

文章编号:1004-4213(2011)10-1536-6

反射式光学电压互感器光路建模及偏振误差分析

李彦,章敏,冯秀娟,李立京,李传生,杨明

(北京航空航天大学 仪器科学与光电工程学院,北京 100191)

摘要:光路系统的偏振误差极大地制约着准互易反射式光学电压互感器的准确度.借助琼斯矩阵,建立了分立光学器件及光纤熔接点的传输模型,推导出完整的电压互感器光路系统的数学模型.以此模型为基础,对电压互感器中的偏振误差进行了仿真分析.结果表明:光源偏振度、起偏器消光比及起偏器与相位调制器的对轴角度主要影响系统的检测灵敏度;法拉第准直旋光器的旋光角度、法拉第准直旋光器与BGO晶体的对轴角度误差是主要的偏振误差源,影响系统的测量准确度及稳定性;根据电子式电压互感器IEC60044-7 0.2S级标准,法拉第旋光角度误差应该小于 1.6° ,旋光器与BGO晶体对轴角度误差小于 1.85° .该研究对准互易反射式光学电压互感器光路设计和误差抑制具有一定的参考价值和指导意义.

关键词:光学电压互感器;传输模型;琼斯矩阵;偏振误差

中图分类号:TM451+.7

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20114010.1536

0 引言

随着现代电力系统的发展,尤其是电网运行电压等级的提高,迫切需要新型光学电压互感器来替代传统的互感器.光学电压互感器能够有效克服传统电压互感器的缺陷,它具有绝缘性能好、结构简单、重量轻、抗电磁干扰能力强、测量频带宽、动态范围大等优点.因此,它在电力系统有着广阔的应用前景,日益受到行业研究人员的重视^[1-3].国外发达国家的一些电力公司先后投入大量的人力物力进行相关产品的研发,目前已有成熟产品问世且挂网运行成功^[4-6].国内较国外起步晚,与国外相比还存在较大差距,互感器的测量准确度不高及运行稳定性和可靠性是制约其实用化的一个重要因素.

文献[7]提出了一种基于晶体Pockels效应的准互易反射式光学电压互感器新型方案.与传统块状晶体型方案相比,该方案采用准互易反射式光路和数字闭环检测技术,扩大了系统的动态范围且不受电光晶体半波电压的限制,抑制了光源光功率漂移对互感器测量准确度的影响^[8],提高了互感器的稳定性和抗干扰能力,具有广阔的应用前景.

但是在实际情况下,基于偏光干涉的准互易反射式光路,由于光路器件不理想及光路结构不完善,

将会造成参与干涉的两正交偏振模式之间发生交叉耦合,破坏光路结构的互易性,引入非互易性相移,从而引起测量误差,影响系统的测量准确度及稳定性^[9].因此,建立一种适用于准互易反射式光学电压互感器光路系统的物理模型是十分必要的.

本文对准互易反射式光学电压互感器结构,首先给出了准互易反射式光学电压互感器的基本原理,然后根据光学电压互感器的结构特点,对不理想情况下电压互感器光路系统各光学元器件及光纤熔接点建模,同时考虑到导致偏振交叉耦合的一些因素,建立了一种适用于工程分析的准互易反射式光学电压互感器光路系统的物理传输模型,仿真计算分析了各偏振误差对系统性能的影响,指出了主要偏振误差源.最后实验验证了法拉第准直旋光器与BGO晶体的对轴角度误差对系统性能的影响.

1 传输模型的建立

准互易反射式光学电压互感器的光路结构如图1,包括光源、环形器、起偏器、相位调制器、保偏延迟光缆、法拉第准直旋光镜、锗酸铋晶体、反射膜.图中1~7点是各元器件尾纤之间的熔接点, $L_1 \sim L_7$ 是光纤长度.其光路原理为:宽谱光源(Super Luminescent Diode, SLD)发出的光经环形器到达

基金项目:北京市教育委员会共建项目建设计划科学研究与科研基地建设项目资助

第一作者:李彦(1975-),女,讲师,博士,主要研究方向为光纤陀螺和光纤传感技术. Email: lett1rom@aspe.buaa.edu.cn

通讯作者:章敏(1986-),男,硕士研究生,主要研究方向为光纤传感技术. Email: zm19861126@163.com

收稿日期:2011-04-12;修回日期:2011-05-09

起偏器,变为线偏振光.起偏器尾纤与相位调制器尾纤以 45° 对轴熔接,则线偏振光均分为两个正交模式,经过相位调制器调制后分别沿着保偏延迟光线的快慢轴传输,到达传感头后,由准直透镜准直扩束,再耦合进法拉第旋光器,使光的偏振面发生旋转.此时,两正交线偏振模式旋转 45° ,垂直入射到 Pockels 传感单元,并经电光晶体表面反射膜反射后,返回传感单元,由此 Pockels 相移被加倍.再次

经过法拉第旋光器,两正交线偏振模式旋转 45° ,此时发生模式互换,并经相位调制器在起偏器处发生干涉.由于发生干涉的两束光,在光路的传输过程中,分别通过了保偏光纤的 X 轴和 Y 轴,只是在时间上略有差别,因此返回探测器的光只携带了传感头对它们的相位调制信息.其中保偏光纤延迟器的主要功能是降低调制频率并实现干涉信号的远距离传输^[9].

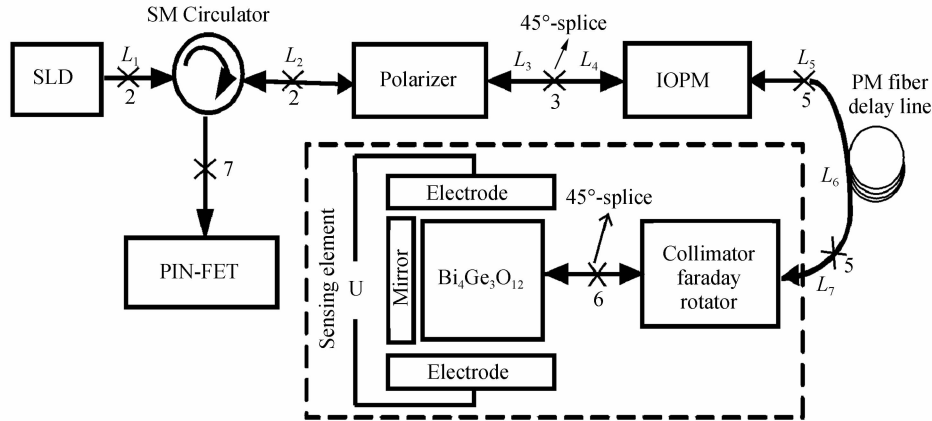


图1 准互易反射式光学电压互感器光路原理

Fig.1 Optical configuration of the quasi-reciprocal reflective optical voltage sensor

为了提高系统的动态范围和响应灵敏度,借鉴数字闭环光纤陀螺信号检测技术,在集成光学相位调制器处人为引入两个非互易相位差一方波偏置调制相移和阶梯波反馈调制相移.因此,探测器响应光强信息而输出的电压信号经过放大、滤波后送入 A/D 转换器转换为数字信号,然后送入基于 DSP + FPGA 的数字信号处理单元,经过一定的算法得到输出.同时,以输出量作为反馈量,经过 D/A 转换器及其驱动电路后加到相位调制器,在两束相干光间引入一个与 Pockels 相移大小相等、方向相反的反馈相移,实现闭环信号检测^[10].

1.1 器件的传输模型

建立数学模型之前,假设:1) 不考虑介质中光的背向光散射与反射;2) 系统是互易的,即介质是线性的,没有外磁场,时不变的(变化是“准静态的”);3) 偏振器的振幅消光系数 $\epsilon \neq 0$,即是非理想的;4) 不考虑电路系统对光路相位误差的补偿.针对准互易反射式光路,借助琼斯矩阵建立光路各器件及光纤的传输模型.

1.1.1 宽谱光源的琼斯矢量

SLD 光源输出的光波是具有一定偏振度的部分偏振光,设光源的偏振度为 p ,由光谱仪测试光源尾纤输出的光谱,输出光功率为 P ,则光源的琼斯矢量^[11-12]为

$$E_{in} = \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{(1+p)/2} \\ \sqrt{(1-p)/2} \end{pmatrix} \sqrt{P} \quad (1)$$

1.1.2 起偏器的琼斯矩阵

假设起偏器的琼斯矩阵与入射光的偏振情况无关,但与传播方向有关.其相应的传输矩阵为

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \epsilon \end{pmatrix} \quad (2)$$

式中, ϵ 为起偏器的振幅消光系数.

起偏器很重要的一个性能指标为消光比 ER ,它是度量偏振相关器件保持偏振态稳定性能的参量^[13],其定义为

$$ER = -10 \lg \epsilon^2 \quad (3)$$

1.1.3 相位调制器的琼斯矩阵

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\varphi(t-\tau)} \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$T' = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\varphi(t)} \end{pmatrix} \quad (5)$$

式中, $\varphi(t)$, $\varphi(t-\tau)$ 为相位调制器产生的调制相位, τ 为光往返两次通过相位调制器的时间差即渡越时间.

1.1.4 法拉第准直旋光器的琼斯矩阵

$$M_1 = \begin{pmatrix} \cos F & -\sin F \\ \sin F & \cos F \end{pmatrix} \quad (6)$$

式中, F 为法拉第准直旋光器的旋光角度,理想情况下, $F = 45^\circ$.

1.1.5 BGO 晶体的琼斯矩阵

$$M_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\delta} \end{pmatrix} \quad (7)$$

式中, δ 为信号光单程通过 BGO 晶体积累的 Pockels 相移.

1.1.6 传感晶体末端反射膜的坐标转换矩阵为

$$M_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

1.1.7 熔接点的琼斯矩阵

设各器件尾纤熔接以及对轴时有一定的角度误差 θ_i , 如图 1, 它对应的旋转矩阵为

$$R[\theta_i] = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \end{pmatrix} \quad (9)$$

式中, θ_i 是第 $i=1, 2, 3 \dots 7$ 熔点的熔接角度. 忽略单模熔接点 1, 2, 7 及 0° 对轴熔点 4, 5 引入的偏振误差, 仅考虑 3, 6 两个 45° 耦合点.

1.1.8 保偏传输光纤的琼斯矩阵

假设光路系统中的所有光纤是理想的, 则其传输矩阵为

$$M_{L_x} = \begin{pmatrix} \exp(j2\pi n_c L_x / \lambda) & 0 \\ 0 & \exp(j2\pi n_o L_x / \lambda) \end{pmatrix} \quad (10)$$

式中, n_c , n_o 分别是保偏光纤快慢轴的折射率, L_x ($X=1, 2, 3 \dots 7$) 是光纤的长度, λ 为光源的工作波长.

1.2 光路系统的数学模型

基于以上各个光学器件的传输模型, 结合光波在光路系统中传播时的路径, 可以得到电压互感器整个光路的数学模型, 即探测器接收到的干涉信号复振幅表达式为

$$E_{out} = P^T M_{L_3}^T R^T[\theta_3] M_{L_4}^T T^T M_{L_5}^T M_{L_6}^T M_{L_7}^T M_{L_1}^T R^T[\theta_6] \cdot M_2^T M_3 M_2 R[\theta_6] M_1 M_{L_7} M_{L_6} M_{L_5} T M_{L_4} R[\theta_3] \cdot M_{L_3} P M_{L_2} M_{L_1} E_{in} \quad (11)$$

根据干涉理论, 干涉光强表达式为

$$I = \langle E_{out} \cdot E_{out}^* \rangle \quad (12)$$

不考虑晶体附加双折射的情况下, 联立式(1~12)得到干涉光强的表达式为

$$I \approx \frac{P(1+p)}{4} \times \left\{ \left[1 + \frac{\epsilon^4(1-p) + 2\epsilon^2}{1+p} \right] + \frac{1}{4} [(1 + \cos 4\theta_3)(\cos 4F + \cos 4\theta_6)] \cdot \left[1 + \frac{\epsilon^4(1-p) - 2\epsilon^2}{1+p} \right] - \frac{(1 - \cos 4\theta_3)}{2} \cdot \left[1 + \frac{\epsilon^4(1-p) - 2\epsilon^2}{1+p} \right] \cos [\varphi(t) - \varphi(t-\tau) + \varphi] \right\} \quad (13)$$

式中 Φ 的表达式为

$$\varphi = \arctan \{ (4\sin 2F \sin 2\theta_6 \sin 2\delta) / [(2 - \cos 4F - \cos 4\theta_6) \cos 2\delta - (\cos 4F - \cos 4\theta_6)] \}$$

系统数字信号处理部分采用方波调制和阶梯波反馈的闭环解调时, 因此有

$$\varphi(t) - \varphi(t-\tau) = \pm \pi/2 + \varphi_i \quad (14)$$

式中 Φ_i 为阶梯波反馈相移, 可以反映电压互感器的数字输出.

将式(14)代入干涉信号表达式(13), 由闭环检测时干涉信号的交流分量为零, 可得 $\varphi_i = -\varphi$, 所以

$$\varphi_i = -\arctan \{ (4\sin 2F \sin 2\theta_6 \sin 2\delta) / [(2 - \cos 4F - \cos 4\theta_6) \cos 2\delta - (\cos 4F - \cos 4\theta_6)] \} \quad (15)$$

由式(15)可知, 准互易反射式光学电压互感器输出只与 Pockels 相移、法拉第旋光角度及其与晶体的对轴角度有关, 从而剔除了光源功率波动的影响.

2 偏振误差分析

2.1 偏振误差源对系统检测灵敏度的影响

准互易反射式光学电压互感器中, 对光波的偏振态要求很高, 在保偏光纤中要求传输的光为线偏振光. 而 SLD 光源发出光的偏振度一般不能满足要求, 为了获得较高的偏振度, 应该使用起偏器产生线偏振光. 由于光学电压互感器对偏振态要求严格, 所以起偏器起偏性能的好坏直接影响着光学电压互感器的测量准确度.

由式(13)可知, 干涉信号中直流分量经滤波电路后, 不参与信号解调, 不对解调结果产生影响, 因此仅分析式中的交流部分. 可以定义测量灵敏度

$$\text{Sensitivity} = 2^{-1} (1 - \cos 4\theta_3) \{ [(1 + \epsilon^4) + p(1 - \epsilon^4)] / 2 - \epsilon^2 \} \quad (16)$$

计算得电压互感器灵敏度和起偏器消光比、光源偏振度之间的关系, 如图 2. 由图 2 可知光源偏振度 p 和起偏器消光比越高, 系统的检测灵敏度也越大. 这是因为当光源尾纤足够长时, 到达起偏器的两偏振分量可认为是相互独立的, 最终的干涉光强为两独立偏振分量干涉信号的强度叠加. 随着光源偏振度的增大和起偏器消光比的提高, 光路中主偏振分量的光强也随之增大, 因此系统的检测灵敏度随

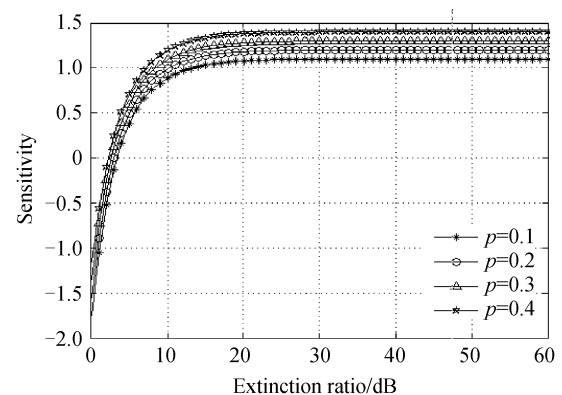


图 2 光源偏振度和起偏器消光比对系统检测灵敏度的影响
Fig. 2 Sensitivity varies with the degree of polarization and the extinction ratio

光源偏振度和起偏器消光比的增大而增大. 当消光比达到 20 dB 以上时, 对应于不同偏振度的光源, 系统检测灵敏度均趋于稳定值, 这可以作为挑选器件的一个标准.

当系统闭环检测电路增益足够大且其它参量不变化时, 能够抑制光源功率波动的影响^[8]; 又由式 (15) 可知, 反馈相移与起偏器消光比及起偏器与相位调制器的对轴角度 θ_3 无关. 综上所述, 光源偏振度、起偏器的消光比及起偏器与相位调制器的对轴角度这些因素的变化只会影响系统的检测灵敏度, 不会使电压互感器产生测量误差, 从而不会影响系统的测量准确度.

2.2 法拉第准直旋光器旋光角度误差对系统测量准确度的影响

法拉第准直旋光器的旋光角度 F 对光源波长漂移及外界温度变化敏感, 使得旋光角度必然偏离理想值, 从而产生测量误差. 令反馈相移 Φ_f 与真实 Pockels 相移 2δ 的相对误差为

$$\varepsilon_p = \frac{|\varphi_f - 2\delta|}{2\delta} \times 100\% \quad (17)$$

假设其它器件均为理想的情况下, 电光效应导致的 Pockels 相移大小为 $2\delta = 2 \times 10^{-5}$ rad, 由式 (17) 通过仿真计算得出了反馈相移相对误差 ε_p 随 F 的变化规律, 如图 3. 从图 3 中可以看出, 当法拉第准直旋光器的旋光角度为 45° , 反馈相移与真实 Pockels 相移大小相等, 不产生测量误差. 当法拉第准直旋光器的旋光角度偏离理想值时, 将会使反馈相移偏离真实 Pockels 相移, 产生测量误差. 当旋光角度在 $(43.2^\circ \sim 46.6^\circ)$ 范围内变化时, 相对误差在 0.2% 以内, 满足 IEC60044-7 0.2S 级标准. 因此, 法拉第准直旋光器旋光角度误差是导致系统输出偏差的主要原因之一, 影响了系统的测量准确度.

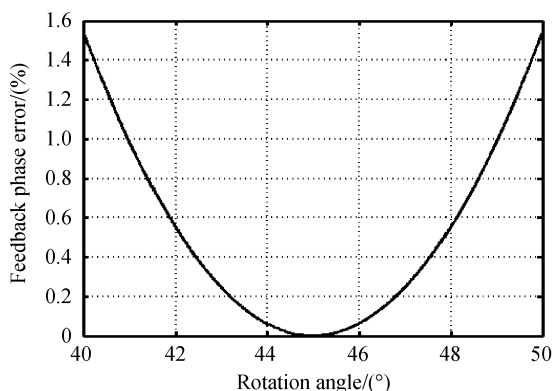


图 3 反馈相移相对误差与旋光角度的关系

Fig. 3 Feedback phase error varies with the collimator-Faraday Rotation angle

2.3 法拉第准直旋光器与 BGO 晶体的对轴角度误差对系统测量准确度的影响

由于器件制作工艺和外界因素的影响, 导致探头绝缘结构内应力分布变化, 从而改变法拉第准直旋光器与 BGO 晶体的对轴角度 θ_6 . 这里只考虑对轴角度变化的情况, 其它器件均为理想状态, 数值分析了对轴角度误差对反馈相移的影响, 如图 4 和图 5.

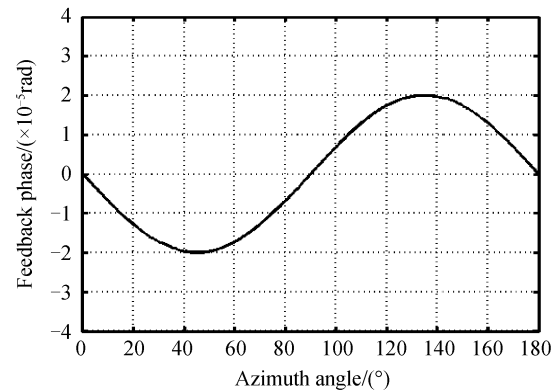


图 4 反馈相移与对轴角度 θ_6 的关系

Fig. 4 Feedback phase varies with the azimuth angle

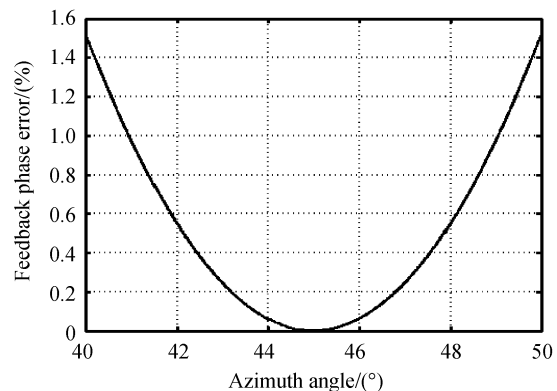


图 5 反馈相移相对误差与对轴角度 θ_6 的关系

Fig. 5 Feedback phase error varies with the azimuth angle

从图 4 中可以看出, 随着 θ_6 在 $0 \sim 180^\circ$ 变化的过程中, 反馈相移基本上成正弦变化, 且在对轴角度为 45° 和 135° 时达到峰值, 其值与实际光路中的电光延迟大小相等, 不会产生测量误差; 偏离这两个值时反馈相移均小于实际光路中的电光延迟, 从而使系统无法闭环, 将产生测量误差, 从而影响互感器测量准确度. 由图 5 可知, 要使互感器测量准确度满足 IEC60044-7 0.2S 级标准, θ_6 必须在 $(43.15^\circ \sim 46.85^\circ)$ 范围内变化时, 即对轴误差最大为 1.85° .

3 实验验证

利用光学平台搭建实验系统验证了法拉第准直旋光器与 BGO 晶体的对轴角度变化对系统测量准确度的影响. 实验中固定输入电压为 150 V, 调整法拉第准直旋光器与 BGO 晶体的对轴角度在 $0 \sim 180^\circ$ 之间每隔 2° 变化, 测试相应的系统输出, 测试结果如图 6.

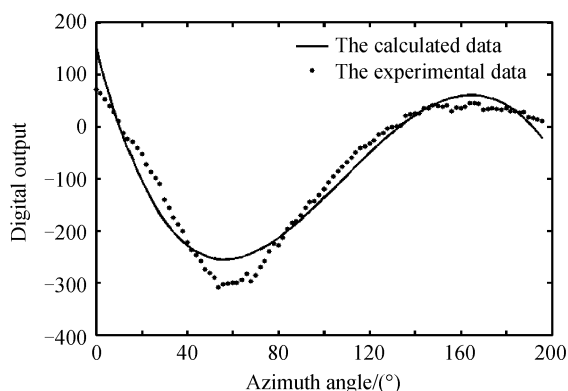


图6 法拉第准直旋光器与BGO晶体的对轴角度误差对系统测量准确度影响的实验研究

Fig. 6 The experimental results of the influence of the azimuth angle between collimator-Faraday rotator and the BGO crystal on the measurement accuracy

从图6可以看出,当调整法拉第准直旋光器与BGO晶体之间的对轴角度在 $0\sim 180^\circ$ 之间每隔 2° 变化时,发现系统输出基本上呈正弦变化,其测试结果与仿真结果基本吻合。当对轴角度为 56° 和 150° 时,系统输出均达到峰值,与仿真结果有较小的偏差。由于法拉第准直旋光器尾纤的快慢轴在光学平台旋转轴上的位置是任意摆放的,并且传感探头结构内应力分布不均匀及BGO晶体对温度变化敏感,使晶体内存在附加双折射,因此,系统输出最大时,光学平台上显示的对轴角度并不是 45° 或者 135° ,但是两次峰值之间的差值基本上是 90° ,这与理论分析是一致的。

4 结论

针对实际的准互易光学电压互感器光路结构,考虑到引起偏振误差的各种因素,建立了分立光学器件传输模型,推导了光路系统整体传输模型。仿真研究了各偏振误差对光学电压互感器系统性能的影响。研究表明:光源偏振度、起偏器的消光比影响系统的检测灵敏度和信噪比,在闭环检测电路增益足够大的情况下,不产生测量误差,从而不影响系统的测量准确度;法拉第准直旋光器的旋光角度、法拉第准直旋光器与BGO晶体的对轴角度误差是光路中的主要偏振误差源,且对光源波长漂移、外界环境扰动变化非常敏感,由此产生的测量误差是造成系统输出偏置漂移的主要原因,严重影响系统的测量准确度及稳定性;当旋光角度误差小于 1.6° 和对轴角度误差小于 1.85° 时,互感器测量准确度满足IEC60044-7 0.2S级标准。另外,本研究内容对进一步优化互感器光路系统设计、采取相应的措施抑制这些误差源,进一步提高光学电压互感器的测量准确度具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] LI Hong-bin, LIU Yan-bing. Optical current transformer based on comparater measurement[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(6): 708-710.
李红斌,刘延冰. 基于比较测量法的光学电流互感器[J]. 光子学报, 2004, **33**(6): 708-710.
- [2] TANG Li-jie, WU chong-qing, SHANG yu-feng, et al. Recent advances in fiber-optic voltage sensors [J]. *Semiconductor Optoelectronics*, 2002, **23**(4): 228-232.
唐丽杰,吴重庆,尚玉峰,等. 光纤电压传感器最新进展[J]. 半导体光电, 2002, **23**(4): 228-232.
- [3] CHRISTENSEN L H. Design, construction, and test of a passive optical prototype high voltage instrument transformer [J]. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1995, **10**(3): 1332-1337.
- [4] RAHMATIAN F, CHAVEZ P P, JAEGER A F. 230 kV optical voltage transducers using multiple electric field sensors [J]. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 2002, **17**(2): 417-422.
- [5] BOHNERT M I K, KOSTOYIC J. Fiber optic voltage sensor for SF₆ gas-insulated high voltage switchgear[J]. *Applied Optics*, 1999, **38**(10): 1926-1932.
- [6] CEASE T W, DRIGGANS J G, WEIKEL S J. Optical voltage and current sensors used in a revenue metering system [J]. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1991, **6**(4): 1374-1379.
- [7] LI Xia, LI Li-jing, ZHANG Chao-yang. An optical voltage sensor with reciprocal light path[J]. *Journal of Electronic Measurement and Instrument*, 2008, **Z1**: 293-296.
李霞,李立京,张朝阳. 一种具有互易光路的光学电压传感器[J]. 电子测量与仪器学报, 2008, 增刊:293-296.
- [8] XU Xiao-bin, XU Hong-jie, FENG Li-shuang, et al. Effect of power and dop of source in closed-loop FOG on system performance[J]. *Opto-electronic Engineering*, 2007, **34**(5): 62-66, 108.
徐小斌,徐宏杰,冯丽爽,等. 光源光功率和偏振度对闭环光纤陀螺的影响[J]. 光电工程, 2007, **34**(5): 62-66, 108.
- [9] WANG Xia-xiao, ZHANG Chun-xi, ZHANG Chao-yang, et al. Study of polarization errors of all fiber optical current transformers[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(2): 320-323.
王夏宵,张春熹,张朝阳,等. 全光纤电流互感器的偏振误差研究[J]. 光子学报, 2007, **36**(2): 320-323.
- [10] ZHANG Chao-yang, ZHANG Chun-xi, WANG Xia-xiao, et al. Signal processing system for digital closed-loop fiber optic current sensor [J]. *Proceedings of the CSEE*, 2009, **29**(30): 42-46.
张朝阳,张春熹,王夏宵,等. 数字闭环全光纤电流互感器信号处理方法[J]. 中国电机工程学报, 2009, **29**(30): 42-46.
- [11] MATHIS R F, MAY B, LASKO T. Polarization coupling in unpolarized IFOGs: effect of imperfect components [C]. *SPIE*, 1994, **2292**: 283-291.
- [12] BA Xiao-yan, ZHANG Gui-cai, LI Yong-bing, et al. The influence of SLD's spectral modulation on the performance of fiber-optic gyroscope[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2006, **35**(5): 680-683.
巴晓艳,张桂才,李永兵,等. SLD光谱调制对光纤陀螺性能影响[J]. 光子学报, 2006, **35**(5): 680-683.
- [13] 张桂才,王巍. 光纤陀螺仪[M]. 北京:国防工业出版社, 2002: 30-34.

Modeling of Optical Circuit and Analysis of Polarization Errors for the Reflective Optical Voltage Sensor

LI Yan, ZHANG Min, FENG Xiu-juan, LI Li-jing, LI Chuan-sheng, YANG Ming

(School of Instrument Science and Opto-electronics Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: The polarization errors of optical circuit limit the accuracy of the quasi-reciprocal reflective optical voltage sensor. The transmission models of discrete optical components and the splice points were developed based on the theory of Jones matrix. Also, a comprehensive transmission model of optical system was derived. The influences of polarization errors on the system performance were analyzed and simulated theoretically. The theoretical and experimental results show that the sensitivity is dependent on factors including the degree of polarization of the light source, the extinction ratio of the polarizer and the azimuth angle between the principle axes of the polarizer and the modulator, the polarization errors induced by which exhibit no influences on the accuracy when the gain of the electrical circuit is large enough. The polarization errors induced by the rotation angle of Faraday rotator, the azimuth angle of the collimator-Faraday rotator with respect to the BGO crystal can mainly result in measurement error, which is sensitive to the environmental changes and brings on the output drift. According to the standard of IEC 60044-7 0.2S, the rotation angle of Faraday rotator and the azimuth angle between collimator-Faraday rotator and BGO crystal should be less than 1.6° and 1.85° , respectively. It is also useful to the design of the optical circuit and the errors compensation of the quasi-reciprocal reflective optical voltage sensor.

Key words: Optical voltage sensor; Transmission model; Jones matrix; Polarization error