

Alejandro Fernández D., Ángel Saucedo C., Abimael Jiménez P., Rafael E. González L.

Maestría en Ingeniería Eléctrica

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, UACJ, México

E-mail: angel.saucedo@uacj.mx

Resumen

En este proyecto se analiza el ruido y la distorsión armónica de un demodulador de fase óptica de tipo heterodino sintético. La idea es identificar en qué medida los diferentes bloques que lo constituyen contribuyen al deterioro de la señal a demodular y determinar una estrategia para mejorar el desempeño. Se asume que en este interferómetro el mesurando lo representa la vibración armónica del espejo descrito en la figura 1.

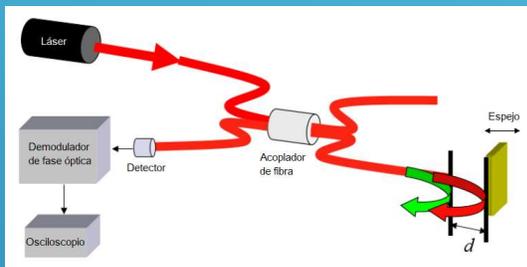


Figura 1: Interferómetro de fibra óptica tipo Fabry-Perot [3]

Introducción

A la salida de un interferómetro de fibra óptica como el descrito en la figura 1, la variación en la intensidad de luz detectada se puede escribir como:

$$I = A + B \cos \phi(t)$$

donde $\phi(t)$ contiene la diferencia de fase debido al movimiento del espejo, que es la información de interés. En la demodulación heterodina sintética se introduce una modulación conocida al interferómetro con una señal senoidal de frecuencia ω_0 y amplitud C , de tal forma que la intensidad detectada o salida del interferómetro esta descrita por la expresión:

$$I = A + B \cos(C \cos \omega_0 + \phi(t))$$

Se observa que la expresión que representa la salida del interferómetro es muy similar a una señal de FM como las que se utilizan en los sistemas de telecomunicaciones [1].

Al mezclar la señal proveniente del interferómetro con senoidales con frecuencia ω_0 y $2\omega_0$ respectivamente, y pasando por filtros pasabajas, se obtienen ondas senoidal y cosenoidal (figura 2).

El algoritmo de demodulación está compuesto por derivadores, mezcladores, diferenciadores y finalmente un integrador (figura 3) y el objetivo de este trabajo es determinar en qué medida estos bloques contribuyen al deterioro de la calidad de la señal medida, en este caso el desplazamiento del espejo del interferómetro [2].

Si bien éste y otros métodos de demodulación se han planteado y utilizado con anterioridad [3], no existe un estudio concreto dedicado exclusivamente al análisis de demoduladores de fase óptica y por lo tanto, el diseño de éstos adolece de un procedimiento específico que brinde una ruta crítica que garantice un margen dinámico, una relación señal a ruido y un nivel de distorsión armónica determinados al diseñar un sistema de interrogación de sensores interferométricos. Las preguntas fundamentales que se intenta responder son:

¿Cómo contribuyen cada bloque a la relación señal a ruido, margen dinámico y distorsión armónica?

¿Cuál es el menor desplazamiento que se puede medir utilizando el algoritmo descrito?

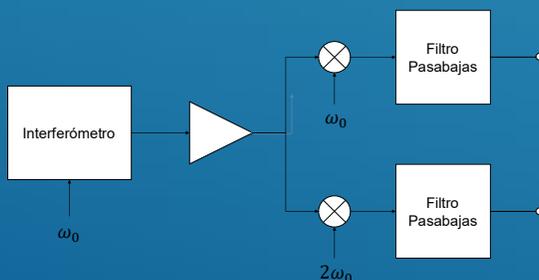


Figura 2: Diagrama de bloques para generar el seno y coseno con la información de la medición en la fase [1]

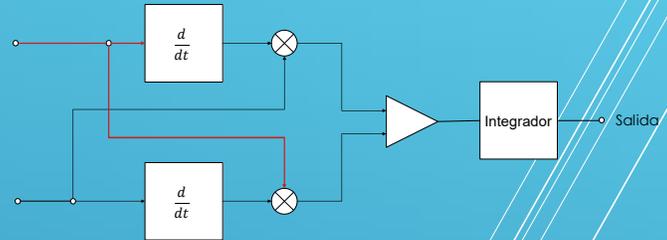


Figura 3: Diagrama de bloques para un demodulador de seno y coseno con modulación de fase [1]

Objetivos

Objetivo general

Identificar y caracterizar mediante un análisis de ruido las fuentes que deterioran el desempeño de un demodulador de fase óptica de tipo heterodino sintético.

Objetivos específicos

1. Analizar el margen dinámico, la relación señal a ruido y la distorsión armónica en un demodulador de fase óptica heterodino sintético.
2. Verificar en PSpice los resultados obtenidos.
3. Caracterizar experimentalmente el demodulador heterodino haciendo énfasis en la relación señal a ruido, el margen dinámico y la distorsión armónica.

Metodología

Los métodos propuestos a seguir son un análisis detallado del margen dinámico, la relación señal a ruido y el nivel de distorsión armónica de cada etapa del demodulador; la verificación en PSpice de los resultados obtenidos y la caracterización experimental.

1. Investigación del estado actual del sistema de demodulación

- | | |
|---|---|
| a. Comprensión de los conceptos: relación señal a ruido, margen dinámico, distorsión armónica y los métodos para analizarlos y medirlos experimentalmente | b. Realizar análisis preliminar de los circuitos existentes |
|---|---|

2. Captura y análisis en computadora

- | | |
|---|---|
| a. Simulación en PSpice del circuito: reproducción de los resultados previamente documentados | c. Comprobar el funcionamiento esperado mediante la simulación del circuito rediseñado |
| b. Rediseño de circuitos con componentes actualizados | d. Hacer análisis de relación señal a ruido, margen dinámico, distorsión armónica por computadora |

3. Construcción y caracterización

- | | |
|---|--|
| a. Diseño de circuito impreso y armado de prototipo | c. Realizar la caracterización eléctrica de cada etapa del circuito para obtener los parámetros de distorsión armónica, relación señal a ruido y margen dinámico |
| b. Desarrollo de experimentos | |

4. Determinar las posibles mejoras de cada etapa del sistema de demodulación

5. Documentación

Resultados

Los resultados esperados son la identificación de los bloques del demodulador heterodino que contribuyen más al ruido del circuito; definir si es posible seguir un proceso de diseño que garantice una relación señal a ruido máxima, un margen dinámico elevado y un nivel de distorsión armónica bajo; determinar cuáles son los límites de desempeño de los demoduladores de fase basados en el algoritmo heterodino.

Conclusiones

Este desarrollo permitirá contar con una estrategia de diseño que ayude a diseñar demoduladores para sistemas de medición basados en sensores interferométricos, que sean más sensibles, cuenten con mayor margen dinámico y menor distorsión armónica.

Referencias

- [1] D. W. Stowe, D. R. Moore y R. G. Priest, "Homodyne Demodulation Scheme for Fiber Optic Sensors Using Phase Generated Carrier", *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. QE-18, No. 10, pp. 1647-1653, Oct. 1982
- [2] J. H. Cole, B. A. Danver, y J. A. Bucaro, "Synthetic-Heterodyne Interferometric Demodulation", *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. QE-18, No. 4, pp. 694-697, Apr. 1982.
- [3] A. Rodríguez, "Diseño y construcción de un circuito demodulador de fase óptica para su utilización en la extracción de señales de biosensores interferométricos", Tesis, UACJ, Ciudad Juárez, Chih., 2015.
- [4] R. Pallás-Areny, J. G. Webster, *Analog Signal Processing*, Estados Unidos: John Wiley & Sons, 1999.