

Design and construction of new shunts for a wideband sampling wattmeter

Eliana Yasuda¹, Lucas Di Lillo¹, Gregory Kyriazis²

¹ Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI

² Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, INMETRO

Email: eyasuda@inti.gob.ar

Resumen: En el presente trabajo se presentan los avances en el desarrollo, diseño y construcción de shunts de corriente desde 20 mA a 100 A. Los mismos serán utilizados como acondicionadores de señal de un nuevo sistema de medición de potencia en frecuencias que van desde los 50 Hz hasta 100 kHz. La calibración en modulo de los shunts se realizará mediante transferencia AC-DC mientras que la calibración en fase mediante un sistema de muestreo digital de dos canales y de alta resolución.

Palabras clave: potencia, energía, sistema de muestreo

Abstract: This paper presents the development, design and construction of current shunts from 20 mA to 100 A. They will be used as signal conditioners of a new standard for power measurements in the frequency range from 50 Hz to 100 kHz. The calibration in ratio will be performed using AC-DC transfer difference while the phase calibration with a high-resolution, two-channel digital sampling system.

Keywords: power, energy, wideband wattmeter, wattmeter.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la creciente utilización de cargas no lineales en las redes de distribución de energía eléctrica ha causado un aumento de los armónicos en las redes causando significativas pérdidas de energía en el sistema eléctrico, dependiendo del nivel de armónicos presentes. Una medición fiable de la magnitud de los armónicos requiere el uso de técnicas de medición adecuadas.

La introducción de un gran número de cargas no lineales en el sistema eléctrico también tiene como resultado un deterioro de la calidad del suministro eléctrico.

Las nuevas tecnologías de iluminación de bajo consumo como así también los convertidores conmutados de potencia en alta frecuencia presentan cargas no lineales. Estos últimos dispositivos se utilizan tanto en las redes de transmisión y distribución como en aplicaciones de electrónica de potencia. Otro de los dispositivos que presentan cargas no lineales son las fuentes de alimentación conmutadas conocidas como “fuentes switching” (SMPS) utilizadas en computadoras. Las fuentes SMPS hacen variar la tensión (en el orden de 400 V) en un rango de frecuencias de 50 kHz a 140 kHz, lo cual produce armónicos más allá de 1 MHz.

Dado que uno de los requisitos de los institutos nacionales de metrología (NMI) es la de dar trazabilidad a las mediciones de potencia y energía en un rango largo de frecuencias, la construcción de un sistema de referencia es uno de los requisitos para cumplir este objetivo, ya que con la construcción de este instrumento será posible la participación de los institutos involucrados en las comparaciones clave del Comité Consultivo de Electricidad y Magnetismo (CCEM) que definen la equivalencia metrológica entre varios NMI del mundo. La implementación de un sistema de referencia también elimina la necesidad de envío periódico de patrones de referencia para su calibración a institutos más avanzados en la materia.

El Instituto Nacional de Metrología, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) de Brasil, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina y la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE) de Uruguay están desarrollando conjuntamente un sistema de referencia para la medición de potencia eléctrica hasta 100 kHz [1].

El objetivo es la construcción de tres sistemas de medición similares, uno para cada instituto. El proyecto está financiado por el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq), de Brasil.

Este proyecto es un paso clave en el establecimiento de una cadena de trazabilidad en cada país destinado a la calibración de los instrumentos utilizados para medir la calidad de la electricidad comercializada entre las compañías de distribución de energía eléctrica y entre éstas y los consumidores.

INMETRO es responsable para el desarrollo de los amplificadores de tensión y transconductancia de banda larga, así como de nuevos algoritmos de muestreo digital. Dado que el INTI tiene experiencia en técnicas de muestreo mediante el uso de conversores analógicos-digitales del tipo Sigma-Delta [2] y en técnicas de generación mediante el uso de síntesis digital directa (DDS) [3] también se usarán estos dispositivos para la generación y el muestreo de las señales de tensión y corriente.

Adicionalmente se construirán dos acondicionadores de señal, uno para tensión mediante el uso de divisores resistivos, a cargo de

UTE y uno para corriente mediante el uso de shunts a cargo del INTI. Las correspondientes calibraciones estarán a cargo de ambas instituciones.

2. DISEÑO DE LOS SHUNTS

Dado que las señales de entrada de los instrumentos a calibrar en general son de 120 V y 5 A, y las de los digitalizadores son del orden de 1 V, es necesario acondicionar las señales para adaptarlas a estos niveles. En el caso de la corriente, las señales típicas van desde los 20 mA a los 100A. Por tal motivo se diseñaron shunts cuyos valores nominales son 20 mA, 50 mA, 100 mA, 200 mA, 500 mA, 1 A, 2 A, 5 A, 10 A, 20 A, 50 A y 100 A. Para cada uno de estos shunts la tensión de salida es de 0,8 V.

En el caso de shunts cuyo rango va desde los 20 mA a 200 mA, el diseño que se utiliza es el que se muestra en la figura 1.

En este caso el montaje de los resistores tipo Z-foil (Z201) de la marca Vishay están soldados a una placa de cobre (la cantidad de resistores depende del valor del shunt) y todo el conjunto está dentro de una caja metálica para reducir las influencias externas. Los conectores de entrada de corriente y los de salida de tensión son del tipo N-hembra.

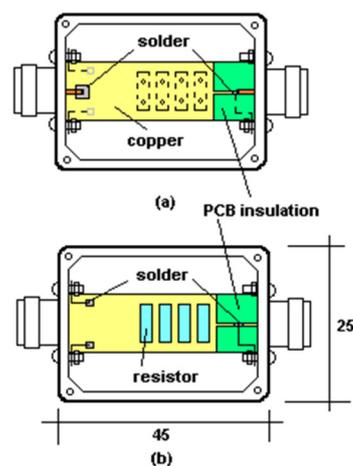


Fig. 1. Diseño de los shunts de 20 mA a 200 mA.

Para los rangos que van de los 500 mA a los 100 A, se utilizará un modelo similar a los que actualmente ofrece el mercado (configuración tipo jaula/cage), con algunas modificaciones en el

diseño, para así alcanzar mejores capacidades metrológicas. En la figura 2 se muestra una imagen general de la estructura del mismo. El diseño utilizado en los shunts de 500 mA a 20 A es el que se muestra en la figura 3 [4, 5].

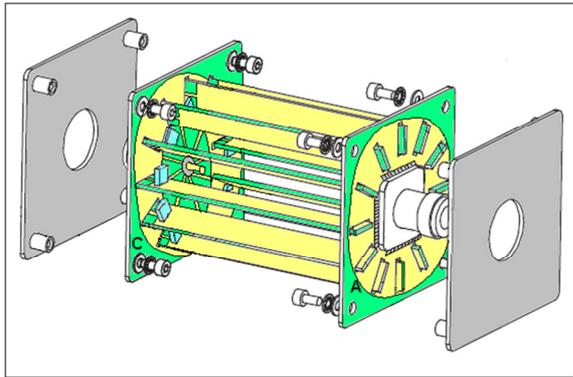


Fig. 2: Diagrama esquemático de los shunts

En este diseño el sentido de circulación de la corriente es el siguiente: el ingreso de la corriente se hace por el pin central del conector, recorre el lado superior de la barra, circula por las resistencias y regresa por el otro lado de la barra hacia el pin exterior del conector de corriente. La caída de tensión producida en las resistencias es la que se aplica a los digitalizadores. Dependiendo del rango del shunt es la cantidad de resistencias a utilizar. Las mismas están conectadas en paralelo y fueron calculadas para trabajar a una potencia menor que el 50% de su potencia máxima para de esta manera disminuir la variación de su valor debido al calentamiento.

En el caso de los shunts de 50 A y 100 A el diseño es similar al anterior excepto por el sentido de circulación de la corriente en las barras [4]. Para este caso, y a diferencia de los shunts de 500 mA a 20 A en los cuales la corriente en el lado superior de la placa circula en una dirección y en el otro lado en otra dirección, la corriente en el lado superior de la barra circula en ambos sentidos, tal como se muestra en la figura 4 y figura 5.

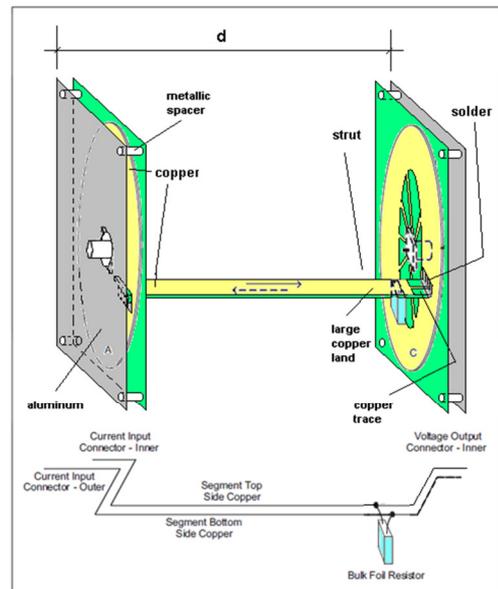


Fig. 3: Diseño de los shunts de 500 mA a 20 A.

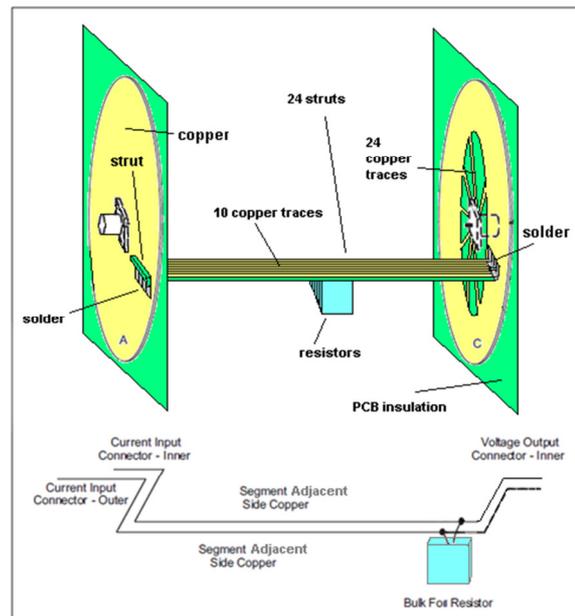


Fig. 4. Diseño del shunt de 50 A y 100 A.

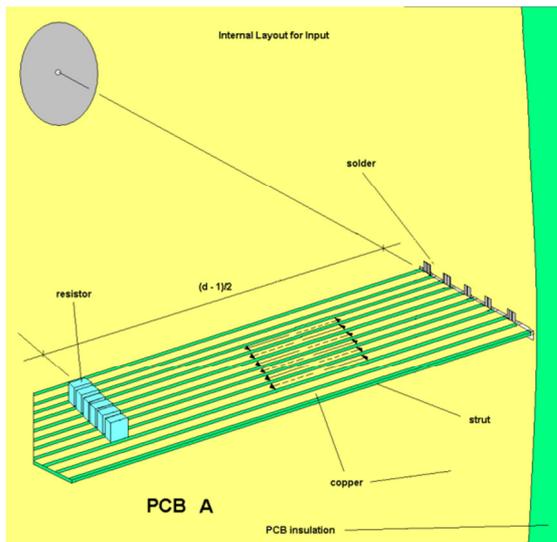


Fig. 5. Circulación de corriente en los shunts de 50 A y 100 A.

Para el caso del shunt de 50 A, se disponen 240 resistencias de 3.84Ω y para el de 100 A se disponen 240 resistencias de 1.92Ω . Como se observa en la figura 5, el número de resistencias en cada barra es par porque la corriente circula en una dirección en una pista mientras que en la adyacente circula en la dirección opuesta. Este diseño se realizó para reducir la inductancia de cada una de las barras. Dada esta alternancia, los pads de soldadura de cada shunt también tienen que ser alternados, tal como se muestra en la figura 6. En la imagen superior se ve la placa de corriente y en la imagen inferior se ve la placa de tensión, siendo la imagen de la derecha la parte de delante de la placa y la imagen de la izquierda la parte trasera de la placa.

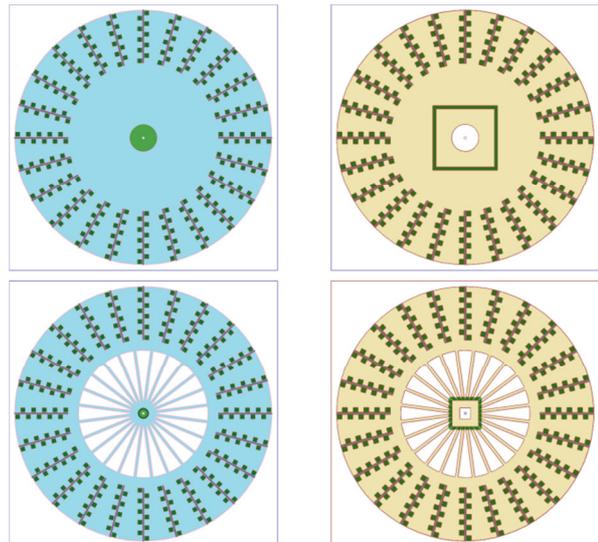


Fig. 6: Diseño de los pads del shunt de 100 A.

Para el caso de los shunts de 50 A y 100 A, los conectores de corriente utilizados son del tipo LC hembra mientras que la salida de tensión es N-hembra.

3. CALIBRACION DE LOS SHUNTS

Dado que los shunts van a ser utilizados como transductores de corriente es necesario calibrarlos tanto en módulo como en ángulo. La calibración en módulo se realizará mediante transferencia AC-DC contra patrones nacionales [6]. Para corrientes mayores a 10 A se utilizará un amplificador de transconductancia Clarke-Hess 8100 que permite realizar calibraciones a corrientes de hasta 100 A con frecuencias que van desde DC a 100 kHz.

La medición del desvío de ángulo de los shunts se realizará por comparación con patrones de capacidad por medio de un puente basado en técnicas de muestreo. Para ello se utilizará una fuente programable de señales arbitrarias y un digitalizador basado en convertidores analógicos digitales Sigma-Delta [1]

4. CONCLUSIONES

Se ha finalizado el desarrollo y diseño de shunts cuyos rango van desde 20 mA a 100 A para ser utilizados como acondicionadores de señal del wattímetro de muestreo de banda ancha. Se esperan tener incertidumbres en la calibración en módulo de los mismos en un rango de 5 $\mu\text{A/A}$ a 40 $\mu\text{A/A}$ dependiendo de la corriente y la frecuencia e incertidumbres en ángulo entre 1 μrad y 10 μrad . Los resultados serán presentados en el Congreso.

5. REFERENCIAS

- [1] G. A. Kyriazis, L. Di Lillo, D. Slomovitz, R. Iuzzolino, E. Yasuda, L. Trigo, H. Laiz, R. S. Debatin, A. M. R. Franco, E. Afonso, “Trilateral South American project: a reference system for measuring electric power up to 100 kHz – progress report”, *XI SEMETRO*, 30 de noviembre al 02 de diciembre de 2015, Bento Gonçalves, Brasil.
- [2] R. Iuzzolino, *Josephson waveforms characterization of a Sigma-Delta Analog-to-digital converter for data acquisition in metrology*, TU-BS Diss. 2011, ISBN 978-3-86387-095-9.
- [3] W. Adad, *Investigación sobre la generación de señales arbitrarias por el método de síntesis digital directa para su aplicación a la metrología eléctrica*, Tese de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, May 2010.
- [4] K.-E. Rydler and V. Tarasso, “Extending ac-dc current transfer measurement to 100 A, 100 kHz”, *CPEM Digest*, 2008, pp 28-29.
- [5] V. N. Zachovalová, “On the current shunts modeling”, *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 63, no. 6, June 2014.

- [6] L. Di Lillo, H. Laiz, R. Garcia, “New AC-DC current transfer step-up”, *VI SEMETRO*, 21 al 23 de Septiembre de 2005, Copacabana, Rio de Janeiro, Brasil.

ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo está parcialmente financiado por el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) del Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, de Brasil, bajo la identificación CNPq / Prosul Processo Nº 490271/2011-1.