

Uso de la Transformada S rápida (fast S transform) aplicada al análisis de señales eléctricas de baja frecuencia.

Ricardo Andrés Korpys¹

¹Departamento de Electrónica, Universidad Nacional de Misiones (UNaM),
Facultad de Ingeniería, Departamento de Electrónica.

Seminario de Electrónica de Potencia y Control
(SEPOC+SESP) 2014
También REI2014.

Índice

- 1 Motivación
 - Tratar de aprovechar características de herramientas “nuevas”, aplicadas al análisis de señales de baja frecuencia en sistemas eléctricos.
 - Poder implementar los resultados de esta investigación en sistemas de tiempo real (RT), con el fin de ser utilizados en, por ejemplo, correctores de factor de potencia (PFC).
- 2 Definiciones
 - Transformadas de tiempo continuo
 - Transformadas de tiempo discreto
- 3 Como interpretar esta transformada
- 4 Los resultados
 - Resultados principales
 - Ideas básicas para demostraciones/implementaciones

La transformada s de tiempo continuo.

Para una señal $x(t)$ se define como en [1] o [5]:

$$S(\tau, f) = \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-\frac{f^2(\tau-t)^2}{2}} e^{-j2\pi ft} dt \quad (1)$$

Depende de t (tiempo) y f (frecuencia). Se sugiere comparar con la transformada de Fourier:

$$X(j2\pi f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (2)$$

que es sólo función de f .

La transformada s de tiempo discreto.

Para una señal $x[n]$ discreta se define como en [1] o [5]:

$$S(m\Delta f; n\Delta t) = \sum_{k=-N/2}^{N/2-1} X[(m+k)\Delta f] e^{-\frac{2\pi^2 k^2}{m^2}} e^{\frac{j2\pi kn}{N}} \quad \forall m \neq 0 \quad (3)$$

Para $m = 0$ se tiene, es decir para la frecuencia cero:

$$S(0; n\Delta t) = X[0] \quad (4)$$

Depende de n y de m . Se sugiere comparar con la antitransformada discreta de Fourier:

$$x[n] = \sum_{k=-N/2}^{N/2-1} X[k] e^{\frac{j2\pi nk}{N}}$$

En donde:

$$X[k] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-\frac{j2\pi nk}{N}} \quad (6)$$

es la transformada de fourier de la señal $x[n]$. n es un índice entero relacionado al intervalo de tiempo Δt , m es un índice entero relacionado al intervalo de frecuencias Δf , y k también entero, como el que se utiliza en la IDFT.

Transformada S Rápida.

Si se toman 2^p muestras, en donde $p \geq 1$, se puede calcular la transformada rápida de Fourier de $x[n]$ en tiempo discreto, de esta forma acelerar los cálculos. Entonces, se calcula la FFT de una señal real de 2^p valores y se multiplican con los valores de la ventana gaussiana $e^{-\frac{2\pi^2 k^2}{m^2}}$ y agregan.

Resultados del análisis de señales simples

A partir de ella se obtiene una representación matricial como (para una señal $x[n]$ de cuatro valores:

$$\left. \begin{array}{cccc} & \text{tiempo} \rightarrow \text{creciente} \\ S(0,0) & S(0,1) & S(0,2) & S(0,3) \\ S(1,0) & S(1,1) & S(1,2) & S(1,3) \\ S(2,0) & S(2,1) & S(2,2) & S(2,3) \\ S(3,0) & S(3,1) & S(3,2) & S(3,3) \\ S(4,0) & S(4,1) & S(4,2) & S(4,3) \end{array} \right\}$$

Todos ellos resultan números complejos (en general).

Algunas conclusiones del análisis de ciertas características de estos valores.

- Si se toman los valores máximos de los módulos de cada una de las columnas, éstos son prácticamente proporcionales al valor RMS de la señal.
- Si se toman los valores máximos de los módulos de cada una de sus filas, éstos son prácticamente proporcionales a las amplitudes de los armónicos dados por la FFT.

Análisis de una señal con una caída de voltaje

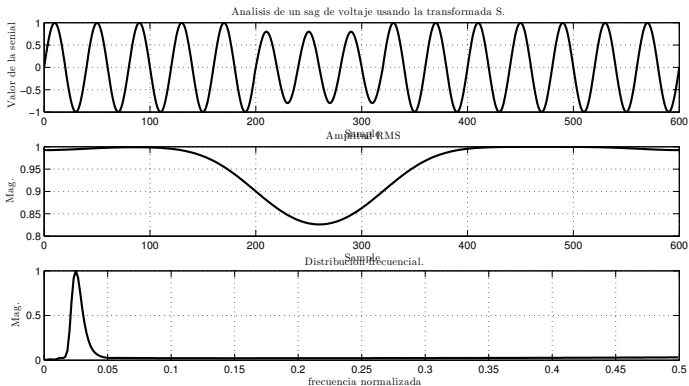


Figura: Análisis de una señal “pura” sinusoidal con una caída de Voltaje.

Análisis de una señal con tercera armónica

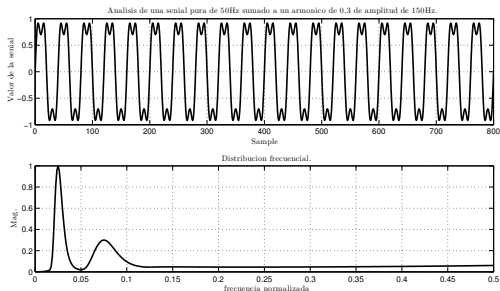


Figura: Análisis de una señal “pura” con componente de tercera armónica.

Análisis de una señal "chirp"

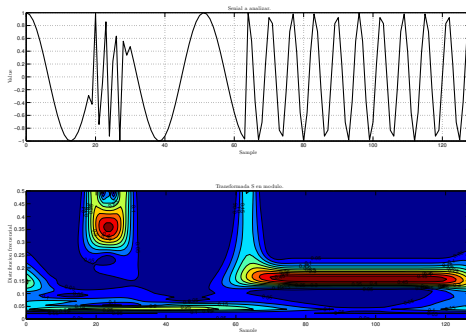


Figura: Una señal "chirp" vista con esta transformada.

Hardware donde se pretende probar esta transformada

- Se pretende programar un DSP (digital signal processor) de punto fijo con dos unidades aritméticas lógicas de cálculos con esta transformada y realizar análisis de señales reales, comparando estos resultados con simulaciones.



Figura: Fotografía de un kit que contiene un DSP Blackfin BF506 para implementar este algoritmo.

Resumen

- Los primeros resultados de las simulaciones resultan alentadores.
- Las aplicaciones potenciales resultan motivadoras en varias áreas.
- Perspectiva
 - Un algoritmo concreto dentro de un DSP para que opere en tiempo real.
 - Una evaluación comparativa con otras técnicas actuales.

Lecturas complementarias I



R. G. Stockwell, L. Mansinha and R. P. Lowe.

Localization of the Complex Spectrum: The S Transform.

IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 44. No. 4, April 1990.



P. K. Dash, M. Padhee, T.K Panigrahi.

A hybrid time-frequency approach based fuzzy logic system for power island detection in grid connected distributed generation.

Elsevier Electrical Power and Energy System No. 42, pp. 453-464, 2012.

Lecturas complementarias II



R. A. Brown, R. Frayne.

A Fast Discrete S Transform for Biomedical Signal Processing.
30th Annual International IEEE Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, August 20-24, pp. 2586-2586, 2008



C. Venkatesh, D. V. S. S. Siva Sarma, M. Sydulu.

Detection of Voltage Sag/Swell and Harmonics Using Discrete S-Transform.

TENCON 2008 IEEE Region 10 Conference, August 20-24, pp. 2586-2586, 2008

Lecturas complementarias III



S. C. Pei, J. J. Ding, P.W. Wamg, W. F. Wang.

Hybrid Fast Algorithm for S Transform.

*18th European Signal Processing Conference (EUSIPCO-2010),
August 23-27, pp. 1747-1751, 2010*