

# IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMO PARA LA DETERMINACIÓN DE AMPLITUD, FASE Y FRECUENCIA PARA MEDICIÓN DE SINCRÓFASORES

Marco A. Rodríguez Guerrero, René D. Carranza López Padilla  
 Centro Nacional de Metrología  
 Carretera a Los Cués km 4.5, El Marqués, Querétaro, México.  
 (+52)4422110500, mrodrigu@cenam.mx, rcarranz@cenam.mx

**Resumen:** La trazabilidad para unidades fasoriales de medición está limitada por los métodos de medición de las variaciones de los parámetros de una señal eléctrica: amplitud, fase y frecuencia. Se propone una implementación novedosa para mediciones simultáneas en tiempo real de amplitud, fase y frecuencia de una señal de tensión eléctrica. Dicha técnica es factible para ser utilizada en un nodo de interconexión real en un sistema eléctrico de potencia. La alta exactitud en la estimación a partir del algoritmo propuesto del valor instantáneo de los parámetros de una señal provee una herramienta para monitoreo dinámico en la red eléctrica.

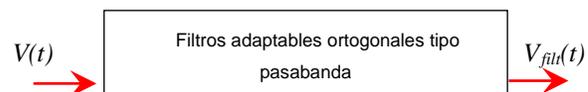
## 1. INTRODUCCIÓN

Proveer trazabilidad a mediciones de sincrofasores en condiciones dinámicas, tal como aquellas condiciones encontradas en los sistemas eléctricos de potencia interconectados, es un reto para los laboratorios nacionales de metrología. La norma IEEE C37.118.1-2011 [1] provee una serie de pruebas para PMUs (*Phasor Measurement Unit*, por sus siglas en inglés) para condiciones estáticas y para condiciones dinámicas con la finalidad de describir y cuantificar el desempeño de los PMU previo a que sean desplegados para el monitoreo de redes eléctricas. En 2014 se publicó un documento de enmienda a la norma (IEEE C37.118.1a-2014) [2]. Una de las enmiendas más importantes está relacionada con la prueba de ancho de banda, en la tabla 5 de [2]. Originalmente la norma [1] requería una prueba de modulación en amplitud y fase de manera simultánea, en [2] dichos fenómenos se han separado. El método de medición propuesto en este trabajo supera la necesidad de desarrollar de manera individual la prueba de modulación como lo propone [2] y es capaz de entregar resultados con alta exactitud de acuerdo con los límites originales de la prueba en [1] para condiciones estáticas y dinámicas implementado en una plataforma de procesamiento de tiempo real.

## 2. MEDICIÓN SIMULTÁNEA DE AMPLITUD, FASE Y FRECUENCIA

La figura 1 muestra los componentes básicos del método de medición propuesto en este trabajo. En CENAM se ha desarrollado el algoritmo que se muestra en la figura 1 [3].

El algoritmo desarrollado es un filtro adaptable de ganancia ortogonal tipo pasa banda.



**Fig. 1.** Componentes principales del método de medición simultánea de amplitud, frecuencia y fase.

El prototipo de patrón que CENAM ha desarrollado para la calibración de PMUs está basado en una plataforma PXI de procesamiento de tiempo real. Dicha plataforma es capaz de obtener la señal de sincronía a través del servidor de estampas de tiempo de CENAM o bien a través de sincronización por GPS. En la figura 2 se muestra la plataforma de tiempo real utilizada en este trabajo. Se compone de una controladora de PXI basada en microprocesador, una controladora de sincronía de alta exactitud y una plataforma de programación basada en LabVIEW. Durante el Simposio se darán detalles técnicos de cada uno de los módulos que componen el prototipo. El desarrollo del prototipo está limitado por la propia tecnología PXI seleccionada. Las tasas de reporte de alta velocidad representan un reto tecnológico en esta plataforma debido a que la programación debe ser desarrollada de manera determinística, esta limitación en los tiempos de procesamiento no permite aprovechar todo el potencial del algoritmo desarrollado en CENAM [3].

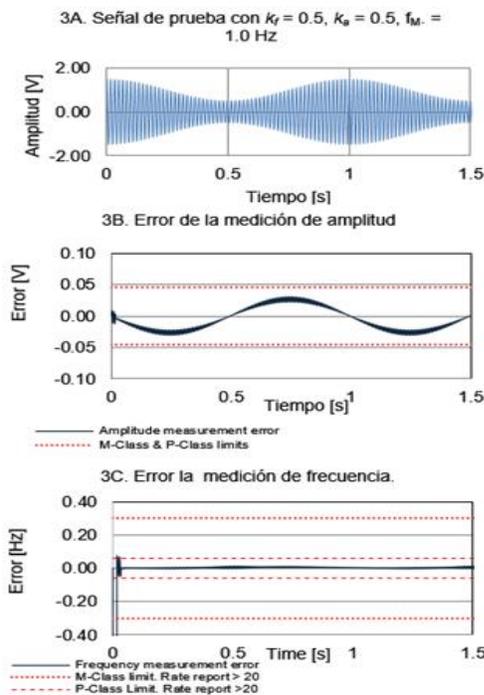
## 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

El método de medición propuesto fue implementado y probado usando señales sintéticas en una plataforma de procesamiento de tiempo real. La tabla 1 muestra las pruebas realizadas a la propuesta de técnica de medición.

Id.	Tipo de Prueba
1	Modulación simultanea de amplitud y fase
2	Harmónicos simples (1 tono)
3	Desviación de frecuencia nominal
4	Cambios súbitos en amplitud y fase
5	Interharmónicos
6	Aceleración de frecuencia

**Tabla 1.** Pruebas aplicadas al método de medición propuesto.

La figura 3, muestra los resultados de manera gráfica de la prueba número 1, para modulación simultanea de amplitud y fase. En la figura 3A, se muestra la señal de prueba, en la figura 3B el error en la medición de amplitud y en la 3C el error en la medición de frecuencia. Durante el evento se mostraran además los índices de evaluación de desempeño contenidos en la norma, el TVE, el FE y el RFE.



**Fig. 3.** Resultados experimentales durante un evento de modulación simultanea de amplitud y fase.

#### 4. CONCLUSIONES

Se comprobó la implementación del prototipo de patrón en combinación con el método de medición desarrollado en CENAM. Dicha implementación provee de una herramienta de procesamiento indispensable para desarrollar las pruebas de desempeño para PMUs. El método de medición implementado y que sirve como base del patrón de medición para sincrofasores supera los límites que establece [1] para la evaluación de desempeño de los PMUs incluso sin necesidad de relajar algunos de estos límites como en [2].

Las mediciones hechas por la plataforma deben estar sincronizadas con el UTC, esto representa un reto en la implementación del prototipo CENAM. Durante el Simposio se dará mayor detalle.

Las desviaciones simultáneas de amplitud y fase de una señal deben ser consideradas como una prueba clave en la selección de un método de medición. El algoritmo de seguimiento de frecuencia adaptable permite tasas de reporte de alta velocidad, hasta el punto del valor de la frecuencia de muestreo, proveyendo de valores instantáneos de amplitud, fase y frecuencia. Trabajo futuro incluye el estudio de disturbios simultáneos, incluyendo mediciones sobre registros reales de eventos en una red eléctrica real, esto con la finalidad de evaluar los valores de incertidumbre de la técnica de medición propuesta. Por otro lado el estudio para determinar la robustez contra interharmónicos de la implementación del método de medición propuesto en este trabajo está en desarrollo. Toda esta información estará disponible durante Simposio de Metrología 2016.

#### REFERENCIAS

- [1] IEEE Standard C37.118.1-2011, 'IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems', 2011.
- [2] IEEE C37.118.1a-2014: 'IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems -- Amendment 1: Modification of Selected Performance Requirements, IEEE Std. C37.118.1a-2014 (Amendment to IEEE Std C37.118.1-2011)', July 2014.
- [3] R. Carranza, "Medición simultánea de amplitud y frecuencia en sistemas eléctricos de potencia", presentado en Encuentro Nacional de Metrología 2014, Querétaro, México, 2014.