

MEDIÇÃO DE CORRENTES ELÉCTRICAS UTILIZANDO UMA MICRO-ESTRUTURA DE BRAGG EM FIBRA ÓPTICA

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

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

É descrito um sensor de corrente eléctrica híbrido que é baseado na combinação de uma rede de difracção em fibra óptica revestida com um filme metálico e um transformador de corrente tradicional. Foi obtida uma resolução na medição da corrente eficaz da ordem de 2 mA para a portadora de 50 Hz da rede de distribuição de energia eléctrica.

A utilização de fibras ópticas como elementos sensores na medição de correntes eléctricas, tem sido demonstrada através de métodos como: o efeito de Faraday¹, a deformação produzida por efeito magnetoestruturo de um material depositado na fibra² e por efeito térmico de modo a alterar o índice de refracção e/ou comprimento da fibra³. Recentemente, foi demonstrado um sistema para medição de correntes alternadas, que é baseado numa micro-estrutura de Bragg em fibra óptica fixa com epoxy a um transdutor piezo-eléctrico (PZT)⁴. No entanto, este método tem alguns inconvenientes: 1) comparativamente, elevadas tensões eléctricas têm de ser aplicadas ao PZT; 2) os PZT's estão limitados pela sua frequência de resposta devido às suas dimensões físicas; 3) como sensor de corrente em aplicações reais, necessita de um "shunt", o que torna o custo do sistema significativamente mais elevado.

A sensibilidade das fibras ópticas à temperatura, sugere uma aplicação potencial na medição de correntes eléctricas. Num dos primeiros esquemas a utilizar esta aplicação³, a corrente eléctrica percorre o revestimento metálico de um pequeno troço de fibra num braço de um interferómetro de Mach-Zehnder. Desta forma, a variação da tensão mecânica e do índice de refracção provocadas pela passagem da corrente eléctrica, alteram a fase da luz que se propaga no troço de fibra com o revestimento metálico. No entanto este esquema necessita de um mecanismo de compensação para evitar flutuações indesejáveis na amplitude do sinal detectado, causadas por variações diferenciais nos braços do interferómetro.

Este artigo descreve um sensor de corrente eléctrica que utiliza a sensibilidade à temperatura do comprimento de onda da luz reflectida por uma micro-estrutura de Bragg escrita no núcleo de uma fibra óptica monomodo. Para tal, um pequeno troço de fibra (onde se encontra a estrutura de Bragg) é revestido por uma película condutora. O calor dissipado pela passagem da corrente eléctrica no revestimento metálico determina o desvio do comprimento de onda da luz reflectida por esta estrutura. Este desvio é convertido num valor de potência óptica através de um esquema de desmodulação totalmente passivo, descrito na literatura por um dos autores³.

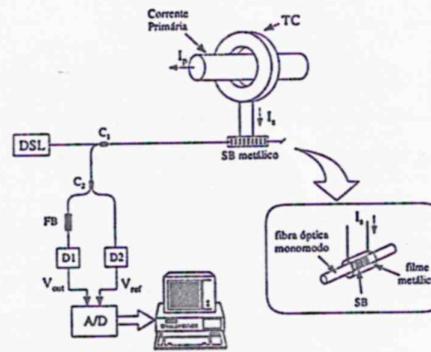


Fig. 1 Desenho esquemático do sensor de corrente em fibra óptica.

O esquemático deste sistema está representada na fig. 1. Um diodo super-luminescente (Superlum SLD 361) com um perfil de emissão espectral de luz centrado em 830 nm, com 20 nm de largura a meia altura, e uma potência óptica injectada na fibra de $\approx 2\text{mW}$, ilumina a estrutura de Bragg (SB) através de um acoplador em fibra óptica de 3 dB (C1). A estrutura de Bragg foi escrita no núcleo de uma fibra óptica monomodo convencional (previamente hidrogenada numa câmara de alta pressão), através do método da máscara de fase⁵. O sinal óptico reflectido por esta estrutura, revelou um perfil espectral centrado em $\approx 836\text{ nm}$ com uma largura a meia altura de $\approx 0.3\text{ nm}$ e uma reflectividade máxima de $\approx 85\%$. Na fig. 1 está representado um pormenor da estrutura de Bragg revestida com uma película de epoxy de prata. A extensão do revestimento foi de $\approx 2\text{ cm}$ com $\approx 1.4\text{ mm}$ de diâmetro, resultando numa resistência eléctrica de $\approx 1.2\ \Omega$. O secundário do transformador de corrente (um solenóide toroidal de Rogowski com um factor de conversão de 4000:1) é ligado aos eléctrodos do revestimento metálico que cobre a estrutura de Bragg. A corrente eléctrica que se pretende medir I_p é convertida por este transformador numa corrente de secundário I_s . O sinal óptico reflectido pela estrutura de Bragg é dividido pelo acoplador C2 em dois caminhos

ópticos. Um destes caminhos inclui um filtro bicónico (FB), cuja função de transferência tem um comportamento espectral periódico (período 3.5 nm) com um valor máximo de perdas na ordem dos 8 dB (fig.2). Para a banda dinâmica do sensor (835.9 – 836.8 nm), o filtro bicónico apresenta uma função de transferência aproximadamente linear com um declive ≈ 7 dB/nm.

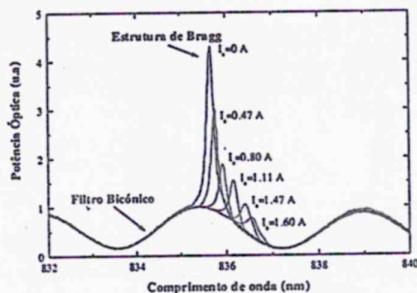


Fig. 2 Resposta espectral do filtro bicónico sobreposta ao perfil espectral do sinal óptico reflectido pela estrutura de Bragg para vários valores eficazes da corrente eléctrica no secundário do transformador de corrente (TC).

Um pequeno programa implementado em LabView™, permite determinar a razão entre os sinais separados pelo acoplador C2. Desta forma são eliminados possíveis fontes de erro, tal como flutuações de intensidade ou distribuição espectral da fonte óptica, e qualquer tipo de variação de intensidade no caminho óptico até ao acoplador C2.

A fig. 3 representa a resposta do sensor a uma corrente eléctrica I_s sinusoidal de frequência 50 Hz, para um intervalo de valores eficazes entre 70 e 400 mA.

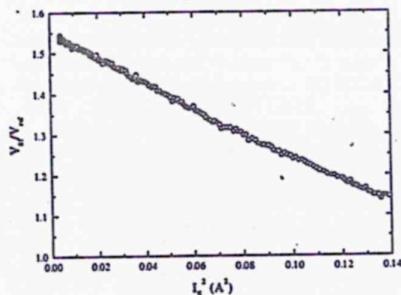


Fig. 3 Resposta do sensor em função do quadrado do valor eficaz da corrente eléctrica no secundário do TC.

Os resultados apresentados na fig. 3 permitem determinar uma resolução para o valor eficaz da corrente de 2 mA. A largura de banda do sistema sensor (determinada pelo valor a 3 dB da resposta em frequência a uma corrente com um valor RMS constante) é aproximadamente 2.2 Hz. A fig. 4 mostra a

resposta do sensor a pequenos saltos de corrente (75 mA). O tempo de resposta do sensor no aquecimento (salto de corrente positivo) é de 0.46 ± 0.01 s, enquanto que no arrefecimento (salto de corrente negativo) a resposta é um pouco mais lenta, 0.47 ± 0.01 s. Estes resultados determinam uma resolução dinâmica de $1.1 \text{ mA}/\sqrt{\text{Hz}}$. Um comportamento deste tipo é típico em dispositivos calorimétricos⁷.

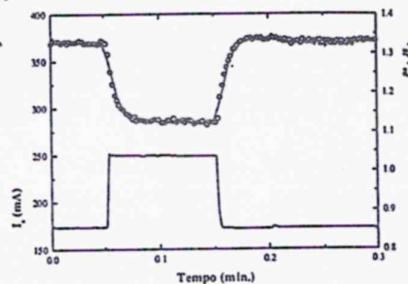


Fig. 4 Resposta do sensor (curva no topo superior) a um salto de corrente de 75 mA (topo inferior).

O tempo de resposta poderá ser significativamente reduzido optimizando o processo deposição do filme metálico (por exemplo, através da técnica de sputtering). Outro problema a considerar, é a existência de efeitos cruzados devidos às flutuações da temperatura ambiente e das tensões mecânicas. Para o resolver, deverá ser implementado um mecanismo de compensação.

Em conclusão, foi construído um sensor de corrente eléctrica com uma estrutura de Bragg revestida por uma fina camada metálica. Este sensor permite monitorar o valor eficaz da corrente eléctrica que percorre cabos de alta tensão a 50 Hz. A resolução é de 2 mA, e a resolução dinâmica é $\approx 1.1 \text{ mA}/\sqrt{\text{Hz}}$.

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

Referências:

- ¹ S.C. Rashleigh and R. Ulrich, Appl. Phys. Lett. 34, 768 (1979).
- ² K.P. Koo, A. Dandridge, A.B. Tveten and G.H. Sigel, Jr. J. of Lightwave Tech., 1, 524 (1983).
- ³ A. Dandridge, A.B. Tveten and T.G. Giallorenzi, Electron. Lett. 17, 523 (1981).
- ⁴ N.E. Fisher, P.J. Henderson and D.A. Jackson. Meas. Sci. Tech. 8, 1080 (1997).
- ⁵ A.B. Lobo Ribeiro, L.A. Ferreira, M. Tsevtkov and J.L. Santos. Proc. 10^o Conf. Nac. Física, 622, (1996).
- ⁶ F.M. Araújo, J.M. Sousa e A.B. Lobo Ribeiro. Proc. 9^o Conf. Nac. Física, 182 (1994).
- ⁷ C. Shyu and L.Wang. J. of Lightwave Tech. 12, 2040 (1994).