

# Ahorro y Eficiencia Energética: Medida y Cálculo de Potencia en Osciloscopios Digitales

Artículo cedido por YOKOGAWA Iberia (Dep. de Tecnologías de Medida)



## La importancia de la eficiencia energética

Si desea ampliar esta información, que le asesoren sobre qué productos Yokogawa encajan en su aplicación, conocer nuestras ofertas actuales, una demostración de los equipos o cualquier otra consulta, no dude en ponerse en contacto con :Yokogawa Iberia, S.A. - Departamento de Tecnologías de Medida Tlf: 917713150 Email: info@es.yokogawa.com Web: www.tmi.yokogawa.com

La energía es el recurso fundamental que mueve el mundo en el que nos encontramos. En la actualidad, empresas, políticos, científicos y otros agentes relacionados consideran que el futuro de la economía se basa en desarrollar un modelo energético sostenible que promueva el ahorro y la eficiencia energética. Es decir, promover la capacidad de ofrecer el mismo servicio con menos gasto energético. Con ello, además de reducir las emisiones de CO2 a la atmósfera, se conseguiría no depender tanto de los recursos limitados de la Tierra, como el petróleo o el gas.

Por supuesto, todo lo anterior aplica de manera especial a las emergentes energías renovables. Pero también a cualquier mercado y sector en el que se consuma energía o que esté implicado en la fabricación de dispositivos y máquinas que hagan uso de ésta. Numerosos estudios afirman que hay numerosas oportunidades de reducir el consumo energético a bajo coste o, al menos, a un coste rápidamente amortizable.

Por este motivo se hace indispensable el uso de instrumentación de medida que verifique, por ejemplo, el consumo eléctrico. En este aspecto es crítica una medida precisa de los parámetros de potencia para poder determinar el consumo real de los equipos, la eficiencia de convertidores, bombas y motores, etc.

## Instrumentación necesaria

Para ello, YOKOGAWA dispone de una completa familia de Medidores y Analizadores de Potencia (<http://tmi.yokogawa.com/products/digital-power-analyzers/digital-power-analyzers/>), entre los que se encuentran los equipos con la mayor precisión del mercado, que

muestran no sólo dichos valores en formato numérico, sino también la representación de las formas de onda, diagrama vectorial, niveles de armónicos... y que cumplen todos los estándares actuales de calidad de suministro eléctrico (cumplimiento de medida de armónicos, inter-armónicos, flicker y fluctuaciones de tensión, etc.).

## Medidas de potencia con osciloscopios

Si la aplicación no requiere una medida tan precisa de potencia, YOKOGAWA ofrece en sus Osciloscopios DL(M)6000, DL9000 y DLM2000 (<http://tmi.yokogawa.com/products/oscilloscopes/digital-and-mixed-signal-oscilloscopes/>), y en su oscilógrafo DL750 y sistema de adquisición de datos SL1000 (<http://tmi.yokogawa.com/products/data-acquisition-equipment/>), la posibilidad de obtener parámetros de potencia (sin llegar, claro está, a la precisión del 0.02% de lectura + 0,04% de rango de un vatímetro como el WT3000:). Ésta es por tanto, otra funcionalidad más de las múltiples que presentan equipos tan versátiles como los osciloscopios digitales y sistemas de adquisición de datos de YOKOGAWA.

En el caso de los osciloscopios DL(M)6000, DL9000 y DLM2000, puede hacerse uso de la opción G4, de Análisis de Potencia.

Adicionalmente, puede hacerse uso de la opción de Funciones Matemáticas definidas por el usuario, tanto en los citados osciloscopios (si no se dispone de la opción de Análisis de Potencia) como en los Sistemas de Adquisición de Datos: su ventaja, frente a los osciloscopios, es que pueden contar con hasta 16 canales en lugar de 4, con lo que es posible calcular la potencia incluso en sistemas trifásicos.

A continuación vamos a desarrollar un pequeño ejemplo ilustrativo que demuestra la precisión del método y la sencillez del mismo. No hay que olvidar que la filosofía de diseño de un Osciloscopio, un ScopeCorder o un Sistema de Adquisición de Datos no es realizar medidas de potencia, pero merece la pena destacar la exactitud que pueden conseguir, aún no siendo sus funciones principales.

Para este ejemplo se ha utilizado el Scopecorder (u oscilógrafo: equipo de medida mezcla de osciloscopio y registrador, con grandes longitud de memoria, velocidad de adquisición y número de canales) DL750, cuyos resultados compararemos con el del analizador de potencia (de gama media) WT230.

La función que obtiene el valor RMS de un número determinado de "n" muestras digitales {X1,...,Xn} sigue la siguiente expresión:

$$X_{rms} = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

Al registrar un gran número de muestra, la expresión anterior se aproxima a una función continua f(t), la cuál deberá ser evaluada entre un determinado intervalo. La ecuación para el valor eficaz o RMS se define ahora como una forma de onda continua como sigue:

$$F_{rms} = \sqrt{\left(\frac{1}{(T_2 - T_1)} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt\right)}$$

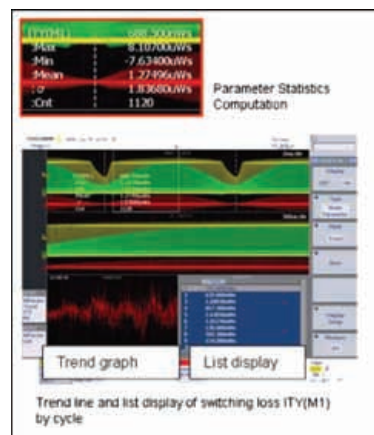


Figura 1. Opción de Análisis de Potencia del DL9000

La Opción de Funciones Matemáticas disponible en nuestros equipos hace que esta ecuación sea muy fácil de evaluar.

Los cálculos de potencia consumida siempre usan medidas RMS. Más concretamente, se utilizan tres expresiones para las medidas de tensión y corrientes.

- Potencia Instantánea:  $V(t)*I(t)$
- Potencia Aparente:  $V_{rms} * I_{rms}$ , cuya unidad son los V·A.
- Potencia Media: A veces llamada Potencia Real, y cuya unidad son los W.
- Factor de Potencia: Potencia Media / Potencia Aparente, según la define actualmente el IEEE.

El siguiente ejemplo (fig. 2) ilustra los pasos de forma detallada para poder medir y mostrar formas de onda de Corriente y Tensión, y calcular la Potencia Real y Aparente. En él se calcula la potencia consumida por el propio equipo DL750. La frecuencia es, por tanto, de 50 Hz. La velocidad de muestreo está ajustada a 50 KS/s, más que suficientes para las ondas que estamos adquiriendo. Obviamente, señales de frecuencias más altas o con alto componente de armónicos requerirían una velocidad de muestreo más elevada, para digitalizarlas correctamente.

En las figuras (3, 4, 5) la escala de tiempos está ajustada a 100 ms/div, de forma que se muestre 1 segundo (10 ciclos). De esta forma se simplifican las fórmulas, puesto que la potencia se mide en Julios/segundo.

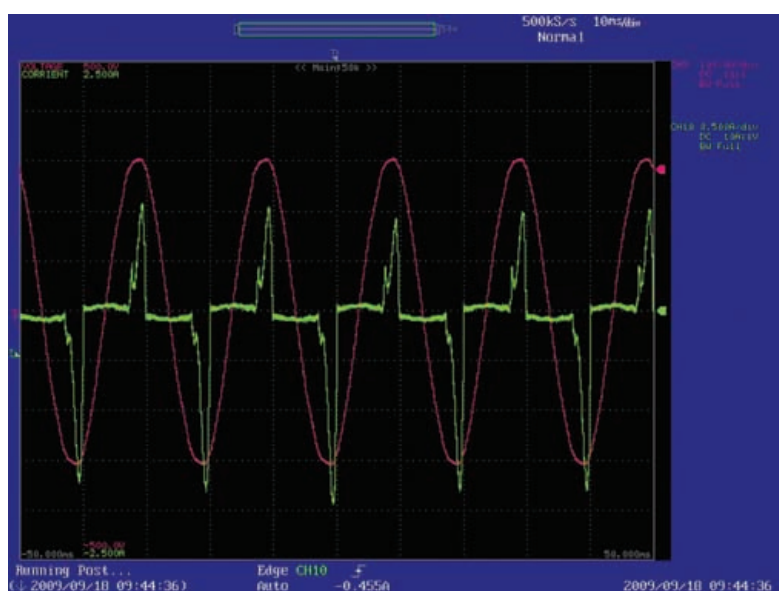


Figura 3. Tensión, corriente, potencia instantánea y potencia aparente

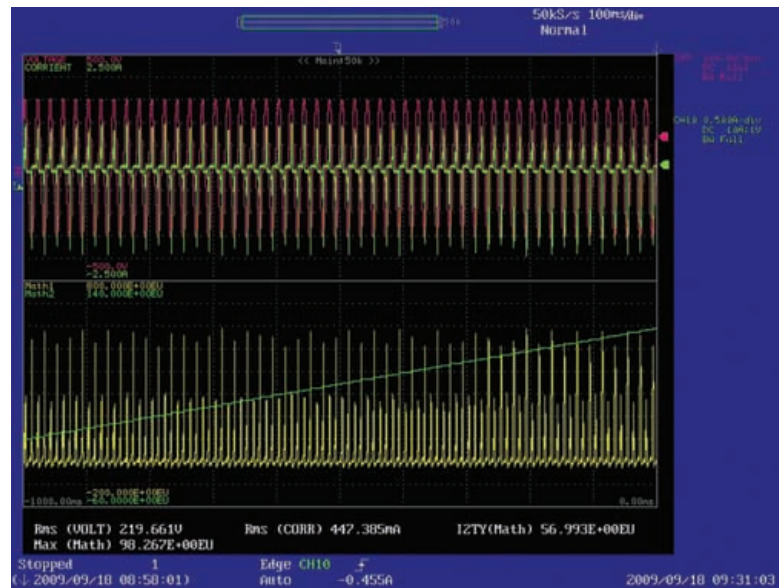


Figura 4. Factor de Potencia

Si se utilizase otra escala temporal, bastaría con multiplicar las formulas de potencia por un factor  $1/(T2-T1)$ .

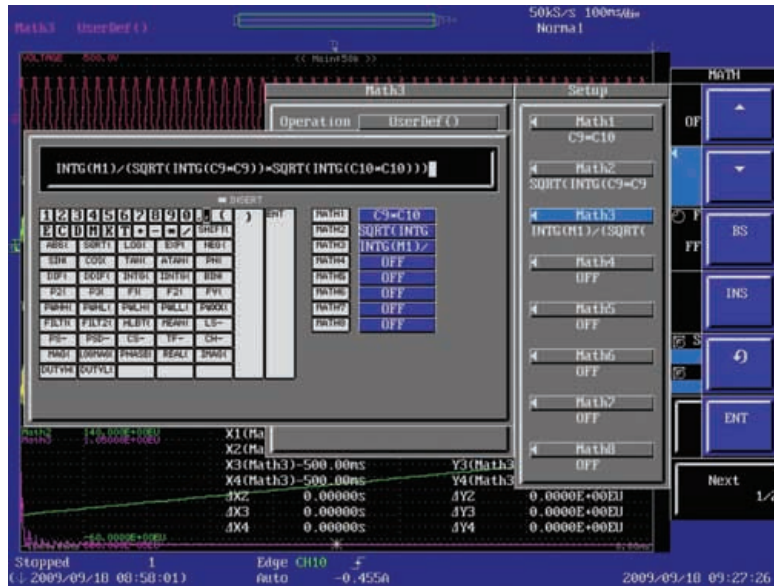
Las funciones matemáticas que se muestran en ellas fueron definidas con la opción de Funciones Matemáticas del Scopecorder DL750 del modo siguiente:

Math1 = C1\*C2, que representa Voltaje\*Corriente, es decir, la Potencia Instantánea (cuya frecuencia es de 100 Hz, como se aprecia en la figura 3).

Math2 =  $[\text{SQRT}(\text{INTG}(C1*C1)*\text{SQRT}(\text{INTG}(C2*C2)))/T]$ . Es el producto de  $V_{rms} * I_{rms}$ , y puede ser observado como la línea diagonal que aparece en la Figura 3. En este ejemplo, como dijimos,  $T=1$  segundo, por lo que puede obviarse.

Figura 2. Señales de tensión y corriente (periodo de adquisición: 100 ms)

Figura 5. Introducción de las fórmulas en el osciloscopio



Math3 =  $\text{INTG}(M1) / \text{SQRT}(\text{INTG}(C1 * C1) * \text{SQRT}(\text{INTG}(C2 * C2)))$ . Es la relación entre Potencia Real (integral de la potencia instantánea) y Potencia Aparente, es decir, el Factor de Potencia. Para comprobar el valor del factor de potencia en un punto de interés basta colocar sobre él un marcador, tal y como se ve en la figura 4.

Aparte de las formas de onda visualizadas, se muestran (en la parte inferior de la figura 3) los siguientes parámetros:

RMS(Ch1): valor eficaz de la tensión.

RMS(Ch2): valor eficaz de la corriente.

Int2TY(Math1): integral o área de  $V_{rms} * I_{rms}$  (es decir, de la potencia real) en toda la ventana de observación.

Max(Math2): determina la suma aritmética de la integral de la Potencia Instantánea sobre 1 segundo, es decir, la Potencia Aparente (en Voltios\*Amperios o Voltiamperios). Cada punto de la ecuación (cuya gráfica es la línea diagonal de las figuras 3 y 4) es la suma de los Voltios\*Amperios. La suma después de un segundo se

indica por el punto situado más a la derecha, que coincidirá con el máximo de la gráfica.

El Factor de Potencia se muestra en la figura 4 como el valor vertical en cualquiera de los 4 cursores (todos ellos colocados en mitad de la pantalla)

### Resultados

Los resultados mostrados anteriormente, obtenidos con un DL750, son:

- Potencia Media: 56,99 W
- Potencia Aparente: 98,27 V·A
- Factor de Potencia: 0,58

Las mismas medidas, realizadas con un Analizador de Potencia WT230 (precisión del 0,1% tanto en lectura como en fondo de escala), aportan los siguientes resultados:

- Potencia Media: 57,90 W
- Potencia Aparente: 100,04 V·A
- Factor de Potencia: 0,58

### Conclusiones

Como se puede observar, el error del cálculo de potencias con el DL750 es inferior a un 2% respecto al que se obtiene con el WT230, equipo específicamente diseñado para esas medidas.

Como es lógico, si se utilizara para el ejemplo anterior uno de nuestros Analizadores de Potencia de gama alta, como el WT3000, las diferencias de precisión podrían ser mayores.

No obstante, como hemos comprobado a lo largo de este artículo, la precisión de los equipos Yokogawa, y la opción que ofrecen de Funciones Matemáticas definibles por el usuario, les hace ser instrumentos idóneos para la obtención de unas primeras medidas estimativas (y sin necesidad de procesar a posteriori, mediante ordenador, las señales de tensión y corriente adquiridas).

En resumen, el uso de unos u otros equipos (Analizadores o Medidores de Potencia, Analizadores de Red, Osciloscopios o Sistemas de Adquisición de Datos de alta velocidad) debe depender de los requisitos de la aplicación y las necesidades del usuario. ■

Figura 6. DL750 de Yokogawa

