

SENSOR MAGNETO-ESTRITIVO EM FIBRA ÓPTICA TIPO-D PARA MEDIÇÃO DE CORRENTES ELÉCTRICAS

P. M. Cavaleiro, F. M. Araújo e A. B. Lobo Ribeiro

UTOE, INESC Porto, R. Campo Alegre 687, 4150 Porto, Portugal (pmcaval@goe.fc.up.pt)

É descrito um sensor de corrente eléctrica baseado na curvatura de uma micro-estrutura de Bragg escrita no núcleo de uma fibra óptica com um perfil de bainha tipo-D. De forma a introduzir curvatura como resultado da passagem de corrente eléctrica, foi construído um mecanismo transdutor baseado num material magneto-estritivo. O esquema proposto revelou grande eficácia para a medição de correntes contínuas ou de frequência muito reduzida.

Os sensores de corrente eléctrica em fibra óptica tem sido durante os últimos anos, motivo de grande interesse¹. Todo este interesse é justificado por algumas das propriedades intrínsecas às fibras ópticas, nomeadamente a imunidade a interferências electro-magnéticas, o isolamento eléctrico, dimensões reduzidas e baixos custos comparativamente a sensores convencionais. Estas duas últimas características podem ser ainda consideravelmente optimizadas através da utilização de micro-estruturas de Bragg como elementos sensores. Desde da descoberta da fotosensibilidade de fibras ópticas dopadas com Germânio², as micro-estruturas de Bragg tem sido largamente utilizadas na detecção de temperatura e tensão mecânica³. Recentemente, a utilização destas estruturas para a medição de correntes eléctricas foi demonstrada na literatura⁴.

As fibras ópticas monomodo com uma bainha de perfil tipo-D revelam uma acentuada birrefringência. Em consequência o perfil espectral da luz reflectida pelas micro-estruturas de Bragg escritas no núcleo destas fibras, é extremamente dependente da polarização⁵. Além disso, devido ao seu perfil assimétrico, as variações do comprimento de onda de Bragg são muito mais sensíveis à curvatura da fibra do que o registado em fibras convencionais. A periodicidade efectiva da micro-estrutura de Bragg é alterada pela compressão ou tracção da fibra, dependendo da posição da secção transversal da fibra em relação ao eixo de curvatura. Foi recentemente demonstrado, que o comprimento de onda reflectido por estas micro-estruturas varia linearmente com o inverso da curvatura aplicada⁶. Esta situação sugere uma possível aplicação para a medição de correntes eléctricas.

O elemento transdutor terá como função introduzir curvatura na micro-estrutura de Bragg em resposta à passagem de corrente eléctrica. Para tal fixamos esta estrutura à parede externa de um anel construído com um material magneto-estritivo (MetGlasTM 2605S). O anel magneto-estritivo é colocado na proximidade de um solenóide (comprimento $L=30$ mm, diâmetro $D=240$ mm) de forma a que o seu eixo longitudinal permaneça paralelo às espiras (Fig. 1). Desta forma, a curvatura do anel é alterada na presença do campo magnético criado pela passagem da corrente eléctrica I no solenóide.

A luz proveniente do LED ($\lambda_0=1538$ nm, $\Delta\lambda=76$ nm)

chega à cabeça do sensor através de um acoplador em fibra óptica com um factor de divisão de 3 dB.

A micro-estrutura de Bragg (D-Type FBG) foi escrita no núcleo de uma fibra óptica tipo-D (Andrew 205170), previamente hidrogenada numa câmara de alta pressão. O comprimento de onda central reflectido pelo D-Type FBG é de 1521.4 nm. Depois de fixar esta estrutura à parede do anel de MetGlasTM (diâmetro = 25 mm) o comprimento de onda passou a ser 1524.0 nm.

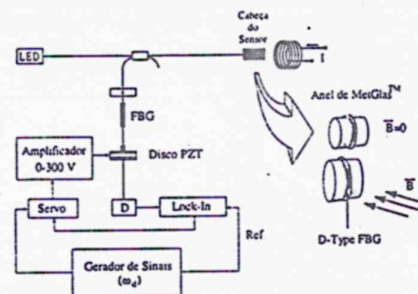


Fig. 1 Desenho esquemático do sensor de corrente.

Para desmodular o sinal reflectido pelo D-Type FBG colocado na cabeça sensora, outra micro-estrutura de Bragg (FBG) escrita numa fibra óptica convencional, foi fixada entre uma carruagem micrométrica e um disco piézo-eléctrico (PZT). O circuito de Servo⁷ descrito na Fig. 1 gera um sinal eléctrico de compensação que permite ao disco PZT manter a estrutura FBG sintonizada com o D-Type FBG. O sistema que cria este sinal de compensação funciona em circuito fechado, o que significa que qualquer desvio do comprimento de onda reflectido pela cabeça sensora é acompanhado pela respectiva actualização do comprimento de onda reflectido por FBG. Desta forma o perfil espectral das duas estruturas permanece sempre sintonizado. O sinal de compensação é a resposta do sistema à alteração da corrente eléctrica no solenóide. Para dar início à operação em circuito fechado, as duas micro-estruturas de Bragg foram previamente sintonizadas com a ajuda da carruagem micrométrica. A Fig. 2 descreve o comportamento do sinal de

compensação ($V_{\text{integrador}}$) em função do valor da corrente eléctrica I aplicada ao solenóide. Este gráfico mostra claramente, que o sinal de compensação tem um comportamento razoavelmente linear com a corrente eléctrica I .

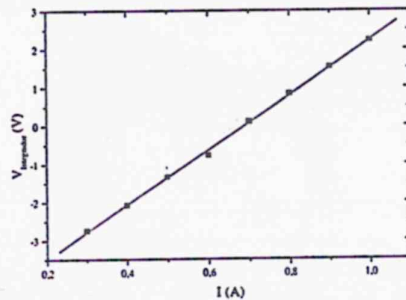


Fig. 2 Sinal de compensação em função da corrente eléctrica aplicada ao solenóide.

A eficácia do sistema em circuito fechado (Loop fechado) é visível na Fig. 3. Quando o sistema funciona em circuito fechado o sinal à saída do amplificador Lock-In é significativamente menos sensível a variações bruscas da corrente I do que para um funcionamento em circuito aberto (Loop aberto).

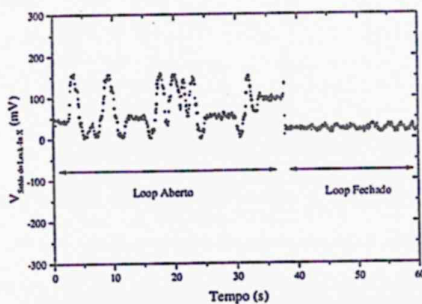


Fig. 3 Sinal à saída do Lock-In em circuito aberto e fechado.

Para medir a resolução do sistema, foi monitorado o sinal de compensação para pequenos saltos (100 mA) da corrente eléctrica I no solenóide. A partir do valor da razão sinal-ruído (SNR) extraído da Fig. 4, foi obtida uma resolução de $3.7 \text{ mA}/\sqrt{\text{Hz}}$.

A resolução dinâmica do sistema sensor foi determinada aplicando ao solenóide uma corrente eléctrica sinusoidal com 235 mA de amplitude e frequência de 2 Hz. Como esta frequência está dentro da largura de banda do sistema ($\approx 2.3 \text{ Hz}$), o sinal à saída do Servo pode ser utilizado como sinal de compensação. A Fig. 5 mostra o espectro eléctrico deste sinal. Para uma largura de banda de 0.12 Hz, a razão sinal-ruído (SNR) é aproximadamente 49.5 dB. Desta forma a resolução dinâmica é $\approx 2.3 \text{ mA}/\sqrt{\text{Hz}}$.

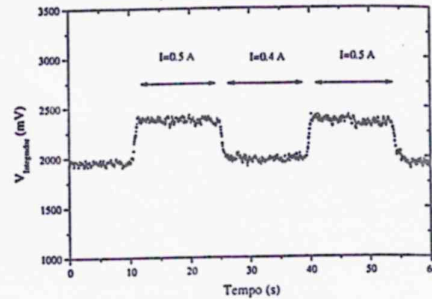


Fig. 4 Resposta do sistema a saltos de corrente de 100 mA.

Em conclusão, foi construído um sensor de corrente eléctrica com uma estrutura de Bragg escrita numa fibra óptica monomodo com perfil tipo-D. Este sensor revelou um bom comportamento na medição de correntes eléctricas contínuas ou de baixa frequência. A resolução é de 3.7 mA, e a resolução dinâmica é $\approx 2.3 \text{ mA}/\sqrt{\text{Hz}}$.

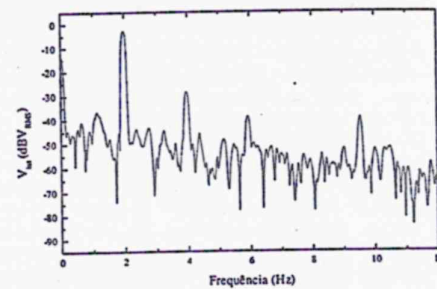


Fig. 5 Espectro eléctrico do sinal de compensação.

Agradecimentos: F.M. Araújo agradece o suporte financeiro do Programa PRAXIS XXI.

Referências:

- Y.N. Ning, Z.P. Wang, A.W. Palmer, K.T.V. Grattan and D.A. Jackson, 1995, Rev. Sci. Instrum. 66, 3097.
- K.O. Hill, Y. Fujii, D.C. Johnson and B.S. Kawasaki, 1978, Appl. Phys. Letters. 32, 647.
- A.B. Lobo Ribeiro, L.A. Ferreira, M. Tsvetkov, and J.L. Santos, 1996, Electron Lett. 32, 382.
- N.E. Fisher, P.J. Henderson and D.A. Jackson, 1997, Meas. Sci. Technol. 8, 1080.
- P. Niay, P. Bernage, T. Taunay, M. Douay, E. Delevaque, S. Boj, and B. Poumellec, 1995, IEEE Phot. Tech. Letters 7, 391.
- O.G. Okhotnikov, F.M. Araújo, and J.R. Salcedo, 1994, Appl. Phys. Letters 65, 2910.
- G.P. Grady, S. Hope, A.B. Lobo Ribeiro, D.J. Webb, L. Reekie, J.L. Archambault, and D.A. Jackson, 1994, Opt. Commun. 111, 51.