

EFECTOS DEL DESAJUSTE DE UN REFLECTOR ORTOCONJUGADO SOBRE LOS SENSORES DE CORRIENTE DE FIBRA OPTICA SPUN COMPENSADOS

J.L. Arce Diego, R. Montalbán Carrasco, M. A. Morante Rábago, J.M. López-Higuera
 Grupo de Ingeniería Fotónica, Departamento de TEISA, Universidad de Cantabria, Avda. Los Castros s/n,
 39005 Santander, Spain.

Phone. +34-42-201545, Fax. +34-42-201873, e-mail: jlarce@teisa.unican.es.

Phone. +34-42-201498, Fax. +34-42-201873, e-mail: higuera@teisa.unican.es.

Abstract: The influence of the maladjusted angle in a Faraday rotator mirror on a compensated optical fibre sensor made of spun high birefringence optical fibre for magneto-optic current sensing have been analysed and discussed.

Introducción

El efecto Faraday se ha utilizado en múltiples estructuras para la medida de corrientes eléctricas y campos magnéticos. Se han desarrollado un gran número de fibras sensoras con el fin de suprimir las sensibilidades no deseadas ante perturbaciones externas, especialmente cambios de temperatura, vibraciones mecánicas y fluctuaciones de presión, que afectan principalmente al canal que une el detector de señal al sistema sensor. La causa principal de la sensibilidad de la fibra ante estas perturbaciones es la birrefringencia lineal residual en la fibra óptica. La birrefringencia de la fibra óptica del transductor también influye negativamente, ya que se suma vectorialmente a la birrefringencia circular no recíproca inducida por la corriente eléctrica mediante efecto Faraday, y el resultado de ambos efectos sobre el estado de polarización (EdP) final no puede procesarse de forma independiente. Pistoni y col.¹ propusieron una técnica totalmente pasiva basada en el uso de fibra de baja birrefringencia y de un espejo rotador de Faraday (ERF) que reduce el efecto de las birrefringencias lineales inducidas de forma extrínseca en la fibra, diseño que proporciona la compensación pero presenta el inconveniente de que los ERF comerciales generalmente presentan desajustes. Sensores de corriente eléctrica interrogados en reflexión y realizados tanto en el canal como en el transductor con fibra óptica spun de alta birrefringencia lineal (SHB) y ERF han sido propuestas². Su interés se redujo por el hecho de que diversos autores^{3,4} afirmaron a priori, que el efecto indeseado del desajuste del ERF sobre la respuesta del sensor era elevada, lo que en su opinión invalidaba la mencionada estructura de compensación.

En esta comunicación se presenta el estudio, no realizado hasta la fecha, cuyos resultados contradicen claramente lo previamente afirmado y validan la estructura de compensación del sensor mencionado

Modelo teórico

En un sensor de corriente como el mostrado en la Fig. 1, excitado con un campo

eléctrico de entrada E_{in} , el efecto que el desajuste del ERF produce sobre la salida del mismo, se analiza mediante cálculo de Jones,

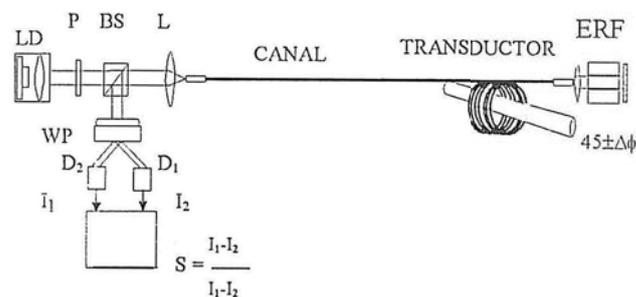


Fig. 1. Configuración sensora reflectiva con ERF real

$$E_{out} = \vec{J}_1 \vec{J}_c \cdot F \cdot \vec{J}_c \vec{J}_1 E_{in}$$

donde E_{in} representa el vector campo eléctrico a la entrada del sistema sensor, E_{out} representa el vector campo eléctrico a la salida, J_1 es la matriz de Jones del canal de fibra en cada una de las direcciones de propagación de la luz, J_c es la matriz de Jones que modela el funcionamiento del transductor en ambas direcciones⁴ y F es la matriz del ERF en la que se incluye el ángulo de desajuste $\Delta\phi$ respecto a 45° ⁵.

La luz procedente de un diodo láser viaja por un canal de fibra SHB hasta alcanzar el transductor óptico expuesto al efecto de la corriente a medir. El ERF refleja la luz incidente, que posteriormente vuelve a atravesar el camino óptico. Los dos EdP ortogonales de la luz de salida se separan con un prisma de Wollaston. Las dos señales eléctricas fotodetectadas I_1 e I_2 son procesadas mediante el método polarimétrico clásico resultando la señal S . Se estudia además el error relativo cometido por la presencia del desajuste del ERF en relación a la señal obtenida en caso ideal ($S_{ideal} = -\sin 4VNI$) definiendo:

$$Error(\%) = 100 \cdot \left| \frac{S_{real} - S_{ideal}}{S_{ideal}} \right|$$

Simulaciones y resultados

Se han analizado los siguientes casos:

A. Efecto del desajuste del ERF sobre el transductor.

Si prescindimos del efecto del canal, la señal 'S' a la salida del transductor óptico depende del desajuste del ERF según la expresión:

$$S = -\text{sen}\left[4F\left(1 + \frac{\eta^2}{2F^2 - \alpha^2}\right) \mp 4\Delta\phi\right]$$

donde $F=VNI$, V es la constante de Verdet, N el número de espiras de fibra, I la corriente eléctrica, η es la birrefringencia lineal intrínseca, α es la tasa de centrifugado y $\Delta\phi$ el desajuste en rad del ERF.

En la fig.2 se muestra el error cometido en un transductor de 100 bucles de 20 cm de diámetro de fibra SHB, con $\eta=2.6$ rad/m y $\alpha=31.3$ rad/m, siendo $\Delta\phi$ el desajuste en rad del ERF.

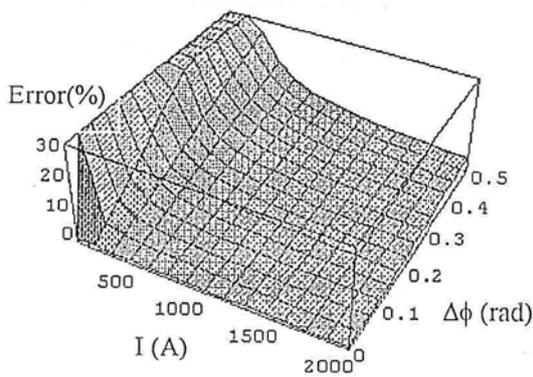


Figura 2. Error relativo de S debido al ángulo de desajuste del ERF en función de I y $\Delta\phi$.

B. Efecto del desajuste del ERF sobre el canal.

El uso de un ERF ideal en el extremo de un canal de fibra óptica permite que cualquier perturbación recíproca cuyo periodo sea mucho mayor que el tiempo que tarda la luz en recorrer el sistema completo sea anulada en el camino de vuelta ($S=-1$). Si el ERF tiene desajuste la birrefringencia lineal no será compensada, por lo que interesa, que aunque su valor sea alto para evitar el efecto local de las perturbaciones, que se mantenga $\eta < \alpha$. En la figura 3 se ha representado S para un valor constante $\eta=2.6$ rad/m en fibra SHB, variando α en un rango de 0 a 35 rad/m, siendo $\Delta\phi$ el desajuste en radianes del ERF. Eligiendo un canal de fibra SHB, con $\eta=2.6$ rad/m y $\alpha=31.3$ rad/m, el error es independiente de la longitud del canal y depende directamente de $\Delta\phi$ en el ERF, como se muestra en la figura 4.

C. Efecto del ERF sobre el sistema global

Si se considera ahora el sistema completo, fig.1, la respuesta teniendo en cuenta la acción del canal de fibra SHB sobre la señal obtenida a la salida del bucle sensor es bastante aceptable, obteniéndose un EdP muy similar al ideal. El efecto del desajuste del ERF se concentrará sobre la luz durante su paso

por el transductor, y se transmitirá a continuación por el canal sin alteraciones hasta el detector. En Fig.2 se observa que el error es alrededor de 0.3% para $\Delta\phi=\pm 1^\circ$ y corrientes de 1KA.

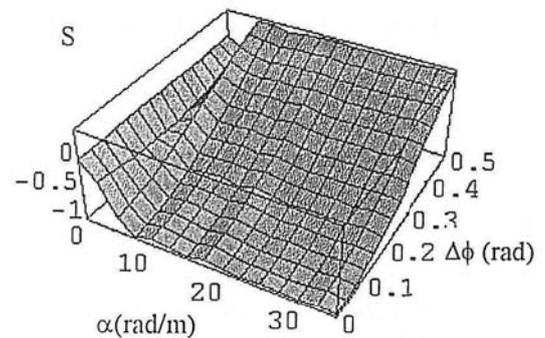


Figura 3. Evolución de S debido al ángulo de desajuste del ERF en función de α y $\Delta\phi$.

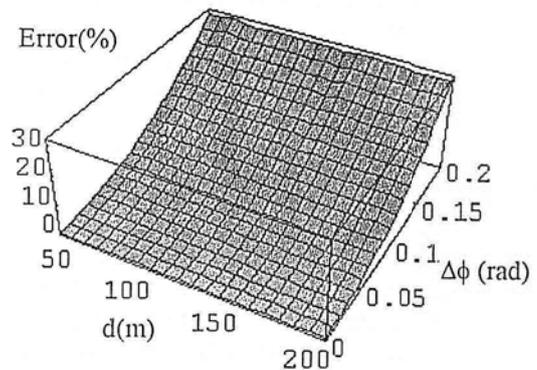


Figura 4. Error relativo de S en el canal debido al ángulo de desajuste del ERF en función de I y $\Delta\phi$.

Conclusiones

Se ha analizado el efecto que el desajuste de un espejo rotador de Faraday produce sobre un sensor de corriente con canal y transductor de fibra óptica spun de alta birrefringencia lineal. Los resultados demuestran que estos efectos son relativamente pequeños, lo que en desacuerdo con trabajos anteriormente publicados valida la utilización de la mencionada fibra en este tipo de sensor de corriente.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido soportado por el proyecto CICYT TIC'95-0631-C04-01.

Referencias

- 1 N.C. Pistoni, and M. Martinelli, "Vibration insensitive fiber-optic current sensor", Optics Letters, Vol.18, N°4, pp.314-316,1993.
- 2 T.Bosselman, Proc. OFS-9, pp. 297-300, Florence, 1993.
- 3 J.R. Qian, Q. Guo L. Li, IEE Proc. Optoelectro. Vol.141, N°6, pp 373-380, 1994
- 4 R.I. Laming, and D.N. Payne, J. Lightwave Technology, Vol.7, N°12, pp. 2084-2094, 1989.
- 5 J.L. Arce-Diego, R. López Ruisanchez, M.A. Muriel, J.M. López Higuera, Optical Fiber Technology, Vol.3, pp.347-355, 1997.