

文章编号: 1005—0523(2004)01—0064—04

基于 80C196KB 的无刷直流电机控制系统

胡文华, 宋平岗

(华东交通大学 电气与电子工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:介绍了一种基于 80C196KB 的无刷直流电机控制系统. 该控制系统采用反电动势三次谐波法检测电机转子位置. 文章着重介绍了该系统的构成、原理, 各组成电路的功能、实现以及控制软件的实现, 并在最后给出了实验结果.

关 键 词:反电动势三次谐波; 无刷直流电机; 控制系统

中图分类号: TM301

文献标识码: A

1 前 言

本文所研究的无位置传感器无刷直流电动机控制系统采用的转子位置检测方法是反电动势三次谐波检测法^[1], 其输入到控制器的信号有两路, 一路为 A 相反电动势过零信号, 另一路为转子磁通三次谐波的过零信号, 利用这两路信号使永磁同步电动机运行于自控式工作状态. 所以这一控制系统有别于传统的反电动势基波法(采用三路反电动势过零点信号)的控制系统.

与反电动势基波法不同, 反电动势三次谐波检测法在信号处理过程中可以采用在整个频率范围内都保持恒定的 90° 锁相环移相电路^[2]而不采用衰减率极大的低通滤波器来完成移相 90° 的任务. 这就使得三次谐波检测在较低的转速下就可以正确检测出转子的位置. 所以它具有检测精度高、输出转矩大、运行效率高等优点.

2 控制系统原理图

本控制系统原理框图如图 1 所示^[2]. 由于 80C196KB 强大的功能, 使得以往必须采取外围扩展

电路完成的功能, 比如相位差检测电路、A/D 转换电路、转向控制电路、PWM 波生成电路等, 现在都可以利用 80C196KB 内部的硬件设备或控制软件来完成, 使 CPU 外围电路大大简化, 减少了元器件之间的连线和电磁干扰, 可靠性也得以提高.

在梯形波的气隙磁密中, 除了基波分量外, 主要还包括三次谐波分量^[3], 如图 2 所示. 其中 e_a 为电机 a 相绕组反电动势波形, u_3 为反电动势三次谐波分量波形, λ_3 为转子磁通的三次谐波分量波形, λ_r 为转子磁通波形, i_a 、 i_b 、 i_c 为定子绕组三相电流波形.

由图 2 可知, 转子磁通的三次谐波分量的每次过零时刻正好对应一次电流换相(即三相六拍中的一拍), 所以只要知道某一过零点对应三相六拍中的哪一拍, 那么, 这些过零点就可以用来控制逆变器的换相. 做到这一点也不难, 检测 a 相相电压, 只要知道 a 相电压正向过零时刻, 那么其后的转子磁通三次谐波分量 6 个过零点分别对应六拍, 这样就可以正确控制逆变器的换相.

在本系统中, 80C196KB 的 P3、P4 口用于系统总线, P2 口作为特殊功能口, P1 口作为 I/O 口, P0 口用于 A/D 转换以及输入口, HSI 口用于合成同步信号与转子位置信号相位差的比较和电机转速的测量, HSO 用于显示与定时.

收稿日期: 2003—07—04

作者简介: 胡文华(1972—), 男, 江西南昌人, 华东交通大学讲师.

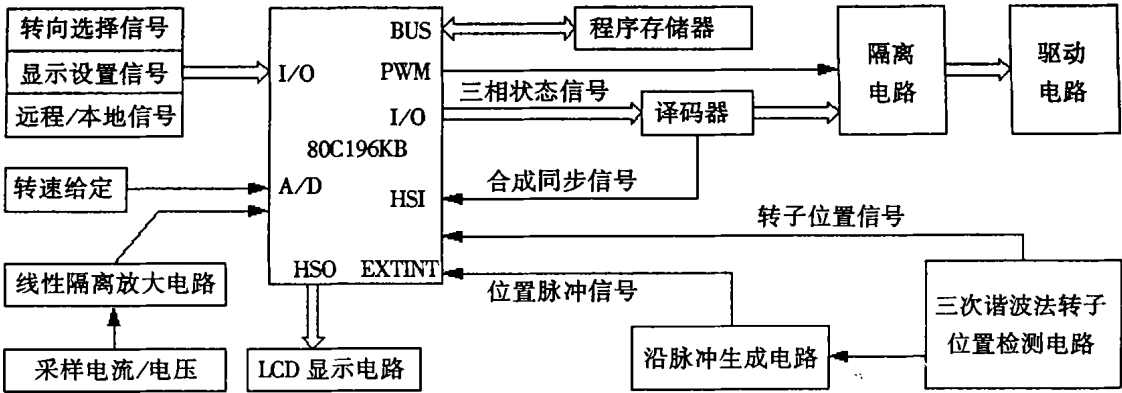


图 1 控制系统原理框图

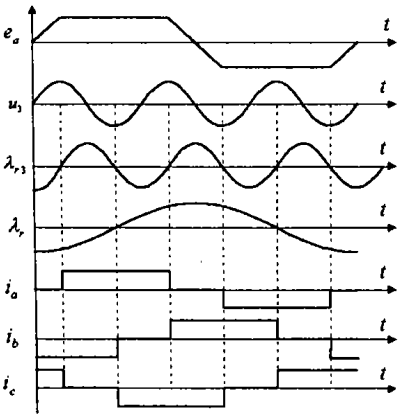


图 2 反电动势及各相电流波形

3 控制系统的各组成电路

无刷直流电机控制器的主要任务是完成位置闭环、转速闭环控制以及起动控制。位置闭环是为了使电机运行于自控式工作状态，转速闭环是为了测速，由于三次谐波检测法同样也无法检测零速下电机转子的位置，所以同样也需要比较复杂的起动控制。

3.1 位置闭环的实现

位置闭环硬件的实现主要由译码电路、三次谐波沿脉冲生成电路来完成。译码电路把微机输出的三相同步信号译码成逆变器六个功率器件的控制信号，其功能与传统反电动势基波法采用的译码器功能一样。在本文所研究的控制器中是采用 GAL16V8 可编程逻辑器件来完成这一功能的。

位置闭环软件的实现是采用中断方式来的。在控制器的控制程序中预先编制好与三相六拍对应的三相同步信号序列，三次谐波每一次跳变引发一次中断，控制器就输出下一个同步信号序列。而 A 相反电动势每一次上跳沿引发一次中断，使控

制器指向第一个同步信号序列。
在无刷机运行状态时，三次谐波位置信号每一次跳变都对应着一个换相时刻。而只有外部信号的上跳沿才能引起 80C196KB 单片机产生外部中断，所以这就需要一个沿脉冲生成电路，把输入的三次谐波信号上跳沿和下跳沿都转化成具有上跳沿的窄脉冲。使用两个上升沿单稳触发器即可实现这样的功能。沿脉冲生成电路如图 3 所示，其中脉冲的宽度由单稳触发器的 RC 延时网络决定。这个脉宽要求不能大于最高转速时三次谐波位置信号的脉宽，否则电机在最高转速时会漏掉换相时刻，这将使电机运行于一种不稳定的状态。

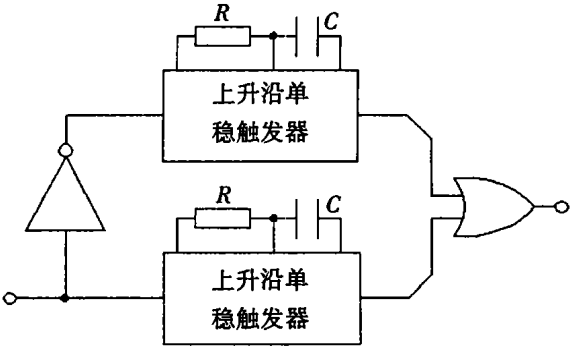


图 3 沿脉冲生成电路

3.2 转速闭环的实现

转速闭环的实现包括控制量的设定、转速的测定及 PWM 波占空比的调节。

控制量的设定包括转速给定值、起动负载设定值、正/反转开关以及启/停开关等。其中转速给定值和起动负载设定值可以通过 Philips 遥控器以及红外接收头来完成数字设定，红外接收头的输入信号可接到单片机的高速输入口 HSI，在 FIFO 中断处理程序中识别遥控器输入的键值，并根据键值设定输入量。也可以采用电位器模拟给定，由 80C196KB

的 A/D 转换成数字量. 正/反转开关以及启/停开关只需要普通的开关形成电平信号从 P1 口输入到单片机中, 在主程序中, 不断查询开关状态, 并根据不同的开关状态进行相应的处理.

因为三次谐波位置信号频率与电机的转速成正比, 对于 $P=2$ 的电机, 转子每旋转一圈, 三次谐波信号将发生 12 次跳变. 所以转速的测定可通过测量两个三次谐波脉冲信号之间的时间间隔来完成. 由于 80C196KB 带有高速输入口——HSI, 这为转速的测量提供了极大的方便. 三次谐波信号通过 HSI.1 输入到单片机中, 我们设定高速输入口 HSI 的工作方式为记录每次跳变的工作方式, 并设定 FIFO 为保持寄存器有效中断方式, 即每发生一个事件产生一次中断, 在中断处理程序中计算两次事件的时间差, 从而得到电机的转速.

80C196KB 单片机自带一个 8 位 PWM 通道, 改变 PWM 占空比只需改变 PWM 寄存器的值即可, 因而使用起来非常方便、可靠. 此 PWM 通道在 12M 晶振下, 输出的 PWM 频率可达 23.6kHz ^[4], 超出了音频范围, 因而不会给系统带来噪音. 它的唯一不足之处是其占空比分辨率只有 8 位, 即 $1/256$ (0.39%), 这对于调速精度要求较高的场合是不能满足要求的, 就需要扩展一个高分辨率的 PWM 波发生器.

3.3 起动控制的实现

在基于三次谐波检测法控制系统中, 同样也可以采用反电动势基波法控制系统所采用的三段式起动方法, 即整个起动过程分为转子定位, 加速和切换三个阶段. 由于三次谐波检测法相对于反电动势基波法而言, 其检测的灵敏度大大提高. 三次谐波检测法的高灵敏度使得电机的起动过程无须象反电动势基波法那样复杂, 电机一开始只须输出一个定位信号进行转子定位, 然后输出下一个信号序列, 使定子磁场向前跃进 60° , 转子在电磁转矩的作用下向前旋转, 在电机由定位位置转向下一个位置的过程中, 这时三次谐波信号已经有效, 到达换相位置时, 由三次谐波法检测出的转子位置信号向微机发出一次换相中断, 使定子磁场又向前跳进 60° , 转子继续转动, 如此循环, 最后使电机起动起来. 实验证明, 这种简化的起动方法是可行的.

4 控制软件的实现

主程序主要任务是初始化各变量及标志的值、

初始化各端口状态、设置 CPU 的控制字及开启相应的中断, 并调节电机的转速. 其流程图如图 4 所示.

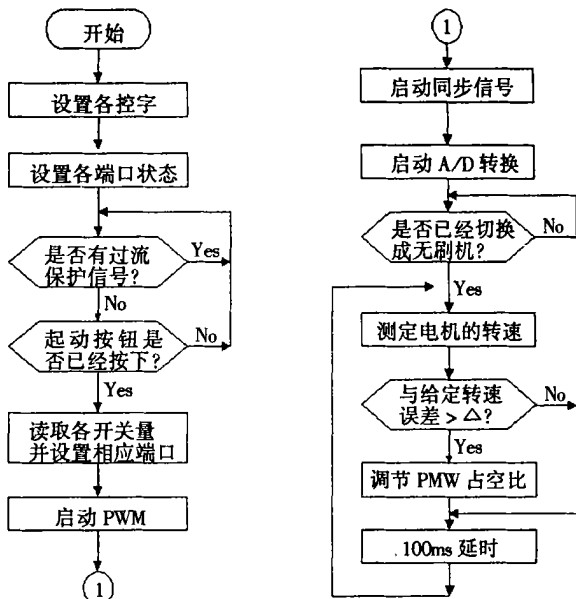


图 4 主程序流程图

HSI FIFO 保持寄存器有效中断主要任务有两个, 一个是在同步机运行状态时, 负责检测同步信号与转子位置检测信号的相位差, 当相位差满足规定的条件后, 负责切换成无刷机运行状态. 另一个任务是在切换成无刷机运行状态后, 还承担测量电机转速的任务, 限于篇幅, 不再详叙.

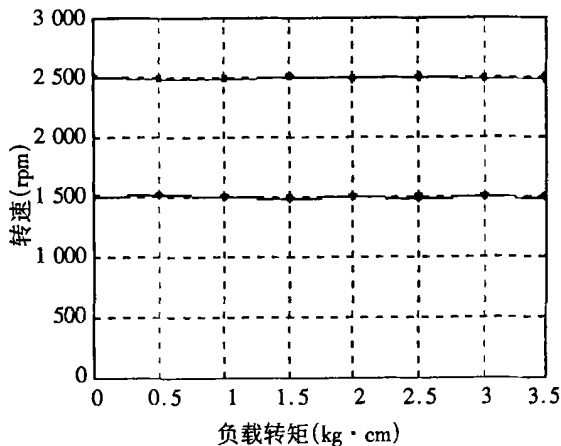


图 5 转速负反馈机械特性

5 实验结果

本文对 250 W 样机进行了转速负反馈控制实验, 图 5 是电机转速给定值分别为 1500 rpm 和 2500 rpm 时, 负载从空载至额定负载变化时的机械特性. 实验结果表明: 系统可以可靠地工作, 电机的稳态转速误差小于 32 rpm. 产生这一误差的主要原因

是由于 80C196KB 自带的 PWM 发生器占空比分辨率只有 8 位.本文设计的控制系统,如用于压缩机电机等场合,其性能已满足要求.

参考文献:

[1] J. C. Moreira. Indirect Sensing for Rotor Flux Position of Per-

manent Magnet AC Motors Operating Over a Wide Speed Range [J]. IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 32, no. 6, Nov./Dec. 1996, 1394~1401.

[2] 胡文华,宋平岗.无刷直流电机三次谐波位置检测方法[J].华东交通大学学报,2003,(4):59~61.

[3] 孙涵芳. Intel 16 位单片机[M].北京:航空航天大学出版社,1999.

Control System of Brushless DC Motor Based on 80C196KB

HU Wen-hua, SONG Ping-gang

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper introduces a control system of brushless DC motor based on 80C196KB, in which the third harmonic sensing scheme is adopted, and the composing, principle of the system, the function, realization of each constitute of electric circuit and the software. Finally the experiment result is given.

Key words: the third harmonic; brushless DC motor, control system

(上接第 59 页)

体平台和操作系统无关,可实现各种 GIS 数据的传输与共享, GIS 操作速度快,并且 Java 有自己的安全框架,不允许对本地文件直接操作,相对于其它实现模式更安全.

4 结束语

通过对 Web GIS 的简介和不同实现方式的分析,可以得出,目前 Java 是基于 Web 的分布式计算环境,使传统 GIS 有望实现开放目标,以满足数据共

享与互操作需求的理想解决之道.随着 Internet 技术的不断发展,智能化结构和开发工具的创新, Web GIS 将会有新的构造模式不断出现.

参考文献:

[1] 张曙光,李春燕,刘英.基于 java 的 Web GIS 系统的研究与开发[J].计算机工程与科学,2002,24(1):54~58.

[2] 修文群.网络地理信息系统[J].中国图象图形学报,2002,7A(6):610~617.

[3] 张成才,孙喜梅,朱陶业.几种流行网络地理信息系统的模式比较研究[J].计算机工程与应用,2002,15:77~80.

Web GIS and its Implementation Methods

CHEN Hong-li, YUAN Ke-feng, LV Shan-guo

(School of Information Eng., East China Jiaotong Univ., Nanchang 330013, China)

Abstract: With the development of Internet and the suggestion of digital earth concept, the research on Web GIS has become a hotspot. The article summarizes the conception, characteristics and types, tries to bring forward the best plan to publish spatial data on network by analyzing and comparing the realizing methods (CGI, Server API, PLUG — INS, Java Applet, ActiveX), and makes the traditional GIS industry to reach the opening ideal.

Key words: Web GIS; java applet; implementation method; comparison