

Desarrollo de un microvoltímetro vectorial

Iuzzolino, R.⁽ⁱ⁾; Laiz, H.⁽ⁱ⁾; Garcia, R.⁽ⁱⁱ⁾

⁽ⁱ⁾ Departamento de Patrones Nacionales de Medida (DPNM)

⁽ⁱⁱ⁾ Centro de Investigación y Desarrollo en Física (CEFIS)

INTRODUCCIÓN

En la medición de señales alternas es de gran interés obtener su representación vectorial, como por ejemplo en la medición de impedancias, o en la caracterización de divisores de tensión inductivos. Para alcanzar dicho objetivo se debe mantener en el sistema de medición la información de la amplitud y de la fase. En estos casos el bajo valor de la tensión a medir es un requisito adicional al sistema.

Cuando lo que interesa es medir señales alternas con una alta componente de ruido, puede utilizarse una técnica especial basada en correlacionar dos señales de la misma frecuencia, técnica conocida como *detección sensitiva a la fase*^[1] (Phase Sensitive Detection, PSD, en inglés), comúnmente conocida como *sistema Lock-In*.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La figura 1 muestra el diagrama en bloques del microVoltímetro vectorial.

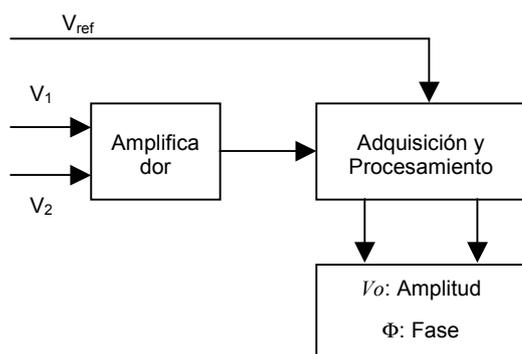


Figura 1: Diagrama en Bloques simplificado del microVoltímetro vectorial

Los requisitos son: •ancho de banda desde 40 Hz a 3 kHz; •relación de rechazo de modo común 100 dB. La ganancia total del sistema es de 26000 veces. Dicho valor de ganancia es requerido para amplificar señales de muy bajo nivel a niveles que puedan ser

manejados por la etapa de adquisición, formada por una PC con una tarjeta de adquisición NATIONAL Lab-PC. Se desarrolló también el software que realiza el procesamiento de las señales.

Para cumplir con los requerimientos se desarrolló un amplificador con las siguientes características: •un acoplamiento inductivo de entrada formado por un transformador de relación 26:1; •dos etapas amplificadoras de ganancia 100 y 10; •un amplificador de aislación a la salida, de ganancia igual a 1.

El sistema proporciona dos salidas: la componente en fase y la componente en cuadratura de la señal diferencia $V_d = V_1 - V_2$, referidas a la tensión de referencia, V_{ref} (ver fig. 1). Para obtener dichas salidas se emplea la función de correlación^[2] (ver ec. 1)

$$R(t) = \int_{-\infty}^{\infty} V_d(\tau) V_{ref}(t + \tau) d\tau \quad (1)$$

Si las señales $V_d = V_1 - V_2$ y V_{ref} (ver fig. 1) son dos señales sinusoidales de igual frecuencia, ω , de una dada diferencia de fase, Φ , representándolas mediante vectores, podríamos tener el caso mostrado en la fig. 2.

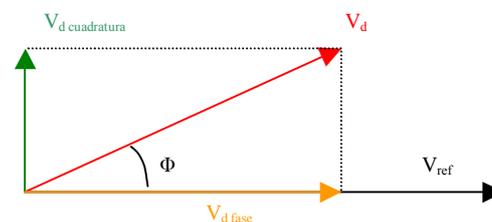


Figura 2: Diagrama vectorial representativo de las señales referencia y diferencia. Mostrando las proyecciones en fase y cuadratura.

Donde la componente en fase se obtiene como:

$$V_{d \text{ fase}} = V_d \cos(\Phi) = \frac{\|V_d\| \|V_{ref}\| \cos(\Phi)}{\|V_{ref}\|} \quad (2)$$

Y la componente en cuadratura se obtiene:

$$V_{d\text{cuadratura}} = V_d \sin(\Phi) = \frac{H(V_{ref}) V_d}{\|V_{ref}\|} \quad (3)$$

donde $H(V_{ref})$ es la transformada de Hilbert^[3] de la señal referencia. De esta manera, al valor medio final sólo contribuyen armónicos presentes en ambas señales, eliminándose el ruido.

RESULTADOS

Se procedió a realizar la calibración en el rango de frecuencias que va desde los 40 Hz a los 3 kHz, obteniéndose la transferencia del detector: su ganancia, G (fig. 3), y su desplazamiento de fase, Φ (fig. 4).

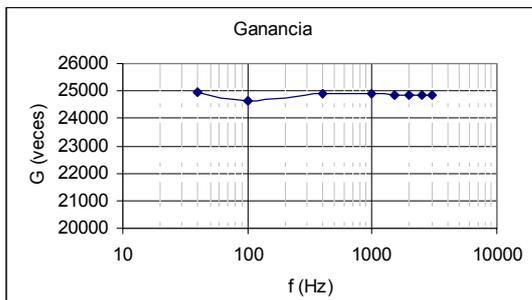


Figura 3: Ganancia del detector

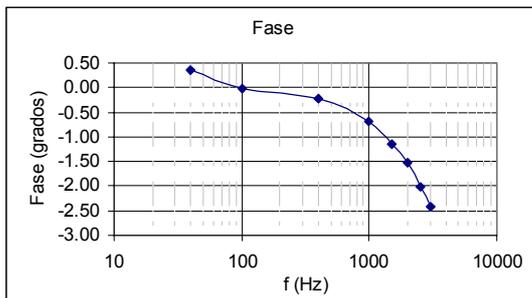


Figura 4: Desplazamiento de fase del detector

El error de ganancia se mantiene dentro del $\pm 1\%$ en el rango de frecuencias deseadas, como muestra la figura 5. Otra característica de sumo interés es la linealidad en alterna del detector. Para ello se midió la ganancia sobre todo el rango de frecuencias variando la amplitud de la señal de entrada al detector. Los resultados son mostrados por la figura 6.

La linealidad de alterna del detector está dentro de $\pm 1\%$ entre 40 Hz y 2 kHz (ver fig. 6). Para frecuencias entre 400 Hz y 1 kHz esta linealidad es mejor que 0,2 %.

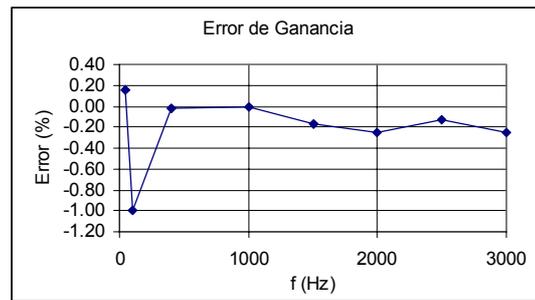


Figura 5: Error de ganancia del detector.

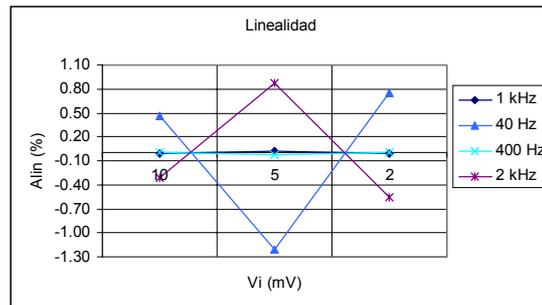


Figura 6: Linealidad de Alterna del detector.

Por último en la figura 7 se muestra la característica de relación de rechazo de modo común (RRMC) del amplificador. La cual varía entre los 140 dB y 100 dB en el ancho de banda del instrumento.

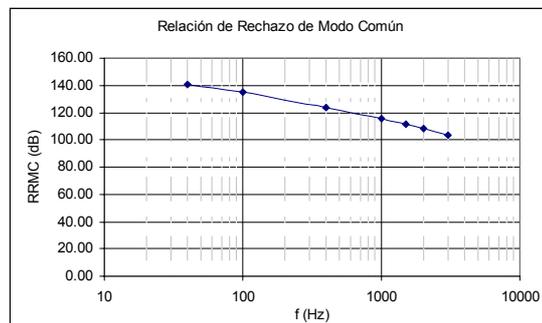


Figura 7: Relación de Rechazo de modo común.

CONCLUSIONES

Se desarrolló un microvoltmetro vectorial con la exactitud necesaria para ser usado en puentes de medición de impedancias de alta exactitud, con un ancho de banda de 40 Hz a 2 kHz.

Referencias

- [1] Stanford Research, AN-3, "About Lock-In Amplifiers".
- [2] Oran Brigham, E., "The fast Fourier transform and its applications", Prentice Hall, 1988.
- [3] Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schaffer, "Discrete-Time Signal Processing", Prentice Hall Signal Processing Series, 1989.

Para mayor información contactarse con:

Ricardo Iuzzolino – ricardo.iuzzolino@inti.gov.ar

[Volver a página principal](#) ◀