



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105373146 B

(45)授权公告日 2018.01.16

(21)申请号 201510831409.2

(22)申请日 2015.11.25

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105373146 A

(43)申请公布日 2016.03.02

(73)专利权人 北京环境特性研究所

地址 100854 北京市海淀区永定路50号

(72)发明人 陈冬 张海波 季东 王华培

(74)专利代理机构 北京君恒知识产权代理事务所(普通合伙) 11466

代理人 黄启行 张璐

(51)Int.Cl.

G05D 3/20(2006.01)

(56)对比文件

CN 102999048 A,2013.03.27,全文.

US 3654479 A,1972.04.04,全文.

王连明 等.跟踪系统中跟踪器延迟的自适应预测补偿方法.《光电工程》.2002,第29卷(第4期),第13-16页.

万耿华 等.一种改进的基于自适应陷波器的频率检测方法.《电源技术》.2013,第37卷(第10期),全文.

范文超 等.光刻机运动平台系统的模型辨识.《自动化仪表》.2015,第36卷(第5期),全文.

郭同健 等.光雷一体化测量系统的谐振特性及组合补偿.《光学精密工程》.2014,第22卷(第4期),全文.

审查员 赵珊珊

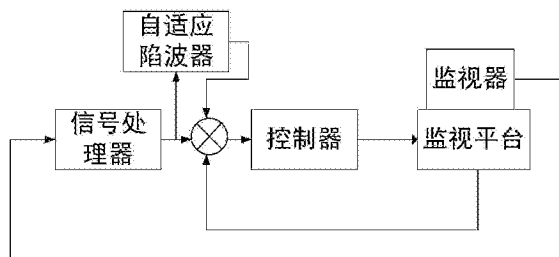
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿系统,包括:控制器、信号处理器、自适应陷波器、监视平台、及安装在监视平台的监视器;其中,信号处理器基于监视器反馈的目标信息生成脱靶速度信号,并将其发送到控制器;自适应陷波器从脱靶速度信号中提取第一信号,对第一信号进行相位补偿后生成第二信号;并将第二信号发送到控制器;监视平台获取监视器速度信号,并将监视器速度信号反馈到控制器;控制器基于脱靶速度信号、第二信号及监视器速度信号输出第一控制信号,控制监视器跟踪目标。本发明能够对光电跟踪系统的延迟进行补偿,且具有跟踪精度高、稳定性好的优点。



1. 一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿系统,其特征在于,包括:控制器、信号处理器、自适应陷波器、监视平台、及安装在监视平台的监视器;其中,

监视器获取目标信息,并将目标信息反馈到信号处理器;

信号处理器基于接收的目标信息生成脱靶速度信号,并将脱靶速度信号发送到控制器及自适应陷波器;

自适应陷波器在控制器的控制下,从脱靶速度信号中提取第一信号,对第一信号进行相位补偿后生成第二信号;并将第二信号发送到控制器;

监视平台获取监视器速度信号,并将监视器速度信号反馈到控制器;

控制器基于脱靶速度信号、第二信号及监视器速度信号输出第一控制信号,控制监视器跟踪目标;

所述第一信号为脱靶速度信号中频率小于1Hz的分量;

监视器速度信号包括监视器的方位角速度信号及俯仰角速度信号;

监视平台包括:方位轴、俯仰轴、安装于方位轴的第一电机、安装于方位轴的第一码盘、安装于俯仰轴的第二电机、及安装于俯仰轴的第二码盘;其中,

第一码盘获取监视器的方位角度信号及方位角速度信号,并将方位角度信号及方位角速度信号反馈到控制器;

第二码盘获取监视器的俯仰角度信号及俯仰角速度信号,并将俯仰角度信号及俯仰角速度信号反馈到控制器;

第一电机及第二电机为力矩电机;

监视器围绕方位轴及俯仰轴旋转,以跟踪目标。

2. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,自适应陷波器对第一信号进行相位补偿后生成第二信号具体为:自适应陷波器检测第一信号的相位,并将第一信号的相位减小,生成第二信号。

3. 如权利要求2所述的系统,其特征在于,控制器基于脱靶速度信号、第二信号及监视器速度信号输出第一控制信号具体为:

控制器基于脱靶速度信号、第二信号生成参考信号,并根据参考信号及监视器速度信号输出第一控制信号。

4. 如权利要求3所述的系统,其特征在于,

信号处理器基于接收的目标信息生成脱靶位置信号;

监视平台获取监视器位置信号,并将监视器位置信号反馈到控制器;

控制器基于脱靶位置信号及监视器位置信号输出第二控制信号,控制监视器跟踪目标;

监视器位置信号包括监视器的方位角度信号及俯仰角度信号。

5. 如权利要求1-4任一所述的系统,其特征在于,控制器的输出端连接功率放大器,第一控制信号及第二控制信号经过功率放大器放大后,控制监视器跟踪目标。

6. 一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿方法,其特征在于,包括:

信号处理器基于监视器获取的目标信息生成脱靶速度信号,并将脱靶速度信号发送到控制器及自适应陷波器;

自适应陷波器从脱靶速度信号中提取第一信号,对第一信号进行相位补偿后生成第二

信号;并将第二信号发送到控制器;

监视平台将获取的监视器速度信号反馈到控制器;

控制器基于脱靶速度信号、第二信号及监视器速度信号输出第一控制信号,控制监视器跟踪目标;

所述第一信号为脱靶速度信号中频率小于1Hz的分量;

监视器速度信号包括监视器的方位角速度信号及俯仰角速度信号。

7.如权利要求6所述的方法,其特征在于,自适应陷波器对第一信号进行相位补偿后生成第二信号具体为:自适应陷波器检测第一信号的相位,并将第一信号的相位减小,生成第二信号。

8.如权利要求7所述的方法,其特征在于,控制器基于脱靶速度信号、第二信号及监视器速度信号输出第一控制信号具体为:

控制器基于脱靶速度信号、第二信号生成参考信号,并根据参考信号及监视器速度信号输出第一控制信号。

9.如权利要求6-8任一所述的方法,其特征在于,

信号处理器基于接收的目标信息生成脱靶位置信号;

监视平台将获取的监视器位置信号反馈到控制器;

控制器基于脱靶位置信号及监视器位置信号输出第二控制信号,控制监视器跟踪目标;

监视器位置信号包括监视器的方位角度信号及俯仰角度信号。

一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光电跟踪领域,尤其涉及一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿系统及方法。

背景技术

[0002] 光电跟踪系统通过光电器件测量目标与视轴的偏差,并将其传送到控制器,控制器由此控制光电器件运动,以减小与目标之间的偏差,进而实现对目标的跟踪。光电跟踪系统在信号的传输与反馈过程中均存在一定延迟,延迟会造成系统的开环截止频率及开环增益降低,导致系统的动态响应及跟踪精度下降。解决上述问题的现有方法有史密斯预估器方法、内模控制方法、卡尔曼滤波器方法及预测补偿方法,上述方法需要准确的系统模型或噪声模型才能保证输出准确有效,因此降低了方法实际应用的适应性。

[0003] 因此,亟需一种不依赖于系统模型或噪声模型的光电跟踪延迟补偿方法以解决上述问题。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿系统及方法,利用自适应陷波器将误差信号提取出,加入到前馈补偿通道,从而补偿由于延迟产生的相位滞后。本发明不需要建立系统模型或噪声模型,也不需要提高系统的开环增益,具有跟踪精度高、稳定性好的优点。

[0005] 本发明一方面提供一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿系统,其特征在于,包括:控制器、信号处理器、自适应陷波器、监视平台、及安装在监视平台的监视器;其中,监视器获取目标信息,并将目标信息反馈到信号处理器;信号处理器基于接收的目标信息生成脱靶速度信号,并将脱靶速度信号发送到控制器及自适应滤波器;自适应陷波器在控制器的控制下,从脱靶速度信号中提取第一信号,对第一信号进行相位补偿后生成第二信号;并将第二信号发送到控制器;监视平台获取监视器速度信号,并将监视器速度信号反馈到控制器;控制器基于脱靶速度信号、第二信号及监视器速度信号输出第一控制信号,控制监视器跟踪目标;所述第一信号为脱靶速度信号中频率小于1Hz的分量;监视器速度信号包括监视器的方位角速度信号及俯仰角速度信号。

[0006] 优选地,自适应陷波器对第一信号进行相位补偿后生成第二信号具体为:自适应陷波器检测第一信号的相位,并将第一信号的相位减小,生成第二信号。

[0007] 优选地,控制器基于脱靶速度信号、第二信号及监视器速度信号输出第一控制信号具体为:控制器基于脱靶速度信号、第二信号生成参考信号,并根据参考信号及监视器速度信号输出第一控制信号。

[0008] 优选地,信号处理器基于接收的目标信息生成脱靶位置信号;监视平台获取监视器位置信号,并将监视器位置信号反馈到控制器;控制器基于脱靶位置信号及监视器位置信号输出第二控制信号,控制监视器跟踪目标;监视器位置信号包括监视器的方位角度信

号及俯仰角度信号。

[0009] 优选地,监视平台包括:方位轴、俯仰轴、安装于方位轴的第一电机、安装于方位轴的第一码盘、安装于俯仰轴的第二电机、及安装于俯仰轴的第二码盘;其中,第一码盘获取监视器的方位角度信号及方位角速度信号,并将方位角度信号及方位角速度信号反馈到控制器;第二码盘获取监视器的俯仰角度信号及俯仰角速度信号,并将俯仰角度信号及俯仰角速度信号反馈到控制器;第一电机及第二电机为力矩电机;监视器围绕方位轴及俯仰轴旋转,以跟踪目标。

[0010] 优选地,控制器的输出端连接功率放大器,第一控制信号及第二控制信号经过功率放大器放大后,控制监视器跟踪目标。

[0011] 本发明另一方面提供一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿方法,其特征在于,信号处理器基于监视器获取的目标信息生成脱靶速度信号,并将脱靶速度信号发送到控制器及自适应陷波器;自适应陷波器从脱靶速度信号中提取第一信号,对第一信号进行相位补偿后生成第二信号;并将第二信号发送到控制器;监视平台将获取的监视器速度信号反馈到控制器;控制器基于脱靶速度信号、第二信号及监视器速度信号输出第一控制信号,控制监视器跟踪目标;所述第一信号为脱靶速度信号中频率小于1Hz的分量;监视器速度信号包括监视器的方位角速度信号及俯仰角速度信号。

[0012] 优选地,自适应陷波器对第一信号进行相位补偿后生成第二信号具体为:自适应陷波器检测第一信号的相位,并将第一信号的相位减小,生成第二信号。

[0013] 优选地,控制器基于脱靶速度信号、第二信号及监视器速度信号输出第一控制信号具体为:控制器基于脱靶速度信号、第二信号生成参考信号,并根据参考信号及监视器速度信号输出第一控制信号。

[0014] 优选地,信号处理器基于接收的目标信息生成脱靶位置信号;监视平台将获取的监视器位置信号反馈到控制器;控制器基于脱靶位置信号及监视器位置信号输出第二控制信号,控制监视器跟踪目标;监视器位置信号包括监视器的方位角度信号及俯仰角度信号。

[0015] 根据本发明提供的基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿系统及方法,能够在不依赖于系统模型或噪声模型,也不提高系统的开环增益的情况下对光电跟踪系统的延迟进行补偿,且具有跟踪精度高、稳定性好的优点。

附图说明

[0016] 图1是本发明的光电跟踪延迟补偿系统及方法的示意图;

[0017] 图2是本发明的光电跟踪延迟补偿方法使用前的误差曲线图;

[0018] 图3是本发明的光电跟踪延迟补偿方法使用后的误差曲线图。

具体实施方式

[0019] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下参照附图并举出优选实施例,对本发明进一步详细说明。然而,需要说明的是,说明书中列出的许多细节仅仅是为了使读者对本发明的一个或多个方面有一个透彻的理解,即便没有这些特定的细节也可以实现本发明的这些方面。

[0020] 现有技术中光电跟踪系统延迟补偿方法存在依赖系统模型、或提高系统开环增益

而导致系统稳定性降低的缺点。

[0021] 本发明提供了一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿系统及方法,利用自适应陷波器将误差信号提取出,加入到前馈补偿通道,从而补偿由于延迟产生的相位滞后。本发明不需要建立系统模型或噪声模型,也不需要提高系统的开环增益,具有跟踪精度高、稳定性好的优点。

[0022] 本发明一方面提供一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿系统,如图1所示,包括:控制器、信号处理器、自适应陷波器、监视平台、及安装在监视平台的监视器;其中,监视器获取目标信息,并将目标信息反馈到信号处理器;信号处理器基于接收的目标信息生成脱靶速度信号,并将脱靶速度信号发送到控制器及自适应陷波器;自适应陷波器在控制器的控制下,从脱靶速度信号中提取第一信号,对第一信号进行相位补偿后生成第二信号;并将第二信号发送到控制器;监视平台获取监视器速度信号,并将监视器速度信号反馈到控制器;控制器基于脱靶速度信号、第二信号及监视器速度信号输出第一控制信号,控制监视器跟踪目标;第一信号为脱靶速度信号中频率小于1Hz的分量;监视器速度信号包括监视器的方位角速度信号及俯仰角速度信号。

[0023] 控制器用于实现系统的位置、速度双闭环反馈控制,且基于自适应滤波程序控制自适应陷波器对输入信号的相位补偿。

[0024] 在本发明优选实施例中,控制器是以DSP(数字信号处理器)为核心的控制系统。

[0025] 信号处理器用于对监视器获取的目标信息进行处理,得到目标相对于视轴的偏差(脱靶量),进而生成脱靶速度信号及脱靶位置信号分别输入控制器,以实现监视器速度及位置的控制。

[0026] 自适应陷波器是具有自适应优化参数功能的带阻滤波器,其在控制器的控制下,基于自适应滤波程序,提取脱靶速度信号中频率小于1Hz的分量,即第一信号,并对第一信号进行相位补偿。自适应陷波器参数的调整是根据输入信号频率的不同自适应完成的,并不依赖系统模型或噪声模型。由于跟踪误差信号主要为频率小于1Hz的信号,故自适应陷波器将其提取,并对其进行相位补偿。

[0027] 经过相位补偿的信号进入控制器,对脱靶速度信号因延迟产生的相位滞后进行补偿,提高了系统低频段的相位裕度,进而提高了系统的跟踪精度及稳定性。

[0028] 优选地,本发明中自适应陷波器的自适应滤波程序基于LMS(最小均方)算法。

[0029] 在本发明优选实施例中,自适应陷波器提取脱靶速度信号中,频率从0.1Hz到1Hz的分量,由此能够对跟踪误差信号进行更准确的提取。

[0030] 在本发明优选实施例中,自适应陷波器对第一信号进行相位补偿后生成第二信号具体为:自适应陷波器检测第一信号的相位 δ_1 ,并将第一信号的相位减小,生成第二信号,第二信号的相位为 δ_2 ; δ_2 与输入自适应陷波器的脱靶速度信号相关,并根据具体任务要求进行设置。

[0031] 在本发明优选实施例中,信号处理器基于接收的目标信息生成脱靶位置信号;监视平台获取监视器位置信号,并将监视器位置信号反馈到控制器;控制器根据脱靶位置信号及监视器位置信号的差值,计算得到电压控制信号即第二控制信号,对监视器进行位置控制;监视器位置信号包括监视器的方位角度信号及俯仰角度信号。

[0032] 在本发明优选实施例中,监视平台采用方位轴、俯仰轴稳定结构,每个轴都安装力

矩电机及光电码盘;伺服控制模式为位置、速度双闭环控制;每个轴的光电码盘将测量到的角度及角速度信息反馈到控制器。

[0033] 具体地,安装于方位轴的第一码盘获取监视器的方位角度信号及方位角速度信号,并将方位角度信号及方位角速度信号反馈到控制器;安装于俯仰轴的第二码盘获取监视器的俯仰角度信号及俯仰角速度信号,并将俯仰角度信号及俯仰角速度信号反馈到控制器;方位轴安装有第一电机,俯仰轴安装有第二电机。

[0034] 在本发明优选实施例中,监视器围绕方位轴及俯仰轴旋转以实现目标的跟踪。

[0035] 在本发明优选实施例中,控制器基于脱靶速度信号、第二信号生成参考信号,并根据参考信号及监视器速度信号的差值,计算得到电压控制信号即第一控制信号,利用第一控制信号对监视器进行速度控制。

[0036] 在本发明优选实施例中,控制器的输出端连接功率放大器,第一控制信号及第二控制信号经过功率放大器放大后,控制监视器跟踪目标。

[0037] 在本发明优选实施例中,监视器为具有图像采集功能的光电器件,包括:红外传感器及可见光传感器。

[0038] 本发明另一方面提供一种基于自适应陷波器的光电跟踪延迟补偿方法,包括:信号处理器基于监视器获取的目标信息生成脱靶速度信号,并将脱靶速度信号发送到控制器及自适应陷波器;自适应陷波器从脱靶速度信号中提取第一信号,对第一信号进行相位补偿后生成第二信号;并将第二信号发送到控制器;监视平台将获取的监视器速度信号反馈到控制器;控制器基于脱靶速度信号、第二信号及监视器速度信号输出第一控制信号,控制监视器跟踪目标;第一信号为脱靶速度信号中频率小于1Hz的分量;监视器速度信号包括监视器的方位角速度信号及俯仰角速度信号。

[0039] 在本发明优选实施例中,自适应陷波器对第一信号进行相位补偿后生成第二信号具体为:自适应陷波器检测第一信号的相位,并将第一信号的相位减小,生成第二信号。

[0040] 在本发明优选实施例中,控制器基于脱靶速度信号、第二信号生成参考信号,并根据参考信号及监视器速度信号的差值,计算得到电压控制信号即第一控制信号,利用第一控制信号对监视器进行速度控制。

[0041] 在本发明优选实施例中,信号处理器基于接收的目标信息生成脱靶位置信号;监视平台获取监视器位置信号,并将监视器位置信号反馈到控制器;控制器根据脱靶位置信号及监视器位置信号的差值,计算得到电压控制信号即第二控制信号,对监视器进行位置控制;监视器位置信号包括监视器的方位角度信号及俯仰角度信号。

[0042] 图2是本发明的光电跟踪延迟补偿方法使用前的误差曲线图,图3是本发明的光电跟踪延迟补偿方法使用后的误差曲线图。图2、图3均是跟踪误差(单位为mrad)随时间(单位为s)的变化曲线;图2中1为本发明使用前方位方向的跟踪误差曲线,2为本发明使用前俯仰方向的跟踪误差曲线;图3中3为本发明使用后方位方向的跟踪误差曲线,4为本发明使用后俯仰方向的跟踪误差曲线。对比图2、图3可以看到,应用本发明极大减小了方位、俯仰方向的跟踪误差。同时,对跟踪误差曲线进行计算可得:图2中方位RMS(方均根)为3.3357mrad,俯仰RMS为2.9484mrad;图3中方位RMS为0.6894mrad,俯仰RMS为0.5963mrad。可见,应用本发明有效地提高了系统的跟踪精度和稳定性。

[0043] 本发明利用自适应陷波器将误差信号提取出,加入到前馈补偿通道,从而补偿由

于延迟产生的相位滞后。本发明不需要建立系统模型或噪声模型,也不需要提高系统的开环增益,具有跟踪精度高、稳定性好的优点。

[0044] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件来完成,该程序可以存储于一计算机可读取存储介质中,如:ROM/RAM、磁碟、光盘等。

[0045] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以作出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

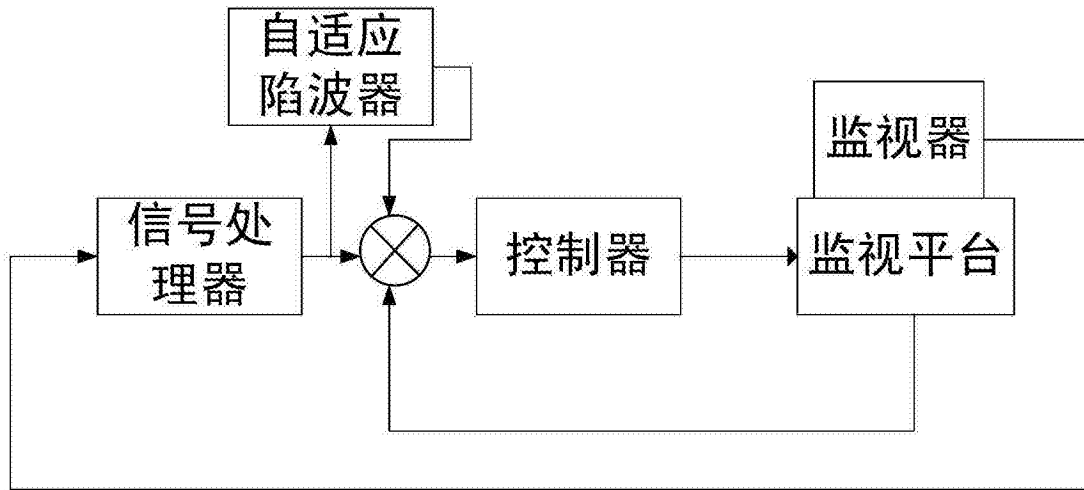


图1

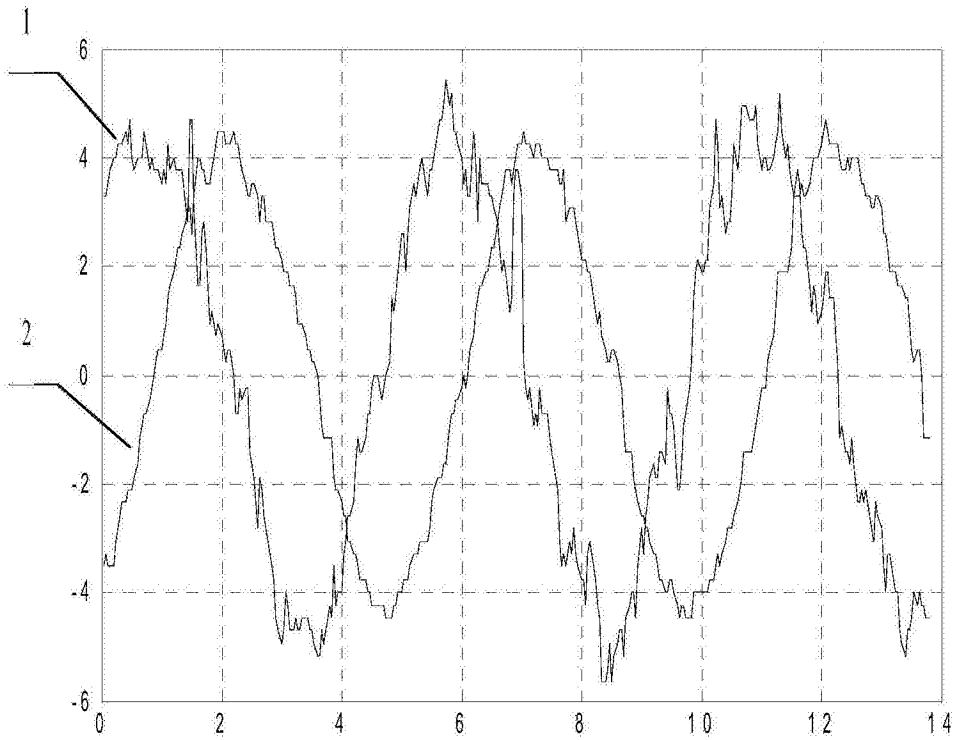


图2

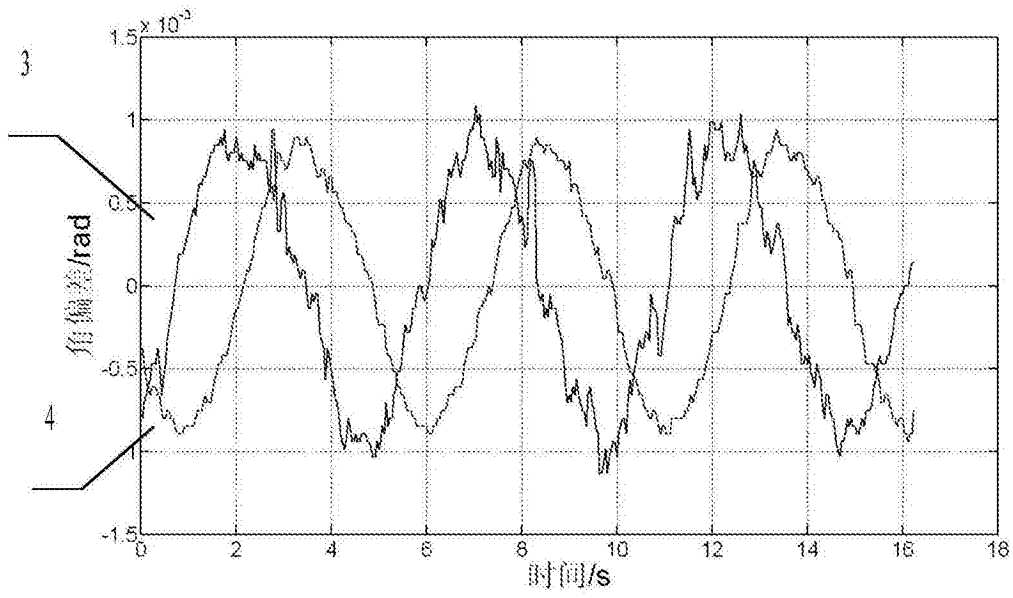


图3