



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115112112 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 02

(21) 申请号 202210839577.6
(22) 申请日 2022.07.18
(65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 115112112 A
(43) 申请公布日 2022.09.27
(73) 专利权人 哈尔滨工业大学
 地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西
 大直街92号
(72) 发明人 王国臣 吴星亮 夏秀玮 张艺冉
 朱昌胜 田凯迪 高伟 王天宇
(74) 专利代理机构 哈尔滨市阳光惠远知识产权
 代理有限公司 23211
 专利代理师 姜明君
(51) Int. Cl.
 G01C 19/72 (2006.01)

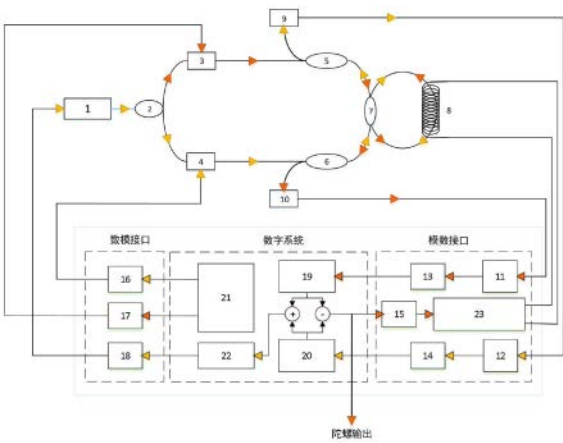
(56) 对比文件
 CN 102331258 A, 2012.01.25
 CN 113587914 A, 2021.11.02
 CN 101464151 A, 2009.06.24
 CN 101216314 A, 2008.07.09
 KR 20170006126 A, 2017.01.17
 US 2020041269 A1, 2020.02.06
 Wei Gao. Angular Random Walk
 Improvement of Resonator Fiber Optic Gyro
 by Optimizing Modulation Frequency.《IEEE
 Photonics Journal》.2019,第11卷(第4期),正
 文第1-14页.
 Wei Gao. Angular Random Walk
 Improvement of Resonator Fiber Optic Gyro
 by Optimizing Modulation Frequency.《IEEE
 Photonics Journal》.2019,第11卷(第4期),正
 文第1-14页.

审查员 王玲
 权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称
 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤
 陀螺及其闭环控制方法

(57) 摘要
 本发明涉及谐振式光纤陀螺领域,具体涉及
 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺
 及其闭环控制方法。激光器分别与50%1×2耦合
 器I和数模接口相连接,50%1×2耦合器I分别与
 相位调制器PMI和相位调制器PMII相连接,相位
 调制器PMI分别与环形器I、光电探测器PDI和数
 模接口相连接,相位调制器PMII分别与环形器
 II、光电探测器PD2和数模接口相连接;环形器I
 分别与输入端95%2×2耦合器II和光电探测器
 PDI相连接,环形器II、输入端95%2×2耦合器II
 和光电探测器PD2相连接,输入端95%2×2耦合
 器II与法拉第线圈相连接,光电探测器PDI、光电
 探测器PD2与法拉第线圈均和模数接口相连接。
 针对传统单闭环线性度和测量范围的矛盾和传
 统双闭环受限于控制系统的线性度和控制范围

的缺点。



CN 115112112 B

1. 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺的闭环控制方法, 其特征在于, 所述谐振式光纤陀螺包括激光器 (1)、50%1×2耦合器 I (2)、相位调制器 PMI (3)、相位调制器 PM II (4)、环形器 I (5)、环形器 II (6)、输入端95%2×2耦合器 II (7)、法拉第线圈 (8)、光电探测器 PDI (9)、光电探测器 PD2 (10)、数模接口、数字系统和模数接口;

所述激光器 (1) 分别与50%1×2耦合器 I (2) 和数模接口相连接, 所述50%1×2耦合器 I (2) 分别与相位调制器 PMI (3) 和相位调制器 PM II (4) 相连接, 所述相位调制器 PMI (3) 分别与环形器 I (5)、光电探测器 PDI (9) 和数模接口相连接, 所述相位调制器 PM II (4) 分别与环形器 II (6)、光电探测器 PD2 (10) 和数模接口相连接;

所述环形器 I (5) 分别与输入端95%2×2耦合器 II (7) 和光电探测器 PDI (9) 相连接, 所述环形器 II (6)、输入端95%2×2耦合器 II (7) 和光电探测器 PD2 (10) 相连接, 所述输入端95%2×2耦合器 II (7) 与法拉第线圈 (8) 相连接, 所述光电探测器 PDI (9)、光电探测器 PD2 (10) 与法拉第线圈 (8) 均和模数接口相连接;

所述数模接口与模数接口通过数字系统相连接;

所述数模接口包括数模转换器 DAC II (16)、数模转换器 DAC III (17) 和数模转换器 DAC IV (18);

所述数模转换器 DAC II (16) 与相位调制器 PM II (4) 相连接,

所述数模转换器 DAC III (17) 与相位调制器 PMI (3) 相连接,

所述数模转换器 DAC IV (18) 与激光器 (1) 相连接;

所述数字系统包括解调模块 I (19)、解调模块 II (20)、调制信号发生模块 (21) 和激光器锁频控制模块 (22);

所述调制信号发生模块 (21) 分别与数模转换器 DAC II (16) 和数模转换器 DAC III (17) 相连接,

将所述解调模块 I (19) 和解调模块 II (20) 输出的解调信号分别相加和相减后得到两路信号;

所述激光器锁频控制模块 (22) 接收解调模块 I (19) 和解调模块 II (20) 相加后得信号;

所述解调模块 I (19) 和解调模块 II (20) 相减后得信号传输给模数接口的模数转换器 ADC III (15), 并且为陀螺的输出信号;

所述模数接口包括模数接口低通滤波器 I (11)、低通滤波器 II (12)、模数转换器 ADC I (13)、模数转换器 ADC II (14)、模数转换器 ADC III (15) 和压控电流源 (23);

所述模数接口低通滤波器 I (11) 分别与光电探测器 PD2 (10) 和模数转换器 ADC I (13) 相连接,

所述压控电流源 (23) 分别与法拉第线圈 (8) 和模数转换器 ADC III (15) 相连接,

所述低通滤波器 II (12) 分别与光电探测器 PDI (9) 和模数转换器 ADC II (14) 相连接, 所述模数转换器 ADC II (14) 与解调模块 II (20) 相连接;

所述闭环控制方法具体为, 由于输出信号由两路解调值之差和法拉第线圈状态共同决定, 因此陀螺输出值即为法拉第线圈所通入电流所等价的转速值与解调输出所对应的转速值之和; 在解调曲线线性区划分两个阈值, 当解调信号超过左侧或右侧其中一个阈值时, 控制器便对应这个方向的相反方向产生一个恒定的控制量;

法拉第线圈控制信号呈现台阶状;

解调输出信号呈现为锯齿形的周期信号；

所述激光器发出的线偏振光经过1:1分束器后被分成两束,两束光各自通过铌酸锂相位调制器后其频率被调制成正弦信号形式,再经过环形器,由 2×2 光纤耦合器进入圆偏振谐振腔,在两个波片的作用下激光的偏振态由线偏振光转化为圆偏振光再转化为线偏光进而周期性变化,并且在耦合器处,顺逆时针两个方向上不同循环圈数的光形成多光束干涉,这个由于干涉形成的光强信号经过环形器被光电探测器接收并由模数转换器采集转化为数字电信号进入FPGA中的数字处理系统；

所述在解调曲线线性区划分两个阈值具体为,在输出的曲线图上,线性并不会随着横轴频差变大而等比例变大时,线性区两个端点处纵轴对应的输出值；

对两路信号的处理在形式和时间上是完全对称的,经过对信号的调制和解调可以得到顺逆时针两个和频率成正比的解调量,两个解调量的和与设定的以谐振谷底为中心的目标值作差作为误差信号,经过闭环控制器后通过激光器的调谐端对激光频率实现闭环锁定控制,使之锁定在顺逆时针方向两个谐振频率的中间位置；两个解调量之差作为陀螺另一个环路的控制信号,法拉第旋光控制器首先判断此输出值是否超过设定的线性区阈值,若果不超出此阈值则无动作,仅把两个解调量之差作为陀螺输出；若这个量超过线性区阈值,输出信号由两路解调值的差值和由旋光效应产生的等效输出两部分加和构成。

2. 根据权利要求1所述谐振式光纤陀螺的闭环控制方法,其特征在于,所述谐振式光纤陀螺的光电信号的传输具体为,可调谐激光器和50% 1×2 耦合器I (2) 相连,50% 1×2 耦合器I (2) 两路输出分别与相位调制器PMI (3) 和相位调制器PMII (4) 相连,相位调制器PMI (3) 与环形器I (5) 相连,同样的相位调制器PMII (4) 与环形器II (6) 相连,环形器I (5) 的输出端A和环形器II (6) 的输出端C与输入端95% 2×2 耦合器II (7) 进入圆偏振光纤环形谐振腔,环形器I (5) 的输出端B和环形器II (6) 的输出端D分别与光电探测器PDI (9) 和光电探测器PD2 (10) 相连,光电探测器PDI (9) 和光电探测器PD2 (10) 的输出信号分别与低通滤波器I (11)、低通滤波器II (12) 相连,从而进入数字系统。

3. 根据权利要求2所述谐振式光纤陀螺的闭环控制方法,其特征在于,所述数字系统中调制信号发生模块产生两路正弦电信号给到相位调制器PMI (3) 和相位调制器PMII (4),由低通滤波器过来电压信号经ADC送到解调模块,解调模块产生的输出和给到激光器调谐端,产生的输出差一方面作为陀螺的差分输出,另一方面给到压控电流源控制法拉第线圈 (8) 中的电流；法拉第线圈 (8) 套在光纤环上,两端连在压控电流源的输出端。

一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺及其闭环控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及谐振式光纤陀螺领域,具体涉及一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺及其闭环控制方法。

背景技术

[0002] 谐振式光纤陀螺(RFOG)是一种利用Sagnac效应在环形谐振器中产生多光束干涉谐振现象的角速率传感器,用于测量载体转速。相比于第一代(干涉式)光纤陀螺,谐振式光纤陀螺在航天、航空、航海等多个领域应用上更具有理论上的前景和优势,在达到与干涉式光纤陀螺同等精度的情况下使用更短的光纤,更短的光纤长度可以降低成本,降低陀螺对温度和压力的敏感程度,在陀螺小型化集成化方面具有明显优势。

[0003] 常见的谐振式光纤陀螺可分为单闭环系统和双闭环系统,在单闭环系统中随着转速的增大,工作点会在解调曲线上线性移动,对于线性度和测量范围两个量的调整趋势相反,不可能同时到达最优,只能通过标定、查表、插值的方式补偿其线性误差;在双闭环系统中由于理论上把工作点固定在零点,控制信号即为所要得到的输出信号,理论上线性度和测量范围的限制因素将不再是解调曲线,而是控制系统的线性度和控制范围。但由于控制系统需要引入差分控制量,控制器的系统型别,跟踪速度和控制精度等直接影响了系统的性能和精度,在一些特殊转速条件下,由控制器产生的微小噪声和稳态误差将混杂在输出信号中无法剔除,甚至还会导致陀螺脱离工作区进而失锁致使数据中产生大量毛刺。

发明内容

[0004] 本发明提供一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺及其闭环控制方法,针对传统单闭环线性度和测量范围的矛盾和传统双闭环受限于控制系统的线性度和控制范围的缺点。

[0005] 本发明通过以下技术方案实现:

[0006] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述谐振式光纤陀螺包括激光器1、50%1×2耦合器I2、相位调制器PMI3、相位调制器PMII4、环形器I5、环形器II6、输入端95%2×2耦合器II7、法拉第线圈8、光电探测器PDI9、光电探测器PD210、数模接口、数字系统和模数接口;

[0007] 所述激光器1分别与50%1×2耦合器I2和数模接口相连接,所述50%1×2耦合器I2分别与相位调制器PMI3和相位调制器PMII4相连接,所述相位调制器PMI3分别与环形器I5、光电探测器PDI9和数模接口相连接,所述相位调制器PMII4分别与环形器II6、光电探测器PD210和数模接口相连接;

[0008] 所述环形器I5分别与输入端95%2×2耦合器II7和光电探测器PDI9相连接,所述环形器II6、输入端95%2×2耦合器II7和光电探测器PD210相连接,所述输入端95%2×2耦合器II7与法拉第线圈8相连接,所述光电探测器PDI9、光电探测器PD210与法拉第线圈8均

和模数接口相连接；

[0009] 所述数模接口与模数接口通过数字系统相连接。

[0010] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述数模接口包括数模转换器DAC II 16、数模转换器DAC III 17和数模转换器DAC IV 18;

[0011] 所述数模转换器DAC II 16与相位调制器PM II 4相连接,

[0012] 所述数模转换器DAC III 17与相位调制器PM I 3相连接,

[0013] 所述数模转换器DAC IV 18与激光器1相连接。

[0014] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述数字系统包括解调模块I 19、解调模块 II 20、调制信号发生模块21和激光器锁频控制模块22;

[0015] 所述调制信号发生模块21分别与数模转换器DAC II 16和数模转换器DAC III 17相连接,

[0016] 将所述解调模块I 19和解调模块 II 20输出的解调信号分别相加和相减后得到两路信号;

[0017] 所述激光器锁频控制模块22接收解调模块I 19和解调模块 II 20相加后得信号;

[0018] 所述解调模块I 19和解调模块 II 20相减后得信号传输给模数接口的模数转换器ADC I 15,并且为陀螺的输出信号。

[0019] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述模数接口包括模数接口低通滤波器I 11、低通滤波器 II 12、模数转换器ADC I 13、模数转换器ADC II 14、模数转换器ADC I 15和压控电流源23;

[0020] 所述模数接口低通滤波器I 11分别与光电探测器PD 210和模数转换器ADC I 13相连接,

[0021] 所述压控电流源23分别与法拉第线圈8和模数转换器ADC I 15相连接,

[0022] 所述低通滤波器 II 12分别与光电探测器PD I 9和模数转换器ADC II 14相连接,所述模数转换器ADC II 14与解调模块 II 20相连接。

[0023] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述谐振式光纤陀螺的光电信号的传输具体为,可调谐激光器和50%1×2耦合器I 2相连,50%1×2耦合器I 2两路输出分别与相位调制器PM I 3和相位调制器PM II 4相连,相位调制器PM I 3与环形器I 5相连,同样的相位调制器PM II 4与环形器 II 6相连,环形器I 5的输出端A和环形器 II 6的输出端C与95%2×2耦合器 II 7进入圆偏振光纤环形谐振腔,环形器I 5的输出端B和环形器 II 6的输出端D分别与光电探测器PD I 9和光电探测器PD 210相连,光电探测器PD I 9和光电探测器PD 210的输出信号分别与低通滤波器I 11、低通滤波器 II 12相连,从而进入数字系统。

[0024] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述数字系统中调制信号发生模块产生两路正弦电信号给到相位调制器PM I 3和相位调制器PM II 4,由低通滤波器过来电压信号经ADC送到解调模块,解调模块产生的输出和给到激光器调谐端,产生的输出差一方面作为陀螺的差分输出,另一方面给到压控电流源控制法拉第线圈8中的电流;法拉第线圈8套在光纤环上,两端连在压控电流源的输出端。

[0025] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺的闭环控制方法,所述闭环控制方法具体为,由于输出信号由两路解调值之差和法拉第线圈状态共同决定,因此陀螺输出值即为法拉第线圈所通入电流所等价的转速值与解调输出所对应的转速值之和;在解调曲线

线性区划分两个阈值,当解调信号超过左侧或右侧其中一个阈值时,控制器便对应这个方向的相反方向产生一个恒定的控制量;

[0026] 法拉第线圈控制信号呈现台阶状;

[0027] 解调输出信号呈现为锯齿形的周期信号。

[0028] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺的闭环控制方法,所述在解调曲线线性区划分两个阈值具体为,在输出的曲线图上,线性并不会随着横轴频差变大而等比例变大时,线性区两个端点处纵轴对应的输出值。

[0029] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺的闭环控制方法,所述激光器发出的线偏振光经过1:1分束器后被分成两束,两束光各自通过铌酸锂相位调制器后其频率被调制成正弦信号形式,再经过环形器,由2×2光纤耦合器进入圆偏振谐振腔,在两个波片的作用下激光的偏振态由线偏振光转化为圆偏振光再转化为线偏光进而周期性变化,并且在耦合器处,顺逆时针两个方向上不同循环圈数的光形成多光束干涉,这个由于干涉形成的光强信号经过环形器被光电探测器接收并由模数转换器采集转化为数字电信号进入FPGA中的数字处理系统。

[0030] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺的闭环控制方法,对两路信号的处理在形式和时间上是完全对称的,经过对信号的调制和解调可以得到顺逆时针两个和频率成正比的解调量,两个解调量的和与设定的以谐振谷底为中心的目标值作差作为误差信号,经过闭环控制器后通过激光器的调谐端对激光频率实现闭环锁定控制,使之锁定在顺逆时针方向两个谐振频率的中间位置;两个解调量之差作为陀螺另一个环路的控制信号,法拉第旋光控制器首先判断此输出值是否超过设定的线性区阈值,若果不超出此阈值则无动作,仅把两个解调量之差作为陀螺输出;若这个量超过线性区阈值,输出信号由两路解调值的差值和由旋光效应产生的等效输出两部分加和构成。

[0031] 本发明的有益效果是:

[0032] 本发明在保留了双闭环的高线性度,大动态范围等优势的基础上进一步减小了控制系统的短期波动和稳态误差等,能够更好的在各种复杂的转速情况下工作。

附图说明

[0033] 图1是本发明的谐振陀螺系统示意图。

[0034] 图2是本发明的解调曲线阈值示意图。

[0035] 图3是本发明的控制信号和解调信号随转速变化曲线图,其中,图3- (a) 为控制信号随转速变化曲线图,图3- (b) 为解调信号随转速变化曲线图。

[0036] 图4是本发明的控制信号和解调信号随转速变化曲线图,其中,图4- (a) 解调曲线图,图4- (b) 为解算后的系统输出曲线图。

[0037] 图5是本发明艾伦方差测试结果(蓝色曲线)与典型双闭环方案的对比曲线图。

具体实施方式

[0038] 下面将结合本发明实施例中的附图对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实

施例,都属于本发明保护的范围。

[0039] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述谐振式光纤陀螺包括激光器1、50%1×2耦合器I2、相位调制器PMI3、相位调制器PMII4、环形器I5、环形器II6、输入端95%2×2耦合器II7、法拉第线圈8、光电探测器PDI9、光电探测器PDII10、数模接口、数字系统和模数接口;

[0040] 所述激光器1分别与50%1×2耦合器I2和数模接口相连接,所述50%1×2耦合器I2分别与相位调制器PMI3和相位调制器PMII4相连接,所述相位调制器PMI3分别与环形器I5、光电探测器PDI9和数模接口相连接,所述相位调制器PMII4分别与环形器II6、光电探测器PDII10和数模接口相连接;

[0041] 所述环形器I5分别与输入端95%2×2耦合器II7和光电探测器PDI9相连接,所述环形器II6、输入端95%2×2耦合器II7和光电探测器PDII10相连接,所述输入端95%2×2耦合器II7与法拉第线圈8相连接,所述光电探测器PDI9、光电探测器PDII10与法拉第线圈8均和模数接口相连接;

[0042] 所述数模接口与模数接口通过数字系统相连接。

[0043] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述数模接口包括数模转换器DACII16、数模转换器DACIII17和数模转换器DACIV18;

[0044] 所述数模转换器DACII16与相位调制器PMII4相连接,

[0045] 所述数模转换器DACIII17与相位调制器PMI3相连接,

[0046] 所述数模转换器DACIV18与激光器1相连接。

[0047] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述数字系统包括解调模块I19、解调模块II20、调制信号发生模块21和激光器锁频控制模块22;

[0048] 所述调制信号发生模块21分别与数模转换器DACII16和数模转换器DACIII17相连接,

[0049] 将所述解调模块I19和解调模块II20输出的解调信号分别相加和相减后得到两路信号;其中 $\oplus$ 为相加后的信号,用于实现激光器锁频;-为相减后的信号,作为陀螺系统输出。

[0050] 所述激光器锁频控制模块22接收解调模块I19和解调模块II20相加后得信号;

[0051] 所述解调模块I19和解调模块II20相减后得信号传输给模数接口的模数转换器ADCI15,并且为陀螺的输出信号。

[0052] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述模数接口包括模数接口低通滤波器I11、低通滤波器II12、模数转换器ADCI13、模数转换器ADCII14、模数转换器ADCI15和压控电流源23;

[0053] 所述模数接口低通滤波器I11分别与光电探测器PD210和模数转换器ADCI13相连接,

[0054] 所述压控电流源23分别与法拉第线圈8和模数转换器ADCI15相连接,

[0055] 所述低通滤波器II12分别与光电探测器PDI9和模数转换器ADCII14相连接,所述模数转换器ADCII14与解调模块II20相连接。

[0056] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述谐振式光纤陀螺的光电信号的传输具体为,可调谐激光器和50%1×2耦合器I2相连,50%1×2耦合器I2两路输出分别与相位调制器PMI3和相位调制器PMII4相连,相位调制器PMI3与环形器I5相连,同样的相位

调制器PM II 4与环形器 II 6相连,环形器I5的输出端A和环形器 II 6的输出端C与95%2×2耦合器 II 7进入圆偏振光纤环形谐振腔,环形器I5的输出端B和环形器 II 6的输出端D分别与光电探测器PDI9和光电探测器PD210相连,光电探测器PDI9和光电探测器PD210的输出信号分别与低通滤波器I11、低通滤波器 II 12相连,从而进入数字系统。

[0057] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺,所述数字系统中调制信号发生模块产生两路正弦电信号给到相位调制器PMI3和相位调制器PM II 4,由低通滤波器过来电压信号经ADC送到解调模块,解调模块产生的输出和给到激光器调谐端,产生的出差一方面作为陀螺的差分输出,另一方面给到压控电流源控制法拉第线圈8中的电流;法拉第线圈8套在光纤环上,两端连在压控电流源的输出端。

[0058] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺的闭环控制方法,所述闭环控制方法具体为,由于输出信号由两路解调值之差和法拉第线圈状态共同决定,因此陀螺输出值即为法拉第线圈所通入电流所等价的转速值与解调输出所对应的转速值之和;在解调曲线线性区划分两个阈值,当解调信号超过左侧或右侧其中一个阈值时,控制器便对应这个方向的相反方向产生一个恒定的控制量;阈值示意图如图2所示。图中的竖线为标定的阈值。如图3所示,

[0059] A为法拉第线圈控制信号随转速变换曲线,其横轴为转速,纵轴为控制量所等价的解调输出的大小,由于每次解调输出随转速增大线性增长,每次触及到阈值时都会被触发控制器动作,进而使得控制信号呈现台阶状;

[0060] B为解调输出信号随转速变化曲线,由于控制信号的作用,本应随转速线性增长的解调输出值在不断被拉回线性区的过程中呈现为锯齿形的周期信号。

[0061] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺的闭环控制方法,所述在解调曲线线性区划分两个阈值具体为,在输出的曲线图上,线性并不会随着横轴频差变大而等比例变大时,线性区两个端点处纵轴对应的输出值。

[0062] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺的闭环控制方法,所述激光器发出的线偏振光经过1:1分束器后被分成两束,两束光各自通过铌酸锂相位调制器后其频率被调制成正弦信号形式,再经过环形器,由2x2光纤耦合器进入圆偏振谐振腔,在两个波片的作用下激光的偏振态由线偏振光转化为圆偏振光再转化为线偏光进而周期性变化,黄色和橙色部分分别在谐振腔中沿着顺时针方向和逆时针方向传播,并且在耦合器处,顺逆时针两个方向上不同循环圈数的光形成多光束干涉,这个由于干涉形成的光强信号经过环形器被光电探测器接收并由模数转换器采集转化为数字电信号进入FPGA中的数字处理系统。

[0063] 一种基于旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺的闭环控制方法,对两路信号的处理在形式和时间上是完全对称的,经过对信号的调制和解调可以得到顺逆时针两个和频率成正比的解调量,两个解调量的和与设定的以谐振谷底为中心的目标值作差作为误差信号,经过闭环控制器后通过激光器的调谐端对激光频率实现闭环锁定控制,使之锁定在顺逆时针方向两个谐振频率的中间位置;两个解调量之差作为陀螺另一个环路的控制信号,法拉第旋光控制器首先判断此输出值是否超过设定的线性区阈值,若不超出此阈值则无动作,仅把两个解调量之差作为陀螺输出;若这个量超过线性区阈值,控制器就给法拉第线圈提供一个恒定的电流,通过旋光效应抵消掉Sagnac效应,把解调信号重新拉回线性区,输出信号由两路解调值的差值和由旋光效应产生的等效输出两部分加和构成。

[0064] 以下是本发明所述旋光线圈频率补偿的谐振式光纤陀螺方案实施例,其中图4(a)为系统解调输出,图4(b)为解算后的系统输出,从图中可以看出,在阈值附近没有发生震荡,数据在控制器动作前后衔接良好,系统工作稳定。

[0065] 为评估系统性能,在相同条件下对本发明所述方案和典型双闭环方案进行转台测试,得到二者的艾伦方差曲线,如图5所示。从图中可以看出,与典型双闭环方案相比,本发明所述方案的角随机游走系数从 $3.67^{\circ}/\sqrt{\text{h}}$ 降低至 $2.52^{\circ}/\sqrt{\text{h}}$,零偏稳定性从 $37^{\circ}/\text{h}$ 降低至 $18^{\circ}/\text{h}$,系统性能得到较大的提升。

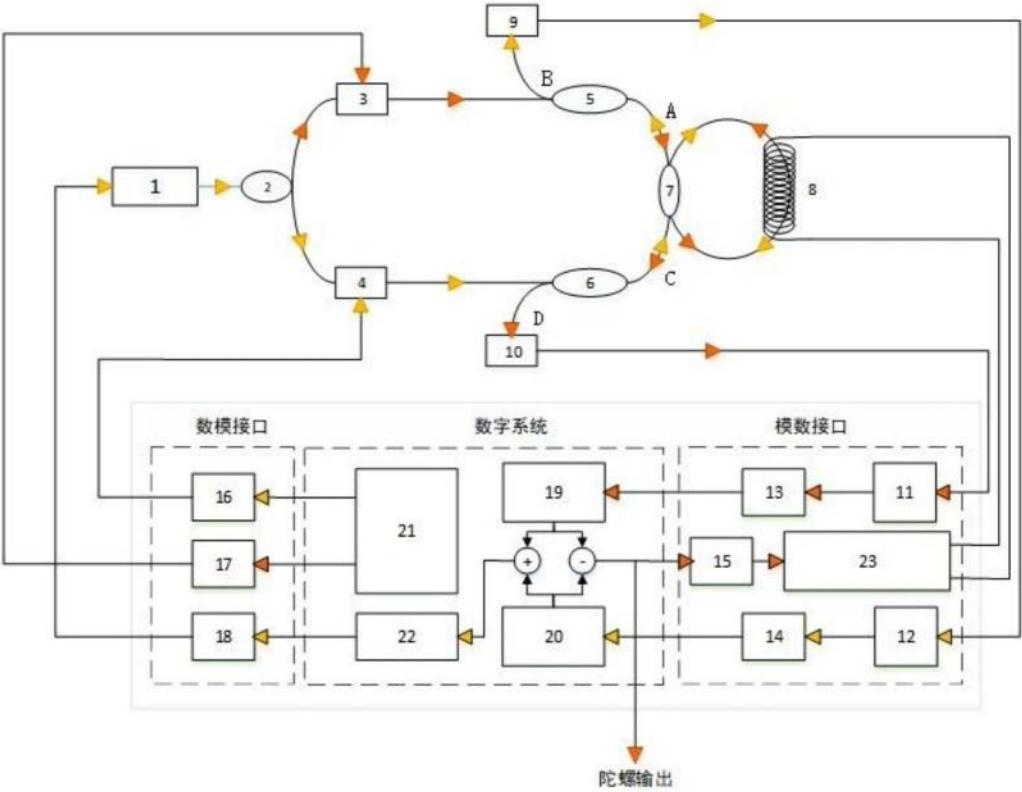


图1

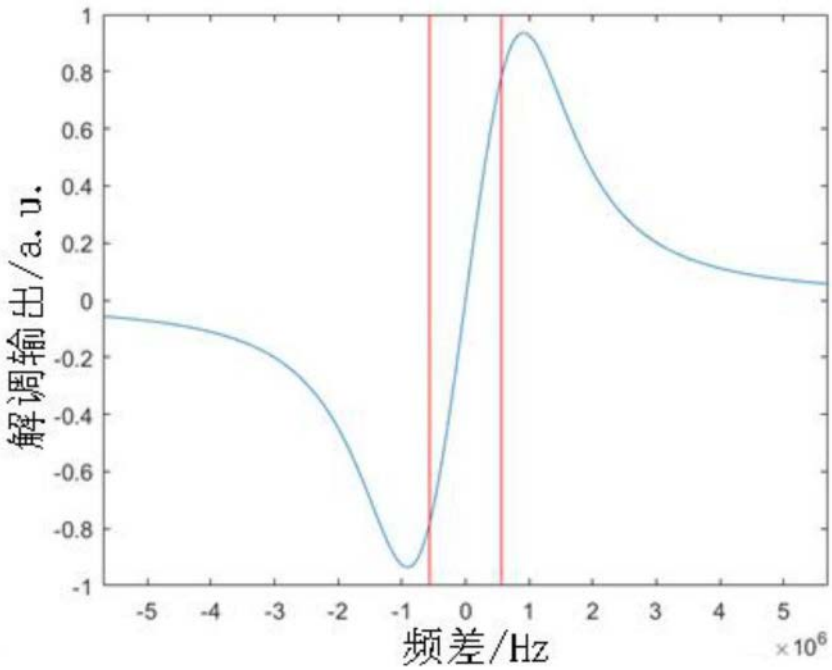


图2

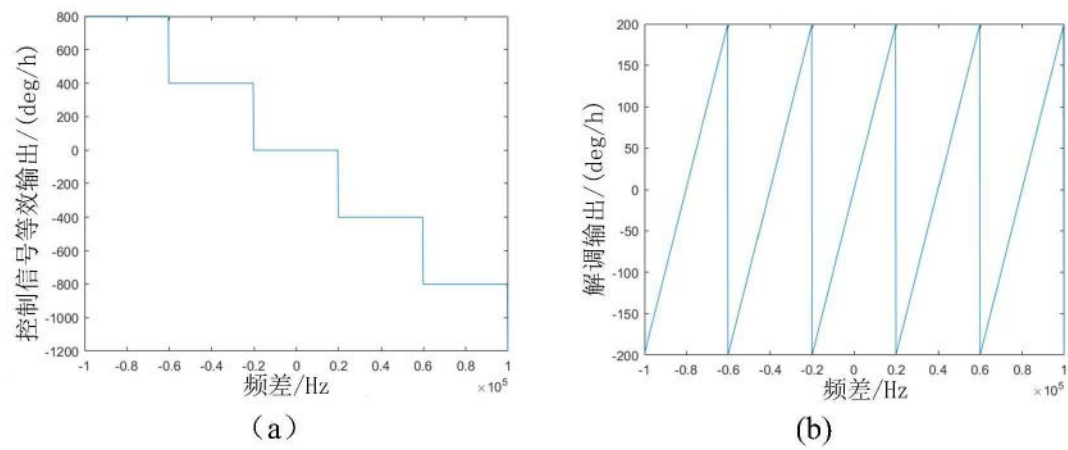


图3

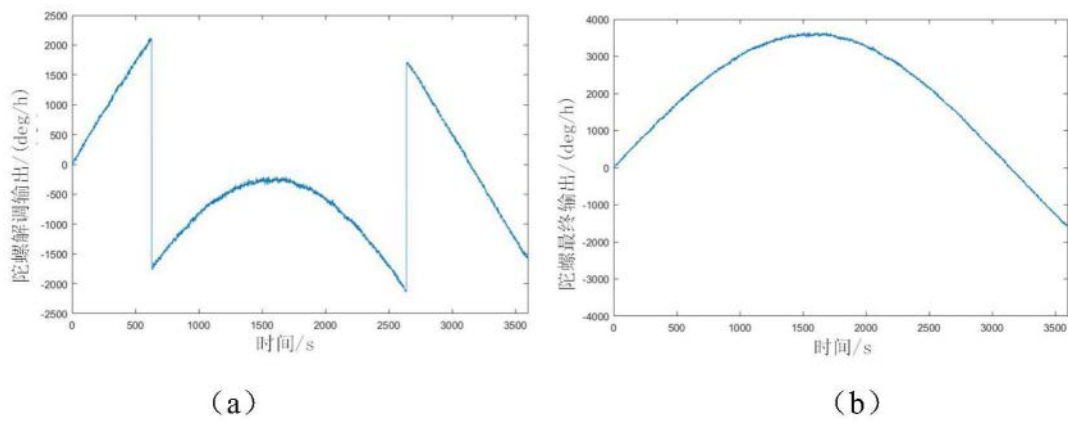


图4

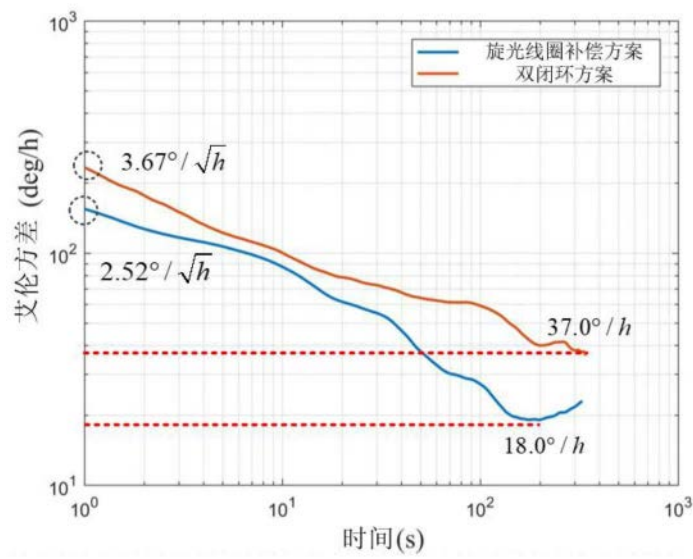


图5