

保偏反射膜温度特性对 BGOCT 灵敏度影响的理论研究*

姜海丽 王政平 李庆波 黄宗军 史金辉 齐 异

(哈尔滨工程大学理学院, 哈尔滨 150001)

摘要 采用琼斯矩阵方法对保偏膜反射相移温度特性对块状光学电流互感器(BGOCT)灵敏度的影响作了理论研究,结果表明,当温度从5.3℃变化到39℃时,表征系统灵敏度的归一化尺度因子会在一定范围内变化.表明镀制于光学玻璃电流传感头上的保偏膜反射相移温度特性影响光学电流传感器的稳定性.因此,在实际系统设计中,对光学玻璃电流传感头应采取必要的温度控制或补偿措施.

关键词 反射相移;光学电流互感器;温度特性;尺度因子

中图分类号 TP212.14 **文献标识码** A

0 引言

电子式(含光学)电流传感技术是对电力输送工业中现有超高压大电流计量与线路保护技术的革命性变革.用电子式(含光学)电流互感器取代现有的以电磁感应为机理的油浸式电流互感器已是国内外业内人士的共识.国际电工委员会关于电子式(含光学)电流互感器的技术标准已经公布;我国相关的技术标准亦将出台.光学玻璃电流互感器就是电子式电流互感器中的一种.众所周知,光束在光学玻璃电流互感器(BGOCT: Bulk Glass Optical Current Transformer)传感头中的反射产生的反射相移(RIR: Reflection-Induced Retardance)会明显地影响BGOCT的灵敏度、稳定性以及抗外场干扰能力^[1,2].为了解决这个问题,已经先后提出了“双正交反射”^[3]、“临界角反射”^[4]以及“保偏反射膜”^[5-7]方案.对于保偏反射膜方案而言,尽管理想保偏膜的RIR为零,但真实膜总会存在一定的、尽管是很小的RIR.该相移会随环境温度改变而变化,因而破坏系统的温度稳定性.目前,关于保偏反射膜对BGOCT性能影响的报道尚很罕见.因此仍有必要研究RIR温度特性对BGOCT性能的影响.本文仅报告当环境温度从5.3℃变化到39℃时,保偏膜的RIR温度特性对BGOCT灵敏度影响的理论研究结果.由于事实上在实验中没有办法将反射膜的影响与线性双折射的影响分离开,因此笔者无法提供相应的实验结果.本文的研究结果对BGOCT理论研究与工程设计有一定的参考价值.

1 保偏反射膜温度特性的实验研究结果

为了了解保偏反射膜温度特性,并为本文理论工作选定的膜特性随温度变化范围提供实验依据,依照笔者先前报告的对RIR的测量方法^[8],利用自制小型温度实验箱对保偏反射膜反射相移的温度特性进行了实验.其结果如图1所示.从中可知,当温度从5.3℃变化到39℃时,RIR的大小将会发生改变:当温度为39.0℃时,RIR最小,为2.906°;当温度为19.8℃时,RIR最大,为3.647°.因此,本研究将RIR的变化范围取为从2.906°到3.647°.

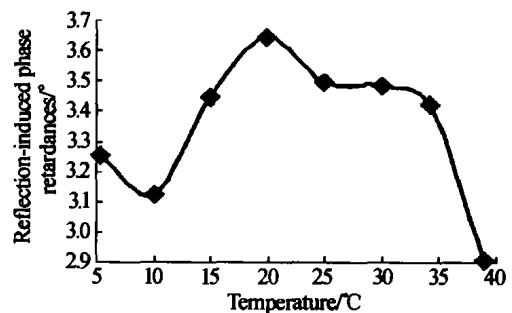


图1 反射相移的温度特性曲线

Fig. 1 The relation of reflection-induced retardance vs. the temperature

2 RIR 温度特性对 BGOCT 灵敏度的影响

单层介质保偏反射膜型 BGOCT 传感头的模型及其细节已在文献[7]中报道,本文不再赘述.

传感头中的光学过程用琼斯矩阵表示为

$$E_{out} = F_4 R_3 F_3 R_2 F_2 R_1 F_1 E_{in} \quad (1)$$

其中各个矩阵的物理含义见文献[7,9,10,11].

式(1)中 p, s 分量的光强度为

$$J_p = E_p^* E_p \quad (2)$$

*黑龙江省自然科学基金资助项目(编号:F01-02)

Tel:0451-82518226 Email:jianghaili2000@yahoo.com.cn

收稿日期:2003-11-03

$$J_s = E_s^* E_s \quad (3)$$

式中, E_p^* 、 E_s^* 分别为 E_p 、 E_s 的复共轭函数.

经过信号处理电路做“差除以和”处理后得到的测量结果为

$$U_{\text{out}} = \frac{J_s - J_p}{J_s + J_p} = U_{\text{out}}(\Delta_j) \quad (4)$$

不失一般性并简化计算过程, 设 3 个反射面上的反射膜厚度相同, 则 3 个面上的反射相移一样大, 记为 Δ , 则有

$$U_{\text{out}} = U_{\text{out}}(\Delta) \quad (5)$$

定义尺度因子为

$$S = \frac{U_{\text{out}}}{I} = S(\Delta) \quad (6)$$

则 S 可以表征系统的灵敏度, 即输出曲线的斜率. 由实验可知反射相移 Δ 是温度 T 的函数. 所以可知系统输出信号 U_{out} 以及尺度因子 S 也是 T 的函数, 即

$$S = W(T) \quad (7)$$

由式(1)~(7), 可以算出当温度从 5.3℃ 变化到 39℃ 时, 归一化尺度因子随之改变的情况. 变化曲线如图 2 所示. 其中已将理想情况(反射相移为零)下的尺度因子设定为 1.

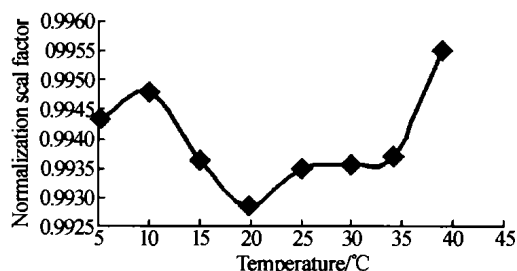


图 2 归一化尺度因子的温度特性曲线图

Fig. 2 The graph showing the temperature features of the normalized scale factor

从图 2 所示结果可知: 当温度从 5.3℃ 变化到 39℃ 时, 系统的尺度因子在 0.9928 至 0.9955 之间变化, 其相对变化率为 0.27%, 接近 0.3%, 已超过国家有关电流互感器 0.2 准确级允许的误差范围. 在国家相关技术标准规定的 $-40^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 温度范围内, 系统尺度因子的变化范围将更大. 因此有必要采取相应的技术措施来控制光学玻璃电流传感头的温度变化范围, 以保证其尺度因子变化小于 0.2%.

3 结论

在对保偏反射膜反射相移的温度特性实验研究的基础上, 对该温度特性对保偏反射膜型光学电流互感器输出灵敏度的影响进行了理论分析和计算机仿真. 结果表明, 当系统所处环境温度从 5.3℃ 变化到 39℃ 时, 会引起反射相移从 2.906° 到 3.647° 的改变,

导致系统的归一化尺度因子在 0.9928 至 0.9955 之间变化, 其相对变化率为 0.27%, 接近 0.3%, 影响了系统灵敏度的温度稳定性, 已超过国家有关电流互感器 0.2 准确级允许的误差范围. 因此, 为了提高其温度稳定性, 保证光学电流传感器满足相应的国家标准的要求, 应尽量采取必要的技术措施以保持光学玻璃电流传感头温度尽可能的稳定.

参考文献

- 1 Wang Z P, Sun W M, Ruan S L, et al. Quantitative analysis of effects of reflection-induced retardance on the sensitivity of bulk-optic-material current sensors. *J of Optoelectronics Laser (JOEL)*, 1998, 9: Supp., 269 ~ 271
- 2 Wang Z P, Sun W M, Huang Z J, et al. Effects of reflection-induced retardance on the EMI immunity of bulk optic-material current sensors. *J of Optoelectronics Laser (JOEL)*, 1998, 9: Supp., 266 ~ 268
- 3 Sato T, Takahashi T, Inul Y, et al. Method and apparatus for optically measuring a current. *European Patent* 0 088 419 A1. 1983-10-22
- 4 Ning Y N, Chu B C B, Jackson D A. Miniature Faraday current sensor based on multiple critical angle reflections in a bulk-optic ring. *Optical Letter*, 1991, 24 (16): 1996 ~ 1998
- 5 Rochford K B, Rose A H, Deeter M N, et al. Faraday effect current sensor with improved sensitivity- bandwidth product. *Optical Letter*, 1994, 22(19): 1903 ~ 1905
- 6 Yoshino T, Gojyuki M, Takahashi Y, et al. Single glass block Faraday effect current sensor with homogeneous isotropic closed optical circuit. *Appl Opt*, 1997, 36 (22): 5566 ~ 5573
- 7 Wang Z P, Huang Z J, Kang C, et al. Optical current sensing element with single medium layers for high voltage applications. *Optics & Laser Technology*, 1999, 31 (10): 455 ~ 458
- 8 Zhao Y C, Wang Z P, Li Q B, et al. Method to estimate the reflection-induced retardance of bulk glass optical current sensing head. *Optics & Laser Technology*, 2003, 35 (7): 281 ~ 284
- 9 王政平, 李庆波, 王慧丽, 等. 光学玻璃电流传感头线性双折射的一种测量方法. *光子学报*, 2003, 32(5): 612 ~ 614
Wang Z P, Li Q B, Wang H L, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2003, 32(5): 612 ~ 614
- 10 王政平, 李庆波, 冯瑞颖, 等. 起偏器参量对光学电流传感器性能的影响. *光子学报*, 2003, 32(4): 444 ~ 447
Wang Z P, Li Q B, Feng R Y, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2003, 32(4): 444 ~ 447
- 11 王政平, 李庆波, 刘晓瑜, 等. 线性双折射对光学玻璃电流传感器输出特性影响的理论分析. *光子学报*, 2004, 33(7): 818 ~ 822
Wang Z P, Li Q B, Liu X Y, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2003, 33(7): 818 ~ 822

Theoretical Study of Effect of Temperature Features of Polarization-preserving Reflecting Layer on Sensitivity of Bulk Glass Optical Current Transformers

Jiang Haili, Wang Zhengping, Li Qingbo, Huang Zongjun, Shi Jinhui, Qi Yi
Science School, Harbin Engineering University, 2 Yiman St., Nangang Dist., Harbin 150001

Received date: 2003-11-03

Abstract The effect of the temperature features of reflection - induced retardance of the polarization-preserving total reflecting single medium layer upon the sensitivity and stability of a bulk glass optical current transformer is theoretically studied using Jones Matrix method. The results show that the normalized scale factor representing the system sensitivity changed in a certain range with the temperature varying from 5.3°C to 39°C, which means the BGOCT's stability is affected by the temperature features of the reflection-induced retardance of the polarization-preserving reflecting single medium layer coated on the sensing head. Therefore some technical means of temperature compensation of control to the BGOCT's sensing head should be taken in the design procedures for practical systems.

Keywords Reflection-induced retardance; Optical current transformers; Temperature features; scale factor

Jiang Haili Lecturer at Harbin Engineering University (HEU), was born in 1976, in Gansu Province, China, received her bachelor degree at the Dept. of Physics of the Lanzhou University in 1998. Her primary area of research is optical engineering.

