

Diseño de un prototipo Analizador de Señales para la medida de la calidad de la potencia eléctrica en regímenes no senoidales

Antonio Gil de Diego.
Ingeniero Técnico en Electricidad

María Dolores Borrás Talavera.
Profesora Escuela Politécnica Superior de Sevilla

Juan Carlos Bravo Rodríguez.
Profesor Escuela Politécnica Superior de Sevilla

Introducción

La energía eléctrica se considera hoy en día como un producto, y como tal, se rige por una serie de normas que nos permiten evaluar su calidad. La necesidad por parte de la industria de realizar una medición de los distintos términos de potencia con la finalidad de conocer tanto la cantidad generada como la facturada por los distintos consumidores ha sido objeto de un amplio estudio. Desde la introducción de la electrónica en la industria debido a las cargas no lineales, el procedimiento es algo más complejo, ya que el tipo de ondas que observamos se encuentran en su mayor parte distorsionadas, por lo que se impone un análisis previo a su medición.

Objetivos del proyecto

El objetivo primordial del proyecto de fin de carrera se centró en analizar la onda de la red en tiempo real mediante algoritmos matemáticos, aplicando distintos regímenes de cargas y observando su comportamiento, creando un patrón, sobre el cual, en futuros estudios, poder actuar mitigando los efectos perjudiciales que las cargas no lineales que las nuevas tecnologías determinan sobre la red eléctrica. Para ello, se ha procedido a la creación de un prototipo que permite testar cualquier clase de carga ante la presencia de todo tipo de perturbaciones eléctricas, realizando la medida de la calidad de la potencia, utilizando diferentes técnicas de análisis.

Técnicas de análisis

El marco teórico en el que se sustenta el proyecto, debe satisfacer la necesidad de conseguir una descomposición óp-

tima de la onda para su correcto análisis, partiendo de una técnica ampliamente utilizada, como es la Transformada de Fourier, centrada en regímenes senoidales y señales estacionarias con pérdidas de información del tiempo en el dominio de la frecuencia; frente a la Transformada Wavelet, que permite una descomposición en niveles de la señal con bandas de frecuencias múltiplos de la fundamental, disgregando a su vez, en coeficiente de aproximación y de detalle, aumentando así la resolución en tiempo, como podemos ver en la siguiente figura [1] y [2]:

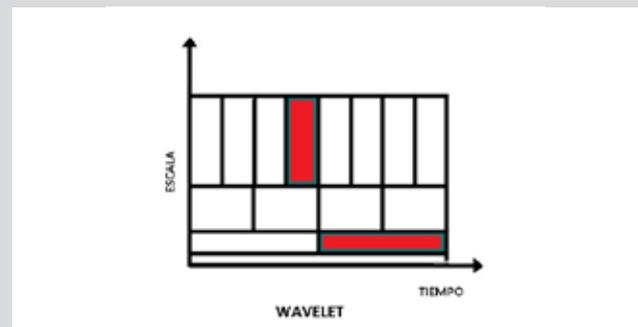


Figura 1. Transformada Wavelet.

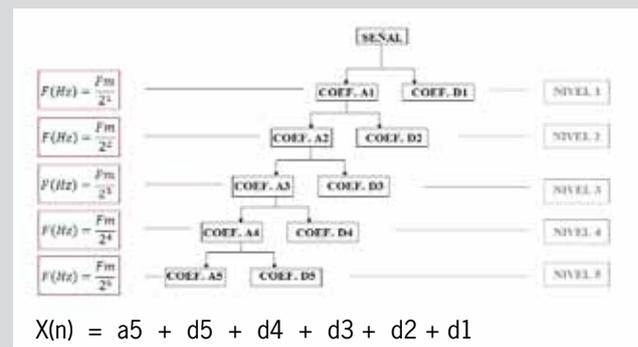


Figura 2. Descomposición en niveles con bandas de frecuencia.

Índice de calidad

La distorsión armónica que se está produciendo hoy en día en la red eléctrica es una problemática que nos concierne a todos y con una elevada incidencia en la calidad del producto y en la factura a pagar.

Si se lleva a cabo una corrección de la distorsión armónica nos permitiría reducir hasta un 30% de la potencia aparente instalada.



La La distorsión armónica que se está produciendo hoy en día en la red eléctrica es una problemática que nos concierne a todos y con una elevada incidencia en la calidad del producto y en la factura a pagar

Para realizar una evaluación integral de la calidad de la energía transferida a través de una red, en el proyecto partimos de un nuevo índice, el cual, considera diversos aspectos de la calidad de la onda eléctrica a nivel de armónicos, variaciones de fase y desequilibrios en tensión y corriente. Se trata de un único indicador, evitando la comparación entre distintos factores.

La energía de distorsión transitoria puede ser normalizada por la suma de las perturbaciones transitorias en sí y la energía fundamental, como se muestra en la siguiente definición:

$$NITD(j;\phi) = \sqrt{\frac{\sum k\epsilon K d^2 j,k}{\sum k\epsilon K a A^2 k + \sum k\epsilon K d^2 j,k}}$$

Por lo tanto, el $NITD(j;\phi)$ aumenta con la energía de perturbación transitoria y nunca puede superar el valor máximo de 1, así consigue limitarlo para cualquier forma de onda. Debe considerarse que la magnitud de dicho coeficiente depende del nivel de frecuencia de la descomposición, siendo el nivel más bajo el que contiene características de la señal más precisas, y en el nivel más alto de frecuencia tiene coeficientes con el menor contenido de energía. En definitiva, $\langle NITD \rangle$ puede ser considerado como un nuevo aspecto transitorio de la calidad, aportando una idea global de la misma [3]-[5].

Máquina virtual

Tras esta breve introducción de los objetivos y fundamentos teóricos, se muestra la aplicación que se ha diseñado para llevar a cabo dicho fin en el proyecto de fin de carrera. Un software que permite su uso en modo online, o en tiempo real, y un modo histórico, que facilita el análisis de datos almacenados previamente. Se realiza un análisis de los valores eficaces (RMS) de la misma, así como de las potencias características (P, Q, S y D) [6], [7], el factor de potencia, la tasa de distorsión armónica (THD), el índice de calidad (NITD), y la representación gráfica de los valores de tensión, intensidad y potencia instantánea. La visualización del espectro armónico de tensión e intensidad característico de la Transformada de Fourier muestra con rapidez la cantidad de armónicos presentes en la señal, así como la amplitud de los mismos, dando a conocer si son relevantes en el análisis o no. Se procede de forma rápida y visual a una comparación eficaz y en tiempo real de ambas Transformadas. Además, se facilita al usuario la configuración de la aplicación, mostrando una serie de valores por defecto como condiciones ideales de funcionamiento y, tras realizar todas las pruebas necesarias, se han obtenido óptimos resul-



Figura 3. Máquina Virtual.



Figura 4. Análisis Regulador – Motor.

tados, observándose con claridad el periodo de tiempo donde se encuentran las perturbaciones y la duración de las mismas.

Ejemplo práctico

Se muestra en la figura 4 un caso de estudio práctico del análisis en tiempo real de un motor, como carga lineal inductiva, cuya alimentación procede de un regulador con el que variamos la velocidad del mismo. Además, inyectamos una perturbación definida tipo hueco, de esta manera se consigue verificar el buen funcionamiento de la aplicación. Las caracte-

rísticas técnicas son las siguientes:

Motor: 220-240 V; 50-60 Hz; 0,2 A; 5/30 W; 1300/1600 r.p.m.

Regulador: 0-230 V; 5 A máx.

Perturbación:

Hueco (Amplitud = 50 %; Comienza = 30 ms; Duración = 60 ms; Pendiente = 10 Vrms/ms)

Conclusiones

EL proyecto desarrollado es una aplicación intuitiva y de fácil manejo que nos permite analizar cualquier tipo de perturbación, consiguiéndose los resultados esperados y abriendo las puertas a futuras investigaciones. Además, la simplicidad que ofrecen estos nuevos factores permite el desarrollo de estructuras tarifarias eficientes y la eventual aplicación de políticas encaminadas a la mejora de la fiabilidad y la calidad de la energía de la red eléctrica. 

BIBLIOGRAFÍA

- [1] David F.Walnut; "An introduction to Wavelet Analysis"; Birkäuser, 2004.472p. ISBN: 0-8176-3962-4.
- [2] Juan-Pablo Cáceres; "Transformada de Fourier"; CCRMA; Stanford University; Agosto, 2007.
- [3] J.C. Montaña, D. Borrás, J.C. Bravo.; "Power-quality factor for electrical networks."; Ref. Power quality: mitigation technologies in a distributed environment. (Power systems); Ed. Springer, Reino Unido, 2007. p.353-377. ISBN: 978-1-84628-771-8.
- [4] Borrás, M.-D.; Montaña, J.-C.; Castilla, M.; López, A.; Gutiérrez, J.; Bravo, J.-C.; "Voltage index for stationary and transient states", IEE, 2010. p.679 – 684.
- [5] J.C. Montaña, D. Borrás, J.C. Bravo.; "Estado del arte y retos de la investigación en "Calidad de la onda".", Conferencia, I Jornadas de Calidad en el Suministro Eléctrico, Córdoba, España., 2004 (18-29 Noviembre).
- [6] Weon-Ki Yoon; Devaney, M.J.;, "Reactive power measurement using the wavelet transform", IEE , 2000. p.246 – 252.
- [7] Morsi, W.G.; Diduch, C.P.; Liuchen Chang; El-Hawary, M.E.; "Wavelet-Based Reactive Power and Energy Measurement in the Presence of Power Quality Disturbances", IEE , 2011. p.1263-1271.

