



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108981758 B

(45) 授权公告日 2020.10.16

(21) 申请号 201810928308.0

(22) 申请日 2018.08.15

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108981758 A

(43) 申请公布日 2018.12.11

(73) 专利权人 江门市蒙德电气股份有限公司
地址 529040 广东省江门市江海区高新工
业区永康路49号

(72) 发明人 李德良

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205

代理人 林伟峰

(51) Int. Cl.

G01D 5/14 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106998162 A, 2017.08.01

CN 107728097 A, 2018.02.23

CN 107863913 A, 2018.03.30

CN 101865651 A, 2010.10.20

CN 102032867 A, 2011.04.27

CN 105227027 A, 2016.01.06

CN 1945959 A, 2007.04.11

US 5521846 A, 1996.05.28

周长攀 等. 基于 Δ 调制原理的全数字轴角
变换算法.《电机与控制学报》.2013,第17卷(第8
期),第78-84页.

审查员 尹眉

权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种旋转变压器的运动误差补偿方法及装
置

(57) 摘要

本发明公开了一种旋转变压器的运动误差
补偿方法,包括:获取旋转变压器编码器的2个输出
信号;根据2个输出信号进行对应载波频域幅值
提取得到2对矢量信号;对所得的矢量信号进行
atan2运算得到当前的角度;将对激励信号进行
积分的结果代入对输出的2个信号进行同样的积
分结果中,并求其平方和后得到一个只与激励信
号相关的数值,通过控制输入的激励信号的参数
来控制该数值的符号方向,从而进行采样点的动
态提前或延后,克服了现有技术中旋转变压器及
采样电路本身存在相角滞后从而带来的误差问
题,使得旋转变压器的应用范围得到拓展,作为
精密检测设备使用时测量精度也更加精确。



1. 一种旋转变压器的运动误差补偿方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、获取旋转变压器在单位正弦激励信号驱使下产生的2个相同相位、幅值不同的正弦波信号,其中所述旋转变压器的输出的2个信号的表达式表示为

$$\begin{cases} x(t) = \cos(A) * \sin(t - \alpha) \\ y(t) = \sin(A) * \sin(t - \alpha) \end{cases};$$

S2、对输出的2个相位相同、幅值不同的正弦波信号分别进行对载波的频域幅值提取,得到2对矢量信号;

S3、根据得到的2对矢量信号的虚部进行atan2运算,得到当前的角度A;

S4、根据得到的角度A和旋转变压器、采样电路本身存在的滞后角度 α 得到旋转变压器的输出的2个信号的表达式;

S5、将滞后角度 α 代入输入的正弦激励信号中,并进行积分运算,得到一个只跟激励信号相关的数值X,其中,该正弦激励信号的表达式为 $f(x) = \sin(x - \alpha)$,对其求积分

$$\int_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} \sin(x - \alpha) dx,$$

$$\text{得到所述数值X: } \cos(x) * \sin(\alpha) \Big|_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}};$$

S6、对旋转变压器的2个输出信号表达式进行与所述激励信号同样的积分,将所述数值X代入积分结果中,并对积分结果进行求平方和运算,得到一个只与激励信号相关的数值Y;

S7、通过控制输入的激励信号的控制参数来控制所述数值Y的符号方向,从而进行采样点的动态提前或延后,实现消除旋转变压器和采样电路本身存在的相角滞后所带来的误差。

2. 根据权利要求1所述的一种旋转变压器的运动误差补偿方法,其特征在于,所述步骤S2包括:采用DFT运算其中一个通道对其输出的2个信号分别进行对应载波的频域幅值提取,得到2对矢量信号。

3. 根据权利要求1所述的一种旋转变压器的运动误差补偿方法,其特征在于,所述步骤S6包括:将数值X代入对所述的旋转变压器输出的2个信号表达式进行与所述激励信号同样的积分得到:

$$\begin{cases} \cos(A) * \cos(x) * \sin(\alpha) \Big|_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} \\ \sin(A) * \cos(x) * \sin(\alpha) \Big|_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} \end{cases};$$

将所得的结果进行求平方和得到所述数值Y: $\cos(x) * \sin(\alpha)$ $\left| \begin{array}{l} \frac{\pi}{4} \\ \frac{\pi}{4} \end{array} \right.$ 。

4. 一种微计算装置,包括存储器、处理器及储存在存储器上并能够在处理器上运行的微计算程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时实现如权利要求1至3中任一项所述的方法。

5. 一种计算机可读存储介质,其上储存有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至3中任一项所述的方法。

一种旋转变压器的运动误差补偿方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种旋转变压器的运动误差补偿方法及装置。

背景技术

[0002] 旋转变压器是一种精密的角度、位置、速度检测装置,与普通变压器不同的是,其一次侧与二次侧不是固定安装,而是在旋转变压器工作时产生相对运动,随着一次侧与二次侧相对角度的变化,在输出侧就可以得到幅值变化的波形,其本质为一种信号电机,且可以在高温、严寒、高速、高震动的环境下工作,因此被广泛应用于伺服控制系统、机器人系统、机械工具、航空航天等领域中。

[0003] 但是由于变压器以及采样电路本身存在相角滞后,使得应用旋转变压器用于测量的结果不可避免的存在因为相角滞后而产生的误差,从而给旋转变压器在精密检测领域的应用造成了阻碍。

发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明的目的是提供一种旋转变压器的运动误差补偿方法和装置,旨在优化或解决旋转变压器以及采样电路本身存在的相角滞后从而带来的误差问题。

[0005] 本发明的技术方案第一方面为一种旋转变压器的运动误差补偿方法,包括以下步骤:

[0006] S1、获取旋转变压编码器在单位正弦信号驱使下产生的2个相同相位、幅值不同的正弦波信号;

[0007] S2、对输出的2个相位相同、幅值不同的正弦波信号分别进行对载波的频域幅值提取,得到2对矢量信号;

[0008] S3、根据得到的2对矢量信号的虚部进行atan2运算,得到当前的角度A;

[0009] S4、根据得到的角度A和旋转变压器、采样电路本身存在的滞后角度 α 得到旋转变压编码器的输出的2个信号的表达式;

[0010] S5、将滞后角度 α 代入输入的正弦激励信号中,并进行积分运算,得到一个只跟激励信号相关的数值X;

[0011] S6、对旋转变压编码器的2个输出信号表达式进行与所述激励信号同样的积分,将所述数值X代入积分结果中,并对积分结果进行求平方和运算,得到一个只与激励信号相关的数值Y;

[0012] S7、通过控制输入的激励信号参数来控制所述数值Y的符号方向,从而进行采样点的动态提前或延后,实现消除旋转变压器和采样电路本身存在的相角滞后所带来的误差。

[0013] 进一步,所述步骤S2包括:采用DFT运算其中一个通道对其输出的2个信号分别进行对应载波的频域幅值提取,得到2对矢量信号。

[0014] 进一步,所述旋转变压编码器的输出的2个信号的表达式可表示为:

$$[0015] \begin{cases} x(t) = \cos(A) * \sin(t - \alpha) \\ y(t) = \sin(A) * \sin(t - \alpha) \end{cases} \circ$$

[0016] 进一步,所述步骤S5包括:激励信号为 $f(x) = \sin(x - \alpha)$ 时,对其求积分

$$\int_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} \sin(x - \alpha) dx,$$

$$[0017] \text{ 可得所述数值X: } \cos(x) * \sin(\alpha) \left| \begin{array}{l} \frac{\pi}{4} \\ \frac{\pi}{4} \\ -\frac{\pi}{4} \end{array} \right. \circ$$

[0018] 进一步,所述步骤S6包括:将数值X代入对所述的旋转变压编码器输出的2个信号表达式进行与所述激励信号同样的积分可得:

$$[0019] \begin{cases} \cos(A) * \cos(x) * \sin(\alpha) \left| \begin{array}{l} \frac{\pi}{4} \\ \frac{\pi}{4} \\ -\frac{\pi}{4} \end{array} \right. ; \\ \sin(A) * \cos(x) * \sin(\alpha) \left| \begin{array}{l} \frac{\pi}{4} \\ \frac{\pi}{4} \\ -\frac{\pi}{4} \end{array} \right. \end{cases}$$

$$[0020] \text{ 将所得的结果进行求平方和可得所述数值Y: } \cos(x) * \sin(\alpha) \left| \begin{array}{l} \frac{\pi}{4} \\ \frac{\pi}{4} \\ -\frac{\pi}{4} \end{array} \right. \circ$$

[0021] 本发明的技术方案第二方面为一种微计算装置,包括存储器、处理器及储存在存储器上并能够在处理器上运行的微计算程序,所述处理器执行所述程序时实现上述的方法。

[0022] 本发明的技术方案第三方面为一种计算机可读存储介质,其上储存有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述的方法。

[0023] 本发明的有益效果为:

[0024] 提供的是一种旋转变压器的运动误差补偿方法,通过获取旋转变压编码器在单位正弦激励信号驱使下产生的2个相同相位但是不同幅值的正弦波信号,对该2个信号进行对应载波的频域幅值提取,得到2对矢量信号,将得到的矢量信号的虚部进行atan2运算得到当前的角度,将得到的角度及之后角度代入到输出的2个相位相同、幅值不同的正弦波信号中得到旋转变压编码器实际输出的2个信号,对输入的信号进行积分运算,将积分运算得到的结果代入到旋转变压编码器实际输出的2个信号中,并求其平方和后得到一个只与激励信号相关的数值,即控制输入的激励信号的相位、幅度参数来控制该数值的符号方向,根据得到的只与激励信号相关的数值的符号方向进行采样点的动态提前或延后,克服了现有技

术中旋转变压器及采样电路本身存在相角滞后从而带来的误差问题,使得旋转变压器的应用范围得到拓展,作为精密检测设备使用时测量精度也更加精确。

附图说明

[0025] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步说明:

[0026] 图1是本发明一种旋转变压器的运动误差补偿方法的一实施例流程图。

具体实施方式

[0027] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0028] 这里首先描述旋转变压编码器的数学原理。在单位正弦激励信号sin(t)驱使下,产生两路同相位但是不同幅值的正弦波信号,x(t)与y(t)。对其输出的2路信号分别进行对应载波的频域幅值提取(DFT运算其中一个通道),得到2对矢量信号X1,Y1。把2对矢量信号的虚部进行atan2运算,得到当前的角度A,从而参与电机控制运算。

[0029] 从数学上分析,有

[0030] $x(t) = \cos(A) * \sin(t)$

[0031] $y(t) = \sin(A) * \sin(t)$ 。

[0032] 因为变压器以及采样电路本身存在相角滞后,

[0033] 假设滞后角度为α,有

[0034] $x(t) = \cos(A) * \sin(t-\alpha) \dots\dots\dots (1)$

[0035] $y(t) = \sin(A) * \sin(t-\alpha) \dots\dots\dots (2)$

[0036] DFT公式

[0037] $X_k = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n \left(\cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) - i * \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \right) \dots\dots\dots (3)$

[0038] 把序列标号从(0~N-1)变更为(-(N-1)/2~(N-1)/2),并取k=1,(目的是令整个数列对于纵坐标轴对称),可得

[0039] $X_1 = \frac{2}{N} \sum_{n=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} x_n \left(\cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) - i * \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \right) \dots\dots\dots (4)$

[0040] 然后把式(1)和(2)相角移动π,并且离散化,可得

[0041] $x(n) = -\cos(A) * \sin(2\pi n/N-\alpha) \dots\dots\dots (5)$

[0042] $y(n) = -\sin(A) * \sin(2\pi n/N-\alpha) \dots\dots\dots (6)$ 。

[0043] 把式(5)中x(n)替换(4)中的Xn,得到

[0044] $X_1 = \frac{2}{N} \sum_{n=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} -\cos(A) * \sin\left(\frac{2\pi n}{N} - \alpha\right) * \left(\cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) - i * \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right) \right) \dots\dots\dots (7)$

。

[0045] 把式(6)中的x(n)替换(4)中的Xn,用Y1替换X1得到

[0046] $Y_1 = \frac{2}{N} \sum_{n=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} -\sin(A) * \sin\left(\frac{2\pi n}{N} - \alpha\right) * \left(\cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) - i * \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right) \right) \dots\dots\dots (8)$

。

[0047] 假设A恒定,可证

[0048] $X_1 = -\cos(A) * \sin(\alpha) + i * \cos(A) * \cos(\alpha)$

[0049] $Y_1 = -\sin(A) * \sin(\alpha) + i * \sin(A) * \cos(\alpha)$ 。

[0050] 根据X1与Y1的虚部,可以计算出角度A的值。

[0051] 当电机是在匀速运动,令A(n) = a0+bn,更新式(7)和(8),得到

[0052] $X_1 = \frac{2}{N} \sum_{n=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} -\cos(a0 + bn) * \sin\left(\frac{2\pi n}{N} - \alpha\right) * \left(\cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) - i * \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right)\right) \dots\dots(9)$

[0053] $Y_1 = \frac{2}{N} \sum_{n=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} -\sin(a0 + bn) * \sin\left(\frac{2\pi n}{N} - \alpha\right) * \left(\cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) - i * \sin\left(\frac{2\pi n}{N}\right)\right) \dots\dots(10)$

[0054] 可证,当α等于0,公式(9)和(10)可约为

[0055] $X_1 = i * \cos(a0) * k$

[0056] $Y_1 = i * \sin(a0) * k$

[0057] 其中k是与b有关的常量。由此可以计算出角度a0的值。

[0058] 当α不等于0,公式(9)和(10)不可约。

[0059] 参照图1所示,根据本发明的一种旋转变压器的运动误差补偿方法,具体包括以下过程:

[0060] 旋转变压编码器有一正弦激励信号f(x) = sin(x-α)输入,此时,可获取旋转变压编码器输出的两个正弦波信号x(t)、y(t),对2个输出的正弦波信号分别进行对应载波的频域幅值提取,得到2对矢量信号,对所得的2对矢量信号进行atan2运算,得到当前的角度A,将所得的当前角度A及滞后角度α代入到2个旋转变压编码器输出的正弦波信号中,得到旋转变压编码器输出的2个信号的表达式为

$$\begin{cases} x(t) = \cos(A) * \sin(t - \alpha) \\ y(t) = \sin(A) * \sin(t - \alpha) \end{cases}$$
,对输入到旋转变压编码

器的正弦激励信号f(x) = sin(x-α)进行在 $-\frac{\pi}{4}$ 到 $\frac{\pi}{4}$ 上积分,可得到一个只与激励信号相关

的数值X,此时,再对旋转变压编码器输出的2个信号的表达式进行在 $-\frac{\pi}{4}$ 到 $\frac{\pi}{4}$ 上积分(即与激励信号进行同样的积分),由于cos(A)、sin(A)均为常数,此时由对正弦激励信号f(x) = sin(x-α)的积分结果可知,输出的2个正弦波信号表达式的积分结果为:

[0061]
$$\begin{cases} \cos(A) * \cos(x) * \sin(\alpha) \Big|_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} \\ \sin(A) * \cos(x) * \sin(\alpha) \Big|_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} \end{cases}$$
,将所得结果求平方和可得只与激励信号相关的数值

Y。

[0062] 优选的,通过DFT运算其中一个通道对旋转编码器输出的2个信号分别进行对应载波的频域幅值提取得到2对矢量信号。

[0063] 优选的,对输入到旋转变压编码器的正弦激励信号在在 $-\frac{\pi}{4}$ 到 $\frac{\pi}{4}$ 上积分,得到的数值X为:

$$\text{值X为: } \cos(x) * \sin(\alpha) \Big|_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} \circ$$

[0064] 优选的,对输出的2个正弦波信号表达式的积分结果取平方和运算后所得的数值Y

$$\text{为: } \cos(x) * \sin(\alpha) \Big|_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} \circ$$

[0065] 可以看出,数值Y的符号方向只与激励信号输入相关,通过控制激励信号参数(如:相位、幅度等)即可控制数值Y的符号方向,从而进行采样点的动态提前或延后,实现消除旋转变压器和采样电路本身存在的相角滞后所带来的误差。

[0066] 本发明提供了一种旋转变压器的运动误差补偿方法,通过获取旋转变压编码器在单位正弦激励信号驱使下产生的2个相同相位但是不同幅值的正弦波信号,对该2个信号进行对应载波的频域幅值提取,得到2对矢量信号,将得到的矢量信号的虚部进行atan2运算得到当前的角度,将得到的角度及之后角度代入到输出的2个相位相同、幅值不同的正弦波信号中得到旋转变压编码器实际输出的2个信号,对输入的信号进行积分运算,将积分运算得到的结果代入到旋转变压编码器实际输出的2个信号中,并求其平方和后得到一个只与激励信号相关的数值,即根据输入的激励信号的相位、幅度参数来控制该数值的符号方向,根据得到的只与激励信号相关的数值的符号方向进行采样点的动态提前或延后,克服了现有技术中旋转变压器及采样电路本身存在相角滞后从而带来的误差问题,使得旋转变压器的应用范围得到拓展,作为精密检测设备使用时测量精度也更加精确。

[0067] 应当认识到,本发明的实施例可以由计算机硬件、硬件和软件的组合、或者通过存储在非暂时性计算机可读存储器中的计算机指令来实现或实施。所述方法可以使用标准编程技术—包括配置有计算机程序的非暂时性计算机可读存储介质在计算机程序中实现,其中如此配置的存储介质使得计算机以特定和预定义的方式操作——根据在具体实施例中描述的方法和附图。每个程序可以以高级过程或面向对象的编程语言来实现以与计算机系统通信。然而,若需要,该程序可以以汇编或机器语言实现。在任何情况下,该语言可以是编译或解释的语言。此外,为此目的该程序能够在编程的专用集成电路上运行。

[0068] 此外,可按任何合适的顺序来执行本文描述的过程的操作,除非本文另外指示或以其他方式明显地与上下文矛盾。本文描述的过程(或变型和/或其组合)可在配置有可执行指令的一个或多个计算机系统的控制下执行,并且可作为共同地在一个或多个处理器上执行的代码(例如,可执行指令、一个或多个计算机程序或一个或多个应用)、由硬件或其组合来实现。所述计算机程序包括可由一个或多个处理器执行的多个指令。

[0069] 进一步,所述方法可以在可操作地连接至合适的任何类型的计算平台中实现,包括但不限于个人电脑、迷你计算机、主框架、工作站、网络或分布式计算环境、单独的或集成的计算机平台、或者与带电粒子工具或其它成像装置通信等等。本发明的各方面可以以存

储在非暂时性存储介质或设备上的机器可读代码来实现,无论是可移动的还是集成至计算平台,如硬盘、光学读取和/或写入存储介质、RAM、ROM等,使得其可由可编程计算机读取,当存储介质或设备由计算机读取时可用于配置和操作计算机以执行在此所描述的过程。此外,机器可读代码,或其部分可以通过有线或无线网络传输。当此类媒体包括结合微处理器或其他数据处理器实现上文所述步骤的指令或程序时,本文所述的发明包括这些和其他不同类型的非暂时性计算机可读存储介质。当根据本发明所述的方法和技术编程时,本发明还包括计算机本身。

[0070] 计算机程序能够应用于输入数据以执行本文所述的功能,从而转换输入数据以生成存储至非易失性存储器的输出数据。输出信息还可以应用于一个或多个输出设备如显示器。在本发明优选的实施例中,转换的数据表示物理和有形的对象,包括显示器上产生的物理和有形对象的特定视觉描绘。

[0071] 以上所述,只是本发明的较佳实施例而已,本发明并不局限于上述实施方式,只要其以相同的手段达到本发明的技术效果,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明保护的范围之内。在本发明的保护范围内其技术方案和/或实施方式可以有各种不同的修改和变化。

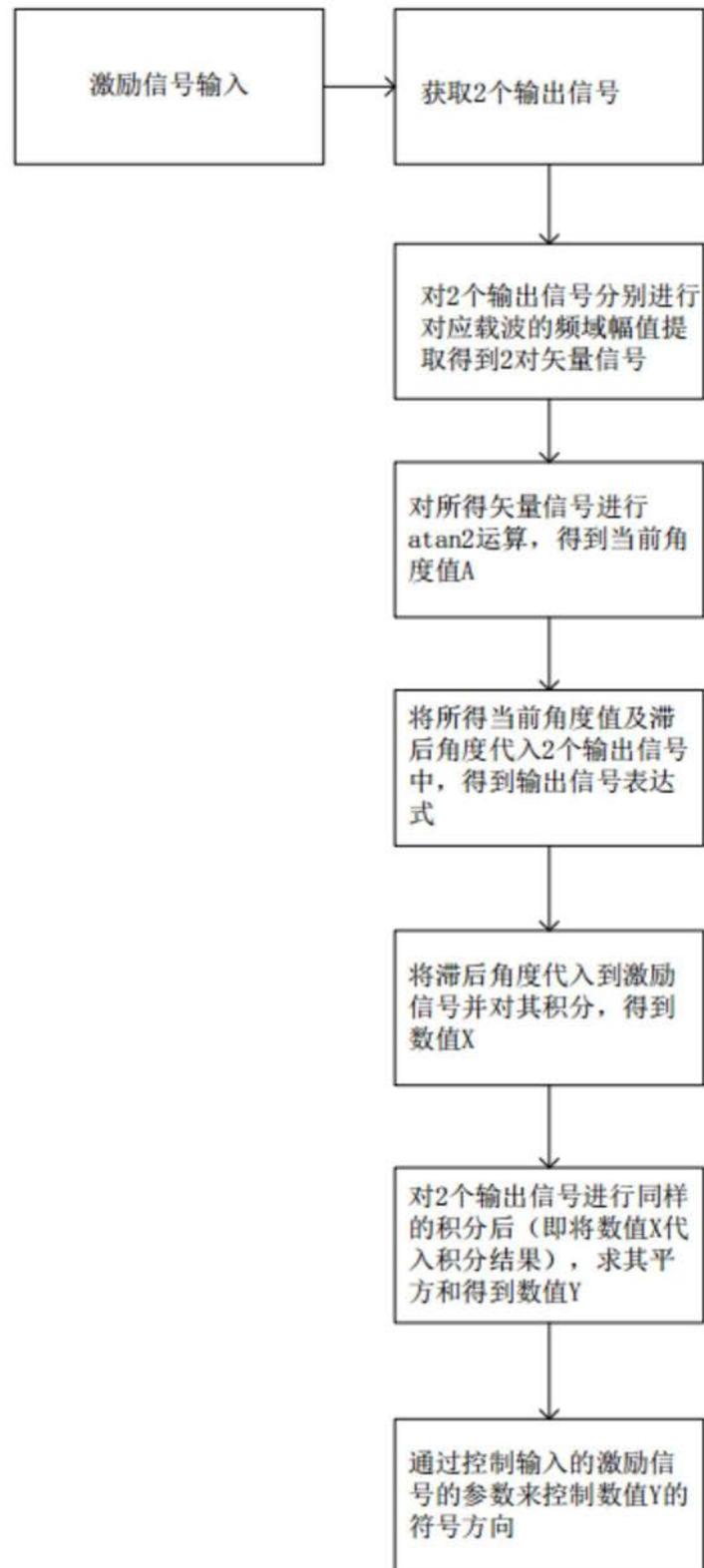


图1