



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109297516 A

(43)申请公布日 2019.02.01

(21)申请号 201811091549.0

(22)申请日 2018.09.19

(71)申请人 西安电子工程研究所

地址 710100 陕西省西安市长安区凤栖东路

(72)发明人 高栋 唐万强 张翔 李小艳  
张守银

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心  
61204

代理人 刘新琼

(51)Int.Cl.

G01D 5/22(2006.01)

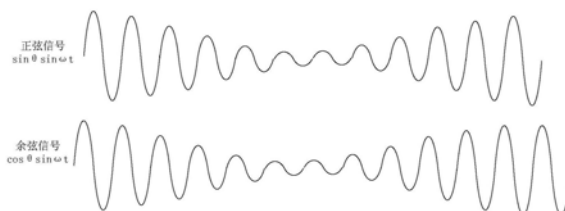
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种适用于小角度运动范围的旋转变压器  
解码方法

(57)摘要

本发明涉及一种适用于小角度运动范围的旋转变压器解码方法,首先对一个信号周期内的数据进行求和运算,从而得到离散后的正弦信号周期面积等效值,根据正弦信号周期面积等效值计算角度,然在对计算的角度值进行修正。本发明采用简单计算即可完成旋转变压器的角度解码。



1. 一种适用于小角度运动范围的旋转变压器解码方法,其特征在于步骤如下:

步骤1:粗计算:

对一个信号周期内的数据进行求和运算,从而得到离散后的正弦波的半面积等效值,如下式:

$$\begin{cases} U_s = \sum_i^{50} U_s(i) \\ U_c = \sum_i^{50} U_c(i) \end{cases}$$

其中, $U_s$ 为正弦信号的半面积, $U_c$ 为余弦信号的半面积;

$$\text{计算 } A = \frac{U_s + U_c}{U_s - U_c},$$

$$\text{由 } A \text{ 计算角度 } \theta = \frac{1+A}{1-A};$$

步骤2:精校准:

将光电编码器与被测机构同轴安装,在机构运动范围内测试多个点数据得到一组角度值;采用高阶多项式拟合方法将测试得到的角度值和步骤1计算得到的角度值进行修正,多项式阶数在3~10之间。

## 一种适用于小角度运动范围的旋转变压器解码方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于旋转变压器角度测量技术领域,涉及一种适用于小角度( $\pm 45^\circ$ )运动范围的旋转变压器解码方法。

### 背景技术

[0002] 旋转变压器是一种广泛使用的测角元件,但是其输出的模拟正余弦信号不能直接使用,需要配置专用解码电路才能将其转换为角度信号。如果不采用专用解码电路,则需要将采集到的正余弦信号进行处理,最后通过计算反正切超越函数从而得到角度。

[0003] 本发明不需要采用专用解码电路,也不用复杂的算法来解算反正切超越函数。针对三角函数的特点,使用简单计算即可完成对旋转变压器信号的解码,同时解算出来的角度具有较高的精度指标,适用于一般控制系统的使用。

[0004] 如图1所示,旋转变压器反馈信号为由角度信息按正弦规律调制的固定频率正余弦波。目前从模拟信号中解算出角度信息的方法主要有两种方法,其中一种方法采用专用解码芯片,解码原理是采用锁相环构建二阶环路,进行闭环跟踪解码;另一种方法是采用A/D芯片采集正余弦信号,运算后形成正切信号,再通过解算反正切函数(如Cordic算法)来计算角度。

[0005] 上述两种方法都有一定的缺陷,采用专用解码芯片成本高、电路复杂;采用反正切函数解算算法需消耗处理器大量的运算能力,对系统硬件平台要求较高。

### 发明内容

[0006] 要解决的技术问题

[0007] 为了避免现有技术的不足之处,本发明提出一种针对小角度( $\pm 45^\circ$ )运动范围的应用,充分利用三角函数的特点,采用简单计算即可完成旋转变压器的角度解码。

[0008] 技术方案

[0009] 一种适用于小角度运动范围的旋转变压器解码方法,其特征在于步骤如下:

[0010] 步骤1:粗计算:

[0011] 对一个信号周期内的数据进行求和运算,从而得到离散后的正弦波的半面积等效值,如下式:

$$[0012] \quad \begin{cases} U_s = \sum_i^{50} U_s(i) \\ U_c = \sum_i^{50} U_c(i) \end{cases}$$

[0013] 其中, $U_s$ 为正弦信号的半面积, $U_c$ 为余弦信号的半面积;

[0014] 计算 $A = \frac{U_s + U_c}{U_s - U_c}$ ,

[0015] 由A计算角度 $\theta = \frac{1+A}{1-A}$  ;

[0016] 步骤2:精校准:

[0017] 将光电编码器与被测机构同轴安装,在机构运动范围内测试多个点数据得到一组角度值;采用高阶多项式拟合方法将测试得到的角度值和步骤1计算得到的角度值进行修正,多项式阶数在3~10之间。

[0018] 有益效果

[0019] 本发明提出的一种适用于小角度( $\pm 45^\circ$ )运动范围的旋转变压器解码方法,不需要专用电路,算法计算简单。

## 附图说明

[0020] 图1旋转变压器反馈正余弦模拟信号

[0021] 图2粗解码后角度误差曲线(横坐标:点数,纵坐标:角度误差(单位 $^\circ$ ))

[0022] 图3精修正后的角度误差曲线(横坐标:点数,纵坐标:角度误差(单位 $^\circ$ ))

## 具体实施方式

[0023] 现结合实施例、附图对本发明作进一步描述:

[0024] 本发明对小角度运动范围的旋转变压器解码分两步完成,第一步为粗解码,第二步为精校准。

[0025] 1.2.1粗解码原理

[0026] 旋转变压器反馈回的信号如图1所示,其数学表达为:

$$[0027] \begin{cases} \sin \theta \sin \omega t \\ \cos \theta \sin \omega t \end{cases} \quad (1)$$

[0028] 角度信号调制为固定频率正弦信号的幅值,但是正弦信号的幅值难以采集,因此本发明中使用正弦波的半面积来进行等效计算,如下式:

$$[0029] \begin{cases} U_s = \int_0^\pi \sin \theta \sin \omega t dt \\ U_c = \int_0^\pi \cos \theta \sin \omega t dt \end{cases} \quad (2)$$

[0030]  $U_s$ 正弦信号的半面积, $U_c$ 余弦信号的半面积,令 $A = \frac{U_s+U_c}{U_s-U_c}$ ,通过计算可得:

$$[0031] A = \frac{\int_0^\pi (\sin \theta + \cos \theta) \sin \omega t dt}{\int_0^\pi (\sin \theta - \cos \theta) \sin \omega t dt} = \frac{\sin \theta + \cos \theta}{\sin \theta - \cos \theta} = \frac{\sin \theta + \sin(\frac{\pi}{2} - \theta)}{\sin \theta - \sin(\frac{\pi}{2} - \theta)}$$

$$= \frac{\cos(\theta - \frac{\pi}{4})}{\sin(\theta - \frac{\pi}{4})} = \cot\left(\theta - \frac{\pi}{4}\right) = \frac{1 + \cot \theta}{1 - \cot \theta} \quad (3)$$

[0032] 由(3)可得, $\cot \theta = \frac{A-1}{A+1}$ 。当 $\theta$ 角在小角度范围内,可以近似认为 $\cot \theta \approx \theta$ ,因此(3)式变换为:

$$[0033] A = \frac{1+\theta}{1-\theta} \quad (4)$$

[0034] 由(4)可得,  $\theta = \frac{1+A}{1-A}$ 。因此,可以通过计算半正弦波的面积来求解角度。

[0035] 1.2.2精校准原理

[0036] 使用3.2.1方法得到的角度误差曲线在运动范围内是一条开口向下的抛物线,在零点出误差最大。为了达到较高的测角精度,需要对3.2.1方法得到的角度进行修正。

[0037] 本发明中所采用的修正方法是高阶多项式拟合方法,多项式阶数在3~10之间(满足角度误差在1°)。修正过程中需要使用高精度( $\leq 0.05^\circ$ )光电码盘,与被修正装置同轴安装,并同步采集光电码盘数据(角度)和3.2.1方法计算结果。修正过程中,通过调节多项式阶数使误差满足使用需求。

[0038] 以某控制系统为例,角度运动范围为 $\pm 15^\circ$ ,旋转变压器的激励信号频率为2KHz,A/D数据采集使用100KHz采样率。

[0039] 在处理器中对一个信号周期内的数据进行求和运算,从而得到离散后的正弦信号周期面积等效值,如下式:

$$[0040] \quad \begin{cases} U_s = \sum_i^{50} U_s(i) \\ U_c = \sum_i^{50} U_c(i) \end{cases}$$

[0041] 再根据3.2.1中的算法计算出实时角度信息,完成粗解码的过程。此时,角度误差较大,其误差曲线如图2所示。

[0042] 使用测试工装将光电编码器与被测机构同轴安装,在机构运动范围内测试40点数据并进行精修正。通过调整修正多项式的阶数,最终确定使用5阶多项式,其误差曲线如图3所示。

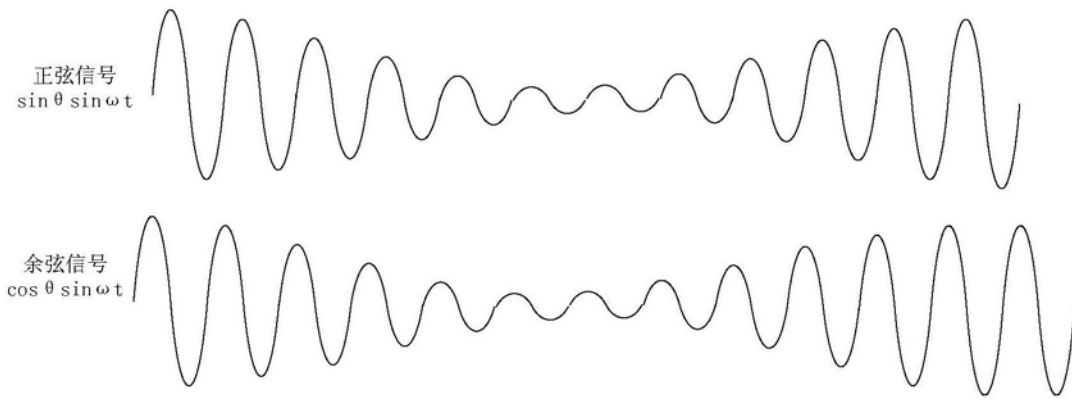


图1

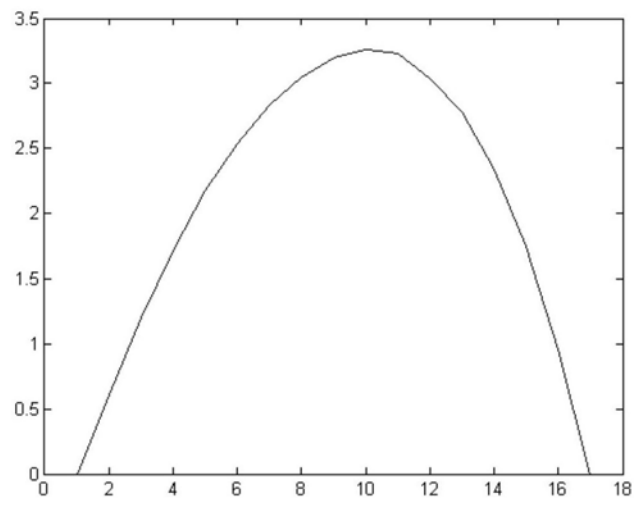


图2

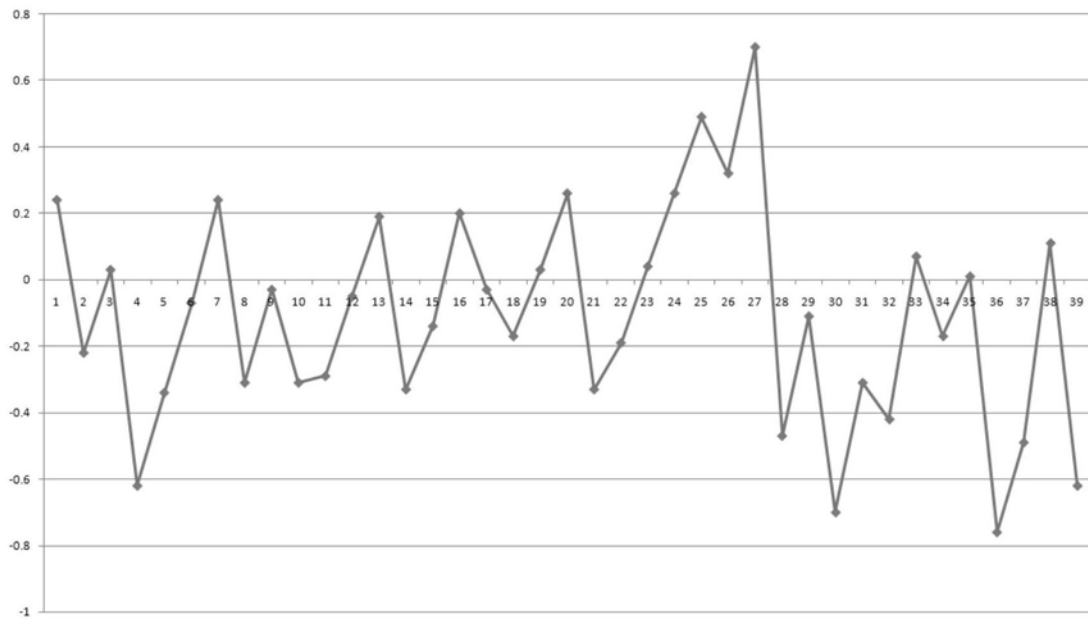


图3