante de tiempo del integrador. Reemplazando, la ec. (1) se reduce a:

$$V_{out} = R_{sh} I \quad (2)$$

La sensibilidad (R_{sh}), es expresada en mV/A.

Para el logro del objetivo propuesto, se construyó la bobina Rogowski con integrador pasivo del tipo RC y luego se la caracterizó, o sea que se determinó en forma experimental sus parámetros fundamentales como ser sensibilidad, ángulo de fase a 50 Hz, linealidad, respuesta en frecuencia, etc.

El núcleo de la bobina Rogowski se construyó de mármol. Para el diseño y análisis de la respuesta se tuvo en cuenta el modelo circuital de la Fig. 2:

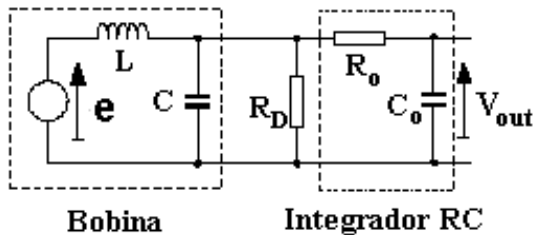


Fig. 2: Modelo circuital de un transductor Rogowski completo.

Los parámetros de diseño de la bobina construida se puede apreciar en la Tabla 1:

Tabla I. Principales parámetros de la bobina BF.

Ancho	4,4 cm	Ind. mutua	25,8 μ H
Espesor	3,4 cm	Sensibilidad	0,12 mV/A
$D_{m\acute{a}x}$	18,8 cm	Ind. propia	150 mH
$D_{m\acute{i}n}$	9,2 cm	Cte. de Integ.	214,2 ms
Espiras/m	13264	Límite inf. f_L	0,75 Hz
Nº de espiras	5834	Límite sup. f_H	11,8 kHz
Sección	15 cm ²	δ_{50}	0,8º

Para la determinación de la sensibilidad, linealidad y la medición experimental del error de ángulo de la bobina Rogowski se utilizaron:

—Una fuente de corriente de corriente alterna de 12.000 Arms el cual alimenta una barra de 20 x 4 cm de sección.

—Un transformador de corriente patrón marca Hartman & Braun de bajo error (50 ppm).

—Un resistor para C.A. de muy bajo valor (0,1 Ω) y de alta estabilidad térmica.

—Dos voltímetros digitales de clase 0,1.

Con la fuente de corriente alterna de 12.000 Arms se hizo circular una corriente por la barra de 20 x 4 cm de sección, la cual fue medida por el transformador de corriente patrón y por la bobina Rogowski. A la salida del transformador de corriente patrón se conectó el resistor de 0,1 Ω y se midió la caída de tensión en dicho resistor con un voltímetro digital, la cual se lo comparó con la tensión que entrega el transductor de Rogowski. La caída de tensión medida en el resistor guarda directa relación con la corriente que está circulando por

la barra que además es la misma corriente que está midiendo la bobina de Rogowski. El valor así determinado de la sensibilidad fue de $R_{sh} = 0,118$ mV/A.

Posteriormente se realizó en planta de una firma automotriz de 1º línea, la medición de la corriente de soldadura de una línea de ensamble de planchas metálicas para la carrocería de un auto.

Resultados

Con esta bobina se pudo medir corrientes de soldadura, las cuales fueron un tren de trece pulsos del orden de los 10,8 kA y se verificó el funcionamiento del sensor Rogowski que tiene incorporado la máquina de soldar. El oscilograma obtenido se puede apreciar en la

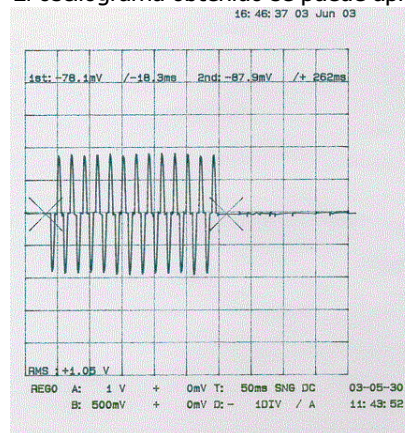


Fig. 3.

Fig. 3: Tren de 13 pulsos de 10,8 kA de una soldadora de metales.

Para las aplicaciones futuras de esta bobina, la más importante es la posibilidad de poder medir corrientes de cortocircuitos en ensayos de generadores de potencia. La bobina Rogowski permite la separación galvánica de la tierra de medición de la tierra del sistema de potencia, la cual la hace muy ventajosa con respecto a los shunt, que en este aspecto tienen un serio problema. Además, el costo de los shunt es muy elevado comparado con las bobinas Rogowski.

Conclusiones

La solución hallada para la medición de la corriente de soldadura es satisfactoria y relativamente sencilla de implementar. La medición se pudo realizar en planta.

Se puede demostrar que con el mismo dispositivo se pueden medir corrientes 10 veces superiores o más sin saturaciones y sin introducir mayores errores.

Agradecimientos

A Felipe Vasquez, que ha contribuido con los numerosos ensayos para la caracterización de la bobina, al Dr. Mario Pecorelli, que ha colaborado en los ensayos en la planta de la firma automotriz TOYOTA S.A. y a la firma CONIMED S.A. por la fabricación de la bobina Rogowski.

Referencias

[1] **Norma IEC 60044-8:** "Instrument Transformer – Electronic Current Transformer" First Edition, July 2002.

[2] **Rogowski W. Y Steinhaus W.:** "Die messung der magnetische spannung, Arch Electrotech I, pp 141-150, (1912).

Para mayor información contactarse con:

Ing. Oscar Medina – osmedina@inti.gov.ar