



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101789734 A

(43) 申请公布日 2010.07.28

(21) 申请号 201010017278.1

(22) 申请日 2010.01.08

(71) 申请人 中国科学院国家天文台南京天文光
学技术研究所

地址 210042 江苏省南京市板仓街 188 号

(72) 发明人 张振超 李晓燕 汪达兴

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207

代理人 樊文红

(51) Int. Cl.

H02P 6/08 (2006.01)

H02P 6/16 (2006.01)

G02B 23/00 (2006.01)

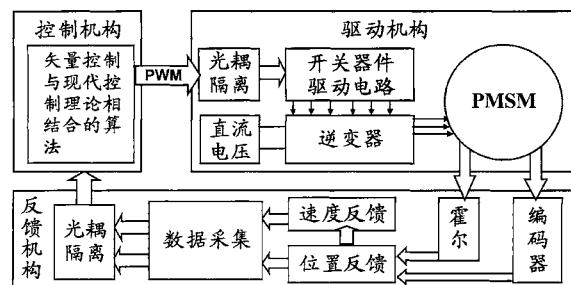
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种大型天文望远镜的弧线驱动控制系统

(57) 摘要

一种大型天文望远镜的弧线驱动控制系统，该系统由控制机构、驱动机构和反馈机构组成，所述控制机构由微机和软件设置组成，用于实现控制算法，输出 PWM 信号至驱动机构；所述驱动机构由弧线电机和弧线电机的驱动电路组成；所述反馈机构包括霍尔传感器和编码器，用于将弧线电机的相位、位置和速度信号输入数据采集模块，再由数据采集模块反馈至控制机构；所述弧线电机的转子直接固定在望远镜的转动框架上，弧线电机的定子固定在望远镜基座上，弧线电机和望远镜主轴共用一套轴承。



1. 一种大型天文望远镜的弧线驱动控制系统,其特征是,该系统由控制机构、驱动机构和反馈机构组成,所述控制机构由微机和软件设置组成,用于实现控制算法,输出 PWM 信号至驱动机构;所述驱动机构由弧线电机和弧线电机的驱动电路组成;所述反馈机构包括霍尔传感器和编码器,用于将弧线电机的相位、位置和速度信号输入数据采集模块,再由数据采集模块反馈至控制机构;所述弧线电机的转子直接固定在望远镜的转动框架上,弧线电机的定子固定在望远镜基座上,弧线电机和望远镜主轴共用一套轴承。

2. 根据权利要求 1 所述的弧线驱动控制系统,其特征是,所述弧线电机是大力矩交流稀土永磁同步伺服电机。

3. 根据权利要求 1 所述的弧线驱动控制系统,其特征是,所述控制算法采用 SVPWM 与神经网络和模糊控制相结合的控制方法。

4. 根据权利要求 3 所述的弧线驱动控制系统,其特征是,所述反馈机构中采用三个霍尔传感器,用于提供的 6 个确定的转子位置,所述控制机构每隔 60° 电角度对电压空间矢量的相位进行一次校正。

5. 根据权利要求 4 所述的弧线驱动控制系统,其特征是,所述控制机构对电压空间矢量的相位进行校正的方法是:如果电压空间矢量已经转过 60° 电角度,但校准信号显示实际转子还没有转完 60° 电角度,保持电压空间矢量的相位不变,直到转子转过 60° 电角度产生校准信号才做切换;相反,如果转子已经转过 60° 电角度,电压空间矢量还没有转完 60° 电角度,立即将电压空间矢量的相位转换到校正相位。

一种大型天文望远镜的弧线驱动控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种天文望远镜的控制装置,具体涉及一种大望远镜直接驱动的控制系统。

背景技术

[0002] 目前国际上拟建或在建的天文望远镜中,传动方式主要考虑了齿轮传动、摩擦传动、直接驱动。直接驱动较之另两种传动方式的优点在于消除了中间传动机构的影响,也没有中间摩擦现象,能够获得较高的驱动精度,高动态响应,高机械刚度和可靠性。近十几年来,随着工业加工技术、电机技术和社会经济的发展,原本高昂的直接驱动研制成本有所下降,使得直接驱动有望在未来大型天文望远镜中得到广泛应用。

[0003] 目前采用直接驱动或者拟采用直接驱动的望远镜主要有 VLT、GTC、SOFIA、TMT、SUBARU 等望远镜,其中 VLT、SUBARU、SOFIA 望远镜已经成功的运用了该技术,而 GTC、TMT 等望远镜在他们的设计方案中也采用该技术。

[0004] VLT 的电机是一种适用于大型天文望远镜的带有一点弯曲的直线电机,称之为圆弧型直线电机。目前这种电机国际上还没有统一的工业标准,各大望远镜都是根据需要单独研发的。

[0005] 现有的大型天文望远镜弧线控制系统包括上位计算机系统和下位计算机系统,上位计算机系统通过串行通讯与下位计算机 DSP 的 SCI 模块连接,上位机实现弧线运动控制系统的在线集中监控、综合管理、性能检测和安全保护等功能;下位计算机系统包括 DSP 模块,执行电机,信号采集与比较环节,位置数据处理单片机,下位计算机根据上位计算机的控制指令完成相应的控制算法,并对弧线电机运动控制系统进行实时控制;所述执行电机为弧线电机;所述的信号采集与比较环节中同时设有绝对式编码器和增量式编码器,其中绝对式编码器用于伺服电机换向;增量式编码器用于伺服电机的位置检测;所述的绝对式编码器和增量式编码器的信号通过位置数据处理单片机输出给下位计算机 DSP 模块;电机驱动电路采用数字化驱动智能功率模块;在驱动模块上设有电流检测传感器,该电流检测电路的信号经电流传感器送入 DSP 的 A/D 模块,构成闭环控制的电流环;在功率模块上设有母线电压检测传感器,该电压检测传感器将检测的直流电压信号通过电压传感器送入 DSP 的 A/D 转换器中,对电路中出现的过压或欠压信号进行检测和保护;DSP 模块的 PWM 信号输出经过光电隔离输出给智能功率模块,进而控制执行电机的旋转。VLT 望远镜的驱动控制模块如图 1 所示。

[0006] 该驱动方法包括:通过上位计算机对下位计算机系统输出控制参数和设置伺服运行模式,并进行在线集中监控、综合管理和性能检测;通过下位计算机系统控制程序,实现上位计算机的控制指令完成相应的控制算法,并对电机的弧线运动进行实时控制;在下位计算机系统中设置数字信号处理器(DSP 模块),在 DSP 模块中设置中央处理器(CPU)、SCI 模块、SPI 模块、A/D 采样模块、位置编码输入接口、引脚中断模块和 PWM 发生器;下位计算机系统控制程序包括下列步骤:设定 DSP 模块中控制寄存器的初始值,测量电机定子端的

电流和电压,DSP 模块初始化 ;进行 A/D 数据采集和保持,执行直接转矩控制算法程序,产生相应的 PWM 信号 ;完成新的数据采集、刷新,重新选择电压矢量 ;进行数据交换,主要包括从上位机的接收并刷新本机伺服控制参数、设置伺服运行模式 ;EEPROM 中参数的存储,DSP 模块键盘值的读取和显示。

[0007] 由于是非标准电机,VLT 电机的驱动器采用的是 Phase 公司的 CT Digitax750 三相正弦交流驱动器的改进版 Digitax750 VLT,由四个这样的驱动器得到所需的扭矩。VLT 的反馈机构采用霍尔传感器和编码器和转速计来完成。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种大型天文望远镜的直接驱动控制系统,该系统能够满足大型天文望远镜大口径、大惯量、超低速 (1" /s)、高精度、大调速范围等要求。

[0009] 实现本发明目的的技术方案是 :一种大型天文望远镜的弧线驱动控制系统,该系统由控制机构、驱动机构和反馈机构组成,所述控制机构由微机和软件设置组成,用于实现控制算法,输出 PWM 信号至驱动机构 ;所述驱动机构由弧线电机和弧线电机的驱动电路组成 ;所述反馈机构包括霍尔传感器和编码器,用于将弧线电机的相位、位置和速度信号输入数据采集模块,再由数据采集模块反馈至控制机构 ;所述弧线电机的转子直接固定在望远镜的转动框架上,弧线电机的定子固定在望远镜基座上,弧线电机和望远镜主轴共用一套轴承。

[0010] 所述驱动机构采用的弧线电机是一种大力矩交流稀土永磁同步伺服电机 (PMSM)。

[0011] 本技术方案中 :

[0012] 1. 弧线电机采用的是一种为大型天文望远镜专门研制的超低速高精密弧线电机,将其应用于望远镜时,弧线电机的转子直接固定在望远镜的转动框架上,弧线电机的定子固定在望远镜基座上,弧线电机和望远镜主轴共用一套轴承,使得望远镜和弧线电机形成机电一体化整体。能够形成刚性很强的连接关系,使望远镜的动态性能、控制精度都有了很大的提高。

[0013] 2. 所述控制机构用计算机软件编程的方法实现控制算法,由计算机通过 I/O 卡送出 PWM 信号。与广泛使用的 DSP 实现 PWM 信号的方法相比,该方法不受 DSP 性能的影响,能够使硬件电路规范化,既降低了成本,又提高了可靠性 ;同时控制软件执行速度快,可移植性好,无需增加硬件成本即可实现升级 ;并且能够实现各种新型的复杂控制策略,如矢量控制,自适应控制,模糊矢量控制及神经网络控制等智能控制算法 ;能够实现 DSP 不能实现的三角函数和非线性函数的计算,无需存储和修改复杂表格,只需做算法上的优化即可实现高速运算。计算机可以采用多核处理器的使得运算速度、处理能力快速提高,更有利于软件执行速度的提高。另外,大型天文望远镜均配有望远镜控制系统,只需软件接口即可实现电机控制算法与望远镜控制系统的连接,利于修改和维护。

[0014] 3. PMSM 转差为零的特点使其更适合于矢量控制。根据这一特点,所述控制机构的控制算法采用了脉宽调制 (PWM) 的控制技术。具体采用空间矢量 PWM 技术 (SVPWM),进一步采用 SVPWM 与神经网络、模糊控制等现代控制理论相结合的控制方法。空间矢量 PWM (SVPWM) 技术基于瞬时值理论,以电动机内部旋转的磁通矢量为控制对象,控制效果好,直流电压利用率高,控制简单灵活,减小了逆变器输出电流的谐波成分及电动机的谐波损

耗,降低了脉冲转矩。

[0015] 4. 用霍尔传感器校正 SVPWM 信号。所述反馈机构中采用三个霍尔传感器提供的 6 个确定的转子位置,每隔 60° 电角度对电压空间矢量的相位进行一次校正,消除位置误差的积累。在电机运行过程中,由于转速的波动,每个 60° 电角度区间持续的时间不一定相同,如果设定 60° 电角度区间所持续的时间不变,必然会产生一定的误差。如果不进行位置校正,当误差积累超过一定角度时,电压空间矢量与转子 d 轴之间的实际相位角将发生错位,造成电机的失步振荡直至停转。

[0016] 5. 位置反馈模块采用由绝对式编码器和增量式编码器组成的混合式编码器,完成电机的位置检测,其分辨率最终由德国 HEIDENHAIN 公司生产的 ERA-780C 编码器来决定,可以得到 3.6" 的分辨率,如果增配适当的细分器其分辨率还可以提高。

[0017] 6. 速度反馈模块用德国 HEIDENHAIN 公司生产的 ERA-780C 编码器来获得,可以得到 3.6" 的分辨率,如果增配适当的细分器其分辨率还可以提高。

附图说明

- [0018] 图 1 为现有技术中 VLT 望远镜采用的驱动控制模块
- [0019] 图 2 为本发明实施例 1 的驱动控制系统结构示意图
- [0020] 图 3 为本发明实施例 1 的 6 个特定矢量和 2 个零矢量
- [0021] 图 4 为本发明实施例 1 的等效空间矢量 V 的形成图
- [0022] 图 5 为本发明实施例 1 的算法流程图

具体实施方式

[0023] 下面结合附图和实施例作进一步说明。

[0024] 实施例 1

[0025] 如图 2 所示,一种大型天文望远镜的弧线驱动控制系统,该系统由控制机构、驱动机构和反馈机构组成,控制机构由微机和软件设置组成,用于实现控制算法,输出 PWM 信号至驱动机构;驱动机构由弧线电机 (PMSM) 和弧线电机的驱动电路组成,驱动电路包括开关器件驱动电路和逆变器;反馈机构包括霍尔传感器和编码器,用于将弧线电机的相位、位置和速度信号输入数据采集模块,再由数据采集模块通过光耦隔离模块反馈至控制机构。弧线电机的转子直接固定在望远镜的转动框架上,弧线电机的定子固定在望远镜基座上,弧线电机和望远镜主轴共用一套轴承。

[0026] 如图 3 所示,三相逆变驱动电路输出 8 个基本电压矢量(包括 6 个特定矢量和 2 个零矢量),分别可以用 $(S_a, S_b, S_c) = (000, 001, 010 \dots 110, 111)$ 表示,空间矢量脉宽调制 (SVPWM) 的着眼点是如何使电机获得圆磁场。为了使驱动电路逆变器输出的电压矢量接近圆形,用这 8 个基本电压矢量合成任意等效空间矢量。

[0027] 如图 4,等效空间矢量 V 可以用与其相邻的特定矢量 V_x 和 V_y 以及零矢量 V_0 (或 V_7) 合成。令 V 存在时间为 T_s , V_x 存在时间为 T_x , V_y 存在时间为 T_y , V_0 (或 V_7) 存在时间为 T_0 ,根据伏秒特性:

$$V_x T_x + V_y T_y + V_0 T_0 = V T_s$$

[0029] 又有: $T_s = T_x + T_y + T_0$

[0030] 由三角函数可解得 T_x 、 T_y 、 T_0 时间。

[0031] 为了减少开关动作次数,减少谐波的优化控制,采用优化的开关变化次序。使逆变器从一个开关状态转到另一个开关状态时,只改变一个桥臂的开关状态。例如假设某一 60° 电角度内合成 N 个矢量,则优化后的开关状态变化顺序为:

[0032]

矢量	V1		V2		V3		.....	VN-1			VN					
作用时间	Ts		Ts		Ts			Ts			Ts					
	Tx1	Ty1	T01	Ty2	Tx2	T02	Tx3	Ty3	T03	.....	Tx(N-1)	Ty(N-1)	T0(N-1)	Ty(N)	Tx(N)	T0(N)
Sa	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.....	1	1	1	1	1	0
Sb	0	1	1	1	0	0	0	1	1	.....	0	1	1	1	0	0
Sc	0	0	1	0	0	0	0	0	1	.....	0	0	1	0	0	0

[0033] 利用三个霍尔传感器提供的 6 个确定的转子位置,每隔 60° 电角度对电压空间矢量的相位进行一次校正,可以消除位置误差的积累。具体实施方式是:如果电压空间矢量已经转过 60° 电角度,但校准信号显示实际转子还没有转完 60° 电角度,此时应保持电压空间矢量的相位不变,直到转子转过 60° 电角度产生校准信号才做切换;相反,如果转子已经转过 60° 电角度,电压空间矢量还没有转完 60° 电角度,应立即将电压空间矢量的相位转换到校正相位。加入霍尔传感器相位校正后的算法流程图如图 5 所示。

[0034] 位置反馈模块由绝对式编码器和增量式编码器组成的混合式编码器来完成,其分辨率最终由德国 HEIDENHAIN 公司生产的 ERA-780C 编码器来决定,可以得到 $3.6''$ 的分辨率,如果增配适当的细分器其分辨率还可以提高。

[0035] 速度反馈模块用德国 HEIDENHAIN 公司生产的 ERA-780C 编码器来获得,选用了 20 和 400 细分的两个读数头,可根据速度范围选择对应的读数头。

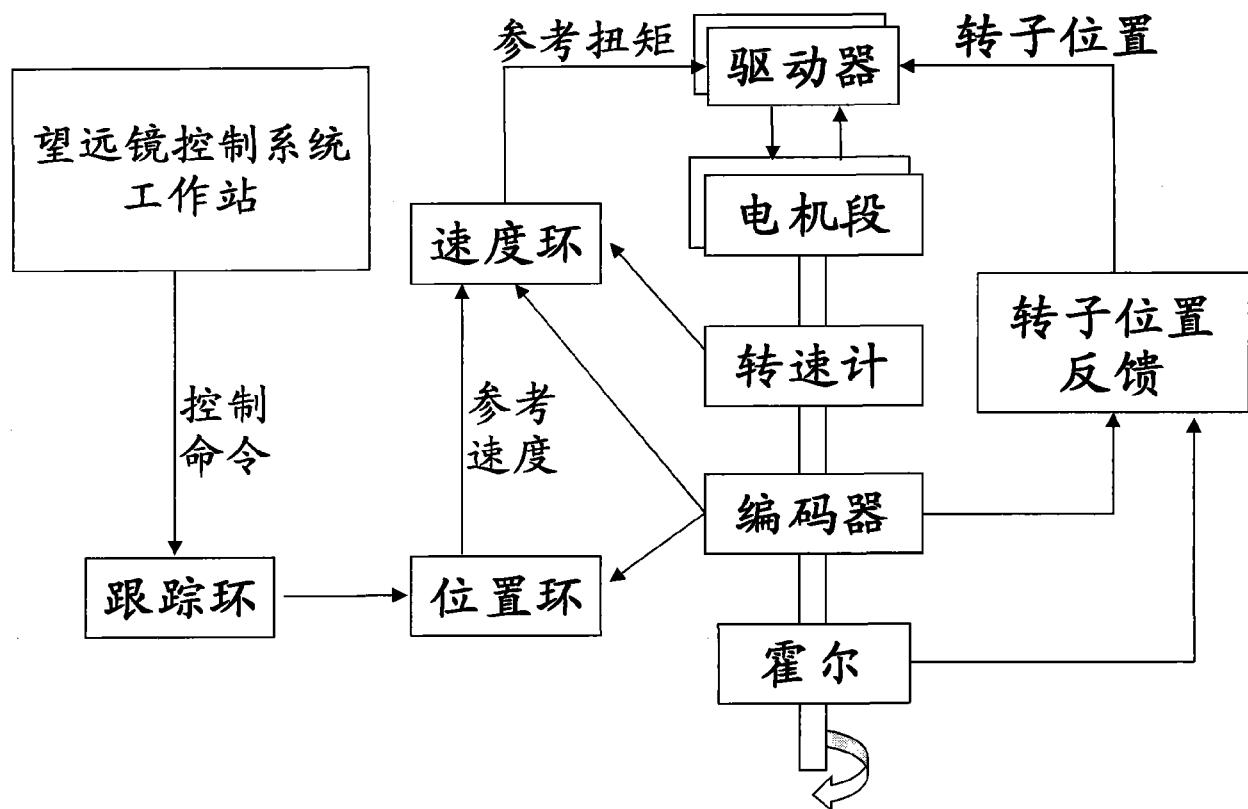


图 1

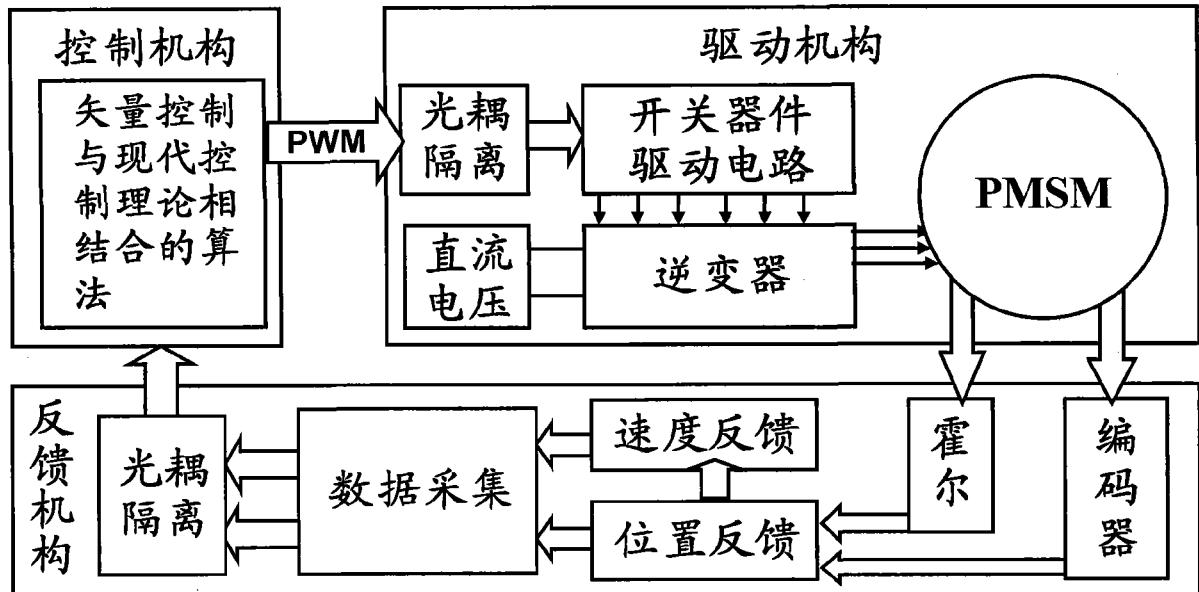


图 2

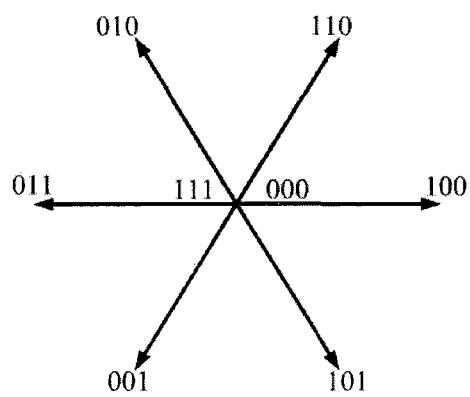


图 3

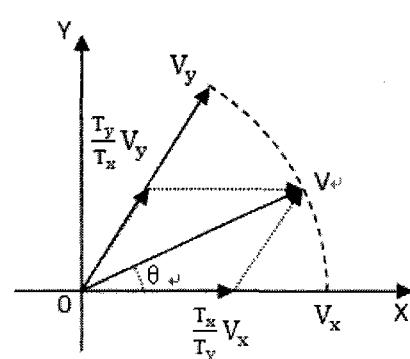


图 4

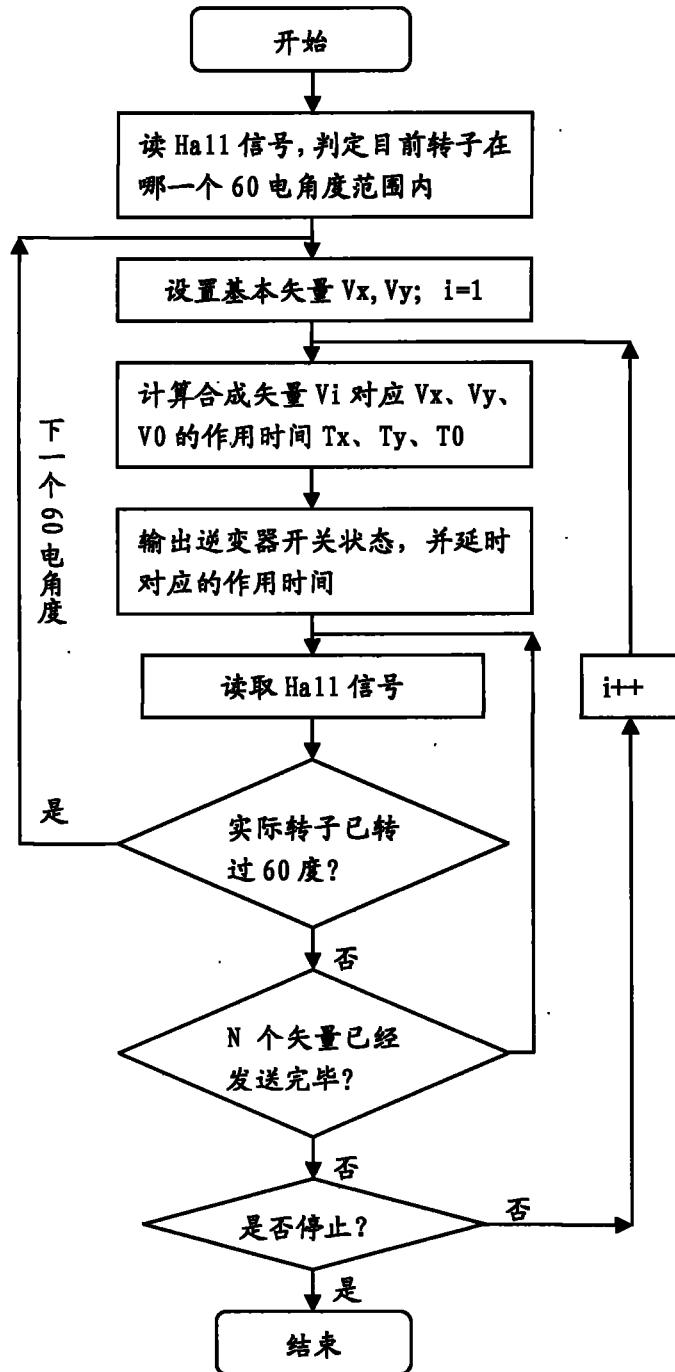


图 5