



Patrón de Potencia Eléctrica de Alta Exactitud Basado en el Muestreo Digital de Señales de Tensión e Intensidad Alterna

Anselmo Araolaza¹, Julio González², Carlos Espinosa³, Luis Mojica⁴

¹CENAMEP, Panamá, aaolaza@cenamep.org.pa

²CENAMEP, Panamá, jgonzalez@cenamep.org.pa

³CENAMEP, Panamá, cespinosa@cenamep.org.pa

⁴CENAMEP, Panamá, lmojica@cenamep.org.pa

Abstract.

A system for the measurement of electric power by means of high accuracy digital sampling is presented.

The method applied it's based in the reduction of voltage to a range of 0-10V using an inductive divider, and also a reduction of the current by means of a current transformer and an incorporated standard resistor to obtain a voltage relative to the current intensity.

With this, two voltmeters are used in the 10V range, which is accurately calibrated with the standard diode zener of 10V. So far, deviation less than 50ppm has been achieved; these results were obtained by comparison with the travel standard of Argentina. The results are promising and it is expected to reach the deviations of less than 30ppm.

Palabras clave: potencia eléctrica, muestreo digital, algoritmo de Swerlein, multímetros digitales.

1. INTRODUCCIÓN

El diseminar en el país o región una determinada unidad de medida, constituye una de las principales funciones de todo centro o instituto nacional de metrología. El CENAMEP, en cumplimiento de esta función, desarrolla el patrón de energía eléctrica basado en el muestreo digital, con el cual pretende verificar el patrón de potencia actual de 100ppm.

Lograr actualmente mediciones de potencia eléctrica y de otras magnitudes de corriente alterna con alto grado de exactitud es de suma importancia para todo el mercado eléctrico, tanto distribuidor como el consumidor. Sin embargo, la mayoría de los equipos diseñados para hacer este tipo de mediciones están basados bajo la asunción de que las fuentes de voltajes son puramente sinusoidales y que las cargas son lineales, por lo tanto la corriente también es sinusoidal. El incremento en la demanda y la no linealidad en la cargas son más comunes hoy en días, como consecuencia la aproximación sinusoidal no es válida para todas las situaciones.

El sistema de medición que conforma nuestro patrón de potencia eléctrica esta constituido por los siguientes elementos:

- Fuente de alimentación.
- Divisor inductivo de tensión.
- Convertidor de corriente a tensión, con resistencia patrón compensada térmicamente e incluida.
- Dos multímetros Agilent 3458A
- Computadora.

Para verificar un sistema de medición de potencia eléctrica, y hacer mediciones precisas en situaciones no sinusoidales, se requiere de una compensación de los mecanismos de error.

El sistema de medición de potencia que ostenta nuestro patrón, utiliza para dicha compensación el algoritmo de Swerlein, el cual corrige los errores introducidos por los multímetros digitales 3458A. El esquema de nuestro sistema de medición se muestra en la Fig. 1, y lo podemos describir de la siguiente forma:

Una fuente genera determinados valores de tensión y corriente alterna, las señales de tensión e intensidad, son llevadas a un nivel de tensión correspondiente al rango de 10V de los multímetros digitales 3458A. La señal de tensión a 6V, a través del divisor inductivo de tensión y la señal de corriente a 2V, mediante el convertidor de corriente con resistencia incluida. Las señales son muestreadas por los multímetros para luego ser procesadas por el computador donde se realiza el cálculo de la potencia eléctrica.

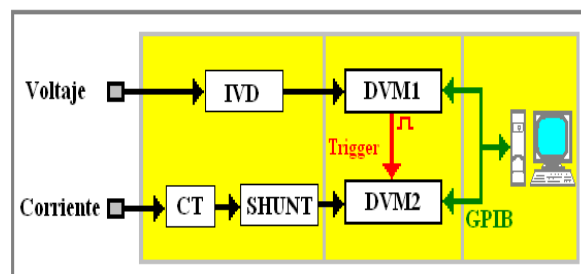


Fig. 1 Esquema general de los elementos que componen el Sistema de Potencia.

2. PROPOSITO DEL PROYECTO

La génesis de este proyecto ha sido la enorme dificultad para mantener en estado de calibración permanente el Patrón Nacional de Potencia y Energía Eléctrica existente en el CENAMEP. Es necesario enviarlo por lo menos una vez al año a la Fábrica, ubicada en Alemania, o a un Instituto Nacional de Metrología, INM, ya sea en EEUU, Argentina o México.

Ello conlleva altos costos, riesgos de daños durante el transporte e inclusive la pérdida de la calibración por golpes y también el tiempo que demandan esos INM para efectuar la calibración contribuye negativamente.

Lo ideal sería que el futuro Patrón Nacional de Potencia Eléctrica de alta exactitud, pueda calibrarse directamente en el CENAMEP AIP.

Para ello el objetivo del Proyecto es alcanzar un error máximo del Patrón propuesto, inferior a 50 partes por millón (50 ppm).

3. BENEFICIOS Y PRINCIPALES BENEFICIARIOS

Los beneficios de este Proyecto, si se alcanza el objetivo de materializar la Magnitud Potencia Eléctrica con una exactitud mejor que 50ppm, es que se puede mantener en estado de calibración con trazabilidad internacional las mediciones de energía y potencia eléctrica en la cadena nacional de mediciones, sin necesidad de recurrir periódicamente a otros INM del exterior.

Los principales beneficiarios con el desarrollo de este proyecto son todos los consumidores de energía eléctrica en Panamá (residenciales comerciales e industriales), al asegurarse que las mediciones del consumo de sus residencias o instalaciones se realicen con la exactitud internacionalmente aceptada, establecida por los Reglamentos existentes en Panamá.

También serán beneficiarias las Empresas que generan, transmiten y distribuyen energía eléctrica, ya que las transacciones entre ellas estarán garantizadas con transparencia y equidad, a través de la acción del CENAMEP AIP, actuando como el Laboratorio Nacional de Referencia para Magnitudes Eléctricas, declarado como tal por la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP).

4. METODOS Y RESULTADOS

El patrón de potencia eléctrica de alta exactitud de nuestro centro se desarrolló durante tres etapas:

- Etapa de programación
- Etapa de montaje y configuración de los equipos
- Etapa de prueba y validación

La etapa de programación fue desarrollada en su totalidad utilizando el software de programación gráfica LabVIEW de National Instrument, iniciando con la transcripción del programa en BASIC del algoritmo básico de Swerlein a LabVIEW, aplicando algunas modificaciones al mismo. Posteriormente se utilizó LabVIEW y la ayuda de MatLAB en el procesamiento de los datos, para implementar la versión extendida del algoritmo de Swerlein mediante el cual se facilita el cálculo de la potencia eléctrica.

Previo al cálculo de la potencia, se realizaron diversos ensayos para lograr la sincronización de ambos multímetros 3458 A.

La segunda etapa, montaje y configuración de los equipos inicia con la adquisición de dos equipos, el divisor inductivo de tensión y el convertidor de corriente a tensión con resistencia patrón incorporada, ambos equipos marca CONIMED. En esta etapa se logra el acople en cuanto al software y hardware se refiere, lo cual permite ajustar algunos detalles del programa en búsqueda de su óptimo funcionamiento.

En la etapa de prueba y validación, se abarcan las conexiones entre los equipos que conforman el sistema de medición de nuestro patrón de potencia eléctrica, resaltando la ubicación de la tierra para el circuito de corriente, en el equipo que presentó menor caída de potencial.

Por otro lado la validación del software se desarrolla mediante un ejercicio de comparación con el Instituto nacional de tecnología industrial (INTI). En la Fig. 2, se observa los equipos que conforman el sistema de medición del patrón de potencia eléctrica del CENAMEP, junto a los metrólogos encargados del desarrollo del proyecto.



Fig. 2 Los autores y los equipos que componen el patrón de potencia eléctrica PPEAE.

Las pruebas iniciales realizadas con el patrón de potencia arrojaban una dispersión en los resultados de las mediciones alrededor de 50ppm. Una revisión en las conexiones entre los equipos que conforman el sistema de medición, aunado a la mejora de la toma a tierra del laboratorio de electricidad (lugar donde se practicaban los ensayos), permitió la disminución del desvío medio estándar de los resultados hasta unas 18 ppm. En la Tabla 1 y 2 se aprecia la mejora en la desviación de los resultados luego de optimizar las conexiones y la toma a tierra del laboratorio. Las mediciones presentadas corresponden a la calibración del patrón de trabajo de energía y potencia eléctrica del CENAMEP, de clase 0.02%.

Luego de mejorar las desviaciones que presentaba el patrón de potencia eléctrica en sus mediciones, el siguiente paso corresponde en lograr la validación del programa, en cuanto a este punto, la validación se encuentra desarrollada en un 50%, ya que en marzo del presente año se realizó en Panamá una primera comparación con el INTI, empleando como referencia su patrón de potencia viajero C1-2. Actualmente se está a la espera de la emisión de los resultados por parte

del INTI, con los cuales poder ultimar detalles del sistema de medición.

Tabla 1. Desviación estándar obtenida antes de las modificaciones hechas al programa. Se observa una gran variación del Error, entre 4 y 111 ppm

Primera Medición Realizada Contra el PRS200.3					
Tensión [V]	Corriente [A]	Angulo [°]	Error [ppm]		Std [ppm]
120	0.25	0	-101	±	44
120	0.25	60	-87	±	49
120	0.5	0	-48	±	17
120	0.5	60	-139	±	30
120	2.5	0	-23	±	15
120	2.5	60	18	±	26
120	5	0	-29	±	12
120	5	60	70	±	13
120	10	0	4	±	16
120	10	60	111	±	11

Tabla 2. Desviación estándar obtenida después de las modificaciones hechas al programa.

Segunda Medición Realizada Contra el PRS200.3					
Tensión [V]	Corriente [A]	Angulo [°]	Error [ppm]		Std [ppm]
120	0.25	0	-63	±	13
120	0.25	60	-93	±	18
120	0.5	0	-33	±	13
120	0.5	60	-66	±	12
120	2.5	0	-41	±	10
120	2.5	60	-5	±	12
120	5	0	-45	±	7
120	5	60	24	±	10
120	10	0	6	±	10
120	10	60	88	±	11

5. CONCLUSIONES

Las pruebas prácticas y comparaciones efectuadas hasta el presente son promisorias, ya que se ha logrado mejorar el desvío de las mediciones del PPEAE desde un valor inicial 50 ppm a un desvío medio estándar por debajo de 18 ppm. Hablamos de promisorias ya que falta realizar una mayor cantidad de pruebas en diversos puntos de corriente y tensión, los cuales permitirán caracterizar de forma completa el sistema de medición que conforma nuestro futuro PPEAE. Adicionalmente queda por validar los errores correspondientes a la referencia del INTI, utilizada como patrón de potencia eléctrica, y adicionalmente pretendemos realizar intercomparaciones con otros INM que actualmente desarrollan o han desarrollado otros proyectos similares. Todo lo anterior está enfocado en la alta exactitud que se pretende alcanzar en las mediciones de potencia eléctrica, mejor que 50 ppm, tal como se había propuesto en este Proyecto, y así poder considerar el PPEAE, como el futuro Patrón Nacional de Potencia Eléctrica de la República de Panamá.

6. REFERENCIAS

- [1] G. A. Kyriazis "Extension of Swerlein Algorithm for AC Voltage Measurement in the Frequency Domain" *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, Vol. 52, NO.2, April 2003.
- [2] R. L. Swerlein, "A 10ppm accurate digital AC measurement algorithm," in *Proc. NCSL Workshop*, 1991, pp. Measurements.
- [3] G. A. Kyriazis and R. L. Swerlein, "Evaluation of uncertainty in AC voltage measurement using a digital voltmeter and Swerlein's algorithm," in *CPEM Dig.*, 2002.
- [4] E.Tóth and A.Ribeiro Franco, "Power and Energy Reference System, Applying Dual- Channel Sampling" *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, Vol 54, NO. 1, February 2005.
- [5] E.Tóth and A.Ribeiro Franco, "Power and Energy Reference System, Applying Dual- Channel Sampling" *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, Vol 54, NO. 1, February 2005.
- [6] G. Kyriazis, "An algorithm for accurately estimating the harmonic magnitudes of periodic arbitrary signals using asynchronous sampling", *CPEM Digest*, 2004.
- [7] Agilent Technologies, "3458A Multimeter User's Guide". Edition 4 Copyright © 1988, 1992, 1994, 2000 Agilent Technologies, Inc. All rights reserved.