

Desarrollo de una cabeza transductora de fibra óptica para la medida de aceleraciones en dos dimensiones

A. Cobo, Miguel A. Morante, F.J. Madruga, J.L. Arce, JM. López Higuera
Grupo de Ingeniería Fotónica - Universidad de Cantabria
Tfno. 942-201498 - Fax. 942-20873
email: acobo@teisa.unican.es

Abstract

Se presenta un nuevo tipo de acelerómetro basado en fibra óptica, apto para funcionar en entornos hostiles gracias a su carácter dieléctrico, y que es capaz de sensar vibraciones en dos ejes ortogonales entre sí de forma simultánea. Se basa en el acoplo de potencia óptica entre una fibra emisora móvil y cuatro fibras receptoras, todas ellas de tipo multimodo. Una unidad opto-electrónica alejada del punto de medida realiza el tratamiento de las cuatro señales ópticas recogidas, y proporciona, en tiempo real, la amplitud y dirección del vector de aceleración.

Introducción

Hay un interés creciente en la actualidad por el desarrollo de sensores que puedan ser utilizados en ambientes hostiles, explosivos o peligrosos [1]. Los sensores ópticos son firmes candidatos para estas aplicaciones, gracias a su carácter dieléctrico, pequeño tamaño y peso, a las capacidades de transmisión de la fibra óptica, y, al menos de forma potencial, su bajo precio. Son especialmente interesantes los sensores para la medida de vibraciones, por cuanto el patrón de vibración de una máquina ofrece información muy valiosa para un adecuado mantenimiento y predicción de fallos [2].

Se presenta un sensor pensado para la medida de aceleraciones de baja frecuencia, con la capacidad de determinar, de forma simultánea y en tiempo real, el vector de aceleración sobre dos ejes ortogonales entre sí. Los estudios teóricos realizados se han complementado con simulaciones por ordenador. Éstas han sido verificadas en el laboratorio con la construcción de un prototipo del acelerómetro propuesto.

Descripción del sistema

El sistema en su globalidad está compuesto por una cabeza sensora, un canal de fibra óptica y una unidad opto-electrónica. El diseño de la cabeza sensora es sencillo, y se basa en cuatro fibras ópticas multimodo que actúan como receptoras de la luz emitida por una quinta fibra móvil.

La fibra móvil emisora constituye un tallo en voladizo. Como se ha demostrado [3], la posición del extremo de este tallo respecto al punto de reposo es directamente proporcional a la aceleración. La simetría circular de la fibra óptica permite el movimiento en un plano transversal a su eje y, por tanto, el sensado biaxial de la vibración.

Un profundo estudio ha sido llevado a cabo para determinar el mecanismo de acoplo entre las fibras emisora y receptoras. Para ello, se ha utilizado un modelo tanto de la fuente de iluminación como de las fibras multimodo, utilizando óptica geométrica. Este modelo ha

permitido determinar con precisión la cantidad de potencia óptica acoplada a cada una de las fibras receptoras en función de su posición relativa respecto a la emisora. Se ha comprobado que existe una zona lineal para esta dependencia que permite traducir la posición (y, por tanto, el nivel de aceleración) a un nivel de potencia óptica proporcional.

Igualmente, se ha determinado la forma de obtener el vector de vibración bidimensional a partir de la magnitud de la señal óptica recogida. Cuatro fibras ópticas debidamente terminadas y posicionadas capturan la luz procedente del tallo, y a través de ellas, en la unidad optoelectrónica, un tratamiento diferencial de la potencia óptica recogida por cada par de fibras receptoras permite determinar el nivel de vibración uni-dimensional y, a partir de éste, componer el vector de vibración biaxial. La técnica de detección diferencial ofrece, además, la posibilidad de insensibilizar a la cabeza sensora frente a perturbaciones externas

Todos estos aspectos han sido recogidos en un modelo teórico y simulados. De esta simulación se ha obtenido una primera estimación sobre las prestaciones alcanzables por el sistema sensor. Especial cuidado se ha prestado a la determinación de aspectos claves como son la resolución, el rango frecuencial y de amplitud, y la sensibilidad transversal.

Resultados experimentales

Los trabajos en el laboratorio han servido para confirmar las predicciones teóricas. En primer lugar, se ha comprobado el comportamiento mecánico del tallo de fibra móvil, frecuencias de resonancia, deformaciones, aspectos de fiabilidad, ... Igualmente, se ha medido de forma experimental el acoplo de potencia óptica entre diversos tipos de fibras multimodo y para todo tipo de desalineamientos. Este experimento ha servido para confirmar los cálculos realizados de forma teórica.

Por último, se ha construido un prototipo del sistema completo y se han evaluado sus características más importantes. El prototipo ha demostrado ser capaz de trabajar adecuadamente en el rango entre 10 y 300 Hz y hasta 100 G de valor de aceleración.

Conclusiones

Se ha presentado un nuevo acelerómetro basado en fibra óptica y con capacidad de sensado bidimensional. Su simplicidad y prestaciones permiten su utilización en entornos industriales hostiles, para la medida de vibraciones de baja frecuencia.

Bibliografía

- [1] Weiss, J., Maulbetsh, J., "Fiber-optic sensors", Electric Power Research Institute (EPRI), RP8004, 1993.
- [2] Heinz bloch y Fred K. Geitner, "Machinery Failure Analysis and Troubleshooting", Gulf Publishing Company, 1994.
- [3] M. A. Morante, A. Cobo, J. M. López-Higuera and M. López-Amo, "New approach using a bare fiber cantilever beam as a low frequency acceleration measuring element", *Opt. Eng.*, vol. 35, no. 6, pp.1700-1706, 1996.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto TIC95-0631-C04-01 financiado por la CICYT, a la que los autores muestran su agradecimiento.