

基于数字信号处理器和单片机的 回转驱动电机控制研究

李祖林, 张忠贤

(湖南工学院 电气与信息工程系, 湖南 衡阳 421002)

摘要: 介绍牙轮钻机回转驱动电机控制特点, 研究了以数字信号处理器 (digital signal processor) 与单片机相结合的回转驱动电机控制系统, 并设计和介绍了相应的硬件系统、软件设计算法。实际运行证明该系统具有较好的动态性能和较高的速度控制精度。

关键词: 回转电机; 单片机; DSP; 脉宽调制

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2008)06-0065-03

Research on Drive Electromotor Control Based on DSP and Single Chip Micro Prosser

Li Zulin, Zhang Zhongxian

(Department of Electric & Information, Hunan Institute of Technology, Hengyang Hunan 421002, China)

Abstract: The property of driller electromotor controlling is introduced. Its system is also studied on combining Digital Signal Process (DSP) and single chip micro prosser for manufacturing driller. Hardware system as well as software algorithm is designed. Practice verified that the system has better dynamic performance and higher accuracy of speed controlling.

Key words: electromotor; single chip micro prosser; DSP; pulse width modulation

牙轮钻机是冶金采矿和露天煤矿一种重要的开采设备, 其驱动电机应具有“挖土机”特性, 钻机的回转驱动电机须采用直流控制系统。在牙轮钻机制造过程中, 驱动电机的常规控制方式一般是采用模拟量控制系统或以单片机为核心的数字控制系统。若采用模拟量控制方式, 系统控制精度低、设备复杂、故障率高和维护工作量大; 若采用单片机控制, 虽然控制精度提高, 但控制接口电路复杂。本文设计了基于TMS320C24X DSP为核心的牙轮钻机直流控制系统, 系统控制精度得到较大提高, 工作可靠, 控制电路较为简单。

1 控制系统组成

1.1 回转电机控制

牙轮钻机在使用过程中要求调速性能好, 有良好

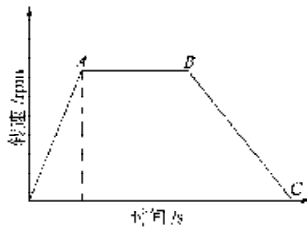
的“挖土机”特性, 因此通常采用直流控制系统对驱动电机进行控制。在实际应用过程中, 电机控制特性曲线如图1所示。

图1 a) 中: OA 段表示钻机电机由零转速上升至额定转速而电流保持恒值的起动过程; AB 段表示电机运行在额定状态; BC 段为钻机额定转速下降至零转速堵转特性; I_t 为电机转折电流; I_0 表示电机过载电流; I_1 为电机堵转电流。回转电机主回路采用大功率IGBT构成的逆变器, 用PWM脉冲控制IGBT的通断来调节电枢电压。电机励磁电流要求能连续调节, 因此, 励磁回路采用可控硅构成的H桥, 使用PWM脉冲控制IGBT的通断来调节励磁电流大小, 励磁回路H桥的可控硅触发脉冲由软件实现产生。电机转向控制由H桥的SCR1、SCR4或SCR2、SCR3导通来实现, 通过键盘输入转向控制信号。

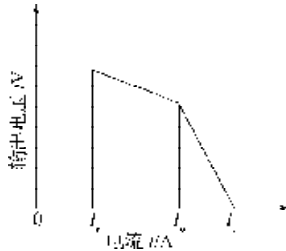
收稿日期: 2008-07-18

基金项目: 湖南省教育厅基金资助项目(06C032)

作者简介: 李祖林(1966-), 男, 湖南衡阳人, 湖南工学院副教授, 硕士, 主要从事自动检测技术, 智能控制方面的研究。



a) 电机控制时间-转速曲线



b) 电机控制电流-输出电压曲线

图1 电机控制特性曲线

Fig. 1 The characteristic curve of electromotor control

1.2 系统控制方案选择

在带转速负反馈的无差调速系统或有差调速系统中,电机起动或有较大负载变化时,电流波形会变坏,电流在短时间内会达到最大值,从而损坏电机。而双闭环直流调速系统能克服这些缺点,这种直流调速系统还具有调速性能好、起动时间短、过渡过程快等优点。因此,钻机回转电机控制采用转速和电流负反馈构成双闭环PI调节系统,直流电机的感应电势和转矩计算^[1]如下:

$$E = 2NlrB\omega$$

$$T = \frac{1}{2}l^2 \frac{dL}{d\theta} - \frac{1}{2}B^2 \frac{dR}{d\theta} + \frac{4N}{\pi} BrlI$$

式中: N 为电机每相匝数; l 为转子长度;
 r 为转子内径; B 为转子磁通密度;
 ω 为电机角速度; L 为自感系数;
 θ 为转子转角; R 为相电阻; I 为电机电流。

从以上表达式可看出,直流电机感应电势与电机转速成正比,转矩与相电流成正比。因此,通过控制回转电机转速和电流,可实现电机的“挖土机”特性。

通过检测电机转速和电流,以电机转速PI控制为外环,以电机电流PI控制为内环,构成回转驱动电机双闭环控制系统,设计的牙轮钻机回转电机的控制系统如图2所示。

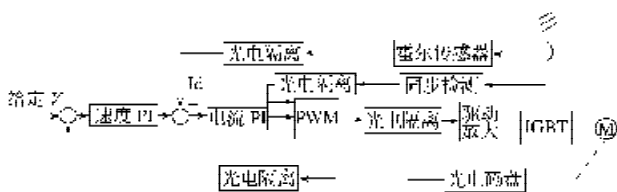


图2 系统控制框图

Fig. 2 System control diagram

1.3 系统设计

钻机回转电机控制由主回路、励磁回路和控制电路组成。控制系统主要由 TMS320C240DSP 芯片^[2]控制器、单片机控制的人机界面、功率驱动电路、同步信号检测电路和保护电路组成;主回路与励磁回路的电流通过霍尔传感器检测,经光电隔离送 DSP 的 ADC 单元,位置和速度检测通过增量式光电编码盘送 DSP 的 QEP;同时电机须具有相序和缺相保护,三相同步信号经同步变压器和光电隔离后送 DSP 的 I/O,保证 DSP 输出的 PWM 信号与电源相序同步,并能判断电机相序、缺相和速度上升下降时间。由 DSP 输出 PWM 驱动信号控制主回路 IGBT 的导通时间,从而控制电机的电压与转速,另外 DSP 输出一路 PWM 脉冲控制励磁回路的励磁电流,如图3所示。

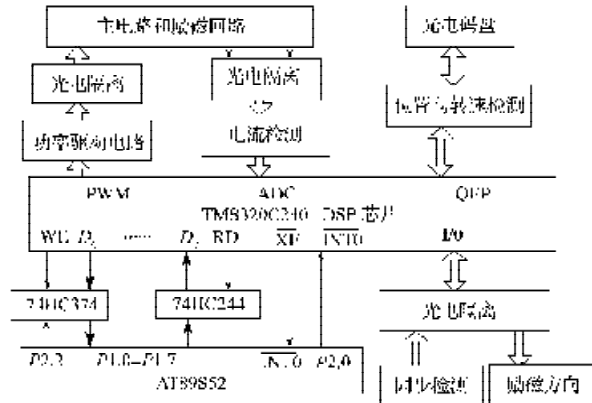


图3 控制电路框图

Fig. 3 Control circuit diagram

TMS320C240DSP 芯片采用 PWM 方式对电机主回路大功率管 IGBT 的导通时间进行控制,当出现故障时,通过保护电路封锁 DSP 的 PWM 输出,直至故障消除;同时 DSP 输出一路 PWM 信号控制励磁回路的 IGBT 导通时间来调节励磁电流。

2 系统硬件和软件设计

2.1 硬件电路组成

系统硬件采用 TI 公司的 TMS320C240 DSP 为核心, TMS320C240 DSP 是一块专为电机控制用的芯片;系统复位电路采用 MAX812 产生复位脉冲,对扩展的 RAM、ROM 和 DSP 芯片进行复位。

系统设计了以 AT89S52 与 DSP 主从通信, AT89S52^[3]作为系统主机,完成系统的人机接口,实现对键盘输入和 LCD 输出控制,并对 DSP 进行控制。单片机 AT89S52 采用 8 位方式与 DSP 交换数据, AT89S52 向 DSP 发送数据时,首先将 8 位数据输出至 P1 口,然后在 P2.0 引脚上产生一个低电平脉冲向 DSP 发 INT0 中断, DSP 响应后读取 8 位数据。当 DSP 向单片机发送数据时,先将 8 位数据锁存在 74HC374 中,并在 XF 引

脚上产生一低电平信号向单片机发INT0中断, 中断响应后, 通过P2.2线读取锁存在74HC374中的数据。

2.2 软件设计

电机直流控制系统的软件^[4]由主程序、PWM子程序、与单片机串行通信子程序、励磁回路控制子程序组成, 由DSP汇编指令编写, 主程序完成系统初始化、电机转动方向、保护、速度和电流环的PI调节运算。人机界面控制程序采用AT89S52汇编指令编写, 由键盘扫描和显示程序组成。脉冲宽度调制(PWM)信号和H桥触发信号的产生由子程序完成, 人机界面控制由单片机完成, 保证了速度控制精度和速度控制动态响应好的要求。主程序流程如图4所示。

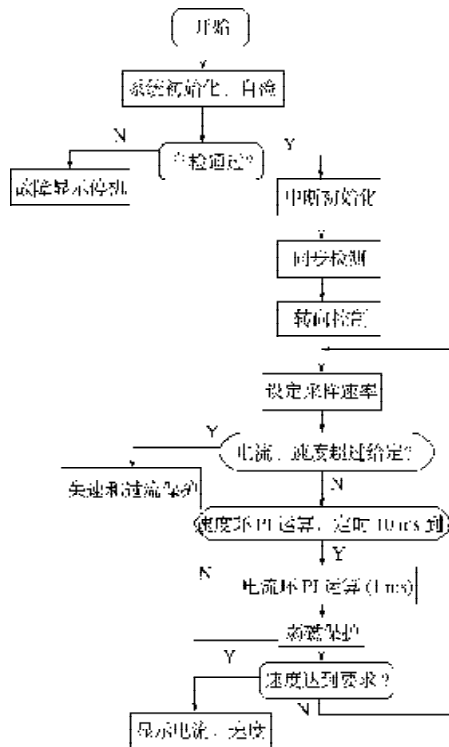


图4 系统主程序流程图

Fig. 4 The flow chart of system main program

速度调整通过PI(比例积分运算)实现, 算法如下: 测速反馈信号和给定信号相减, 通过PI运算得一个新的参考电流为:

$$I_{m_k} = I_{m_{k-1}} + k_p (E_k - E_{k-1}) + k_i E_{k-1}。$$

式中: I_{m_k} 为速度调节器的输出电流;

$I_{m_{k-1}}$ 为速度调节器前一时刻的输出电流;

k_p 为速度调节器比例系数;

k_i 为速度调节器积分系数;

E_k 为当前时刻感应电动势;

E_{k-1} 为前一时刻感应电动势。

电流调整是通过改变PWM信号宽度实现, PWM

信号宽度由速调输出电流与检测电流的差通过PI运算决定, 算法如下:

$$I_{c_k} = I_{c_{k-1}} - k_{p_i} (I_r - I_{i_{k-1}}) + k_{i_i} I_{i_{k-1}},$$

$$I_r = I_m - I_d。$$

式中: I_m 为速度调节器输出;

I_d 为电机检测电流;

I_c 为PWM信号宽度控制值;

k_{p_i} 为电流调节器比例系数;

k_{i_i} 为电流调节器积分系数。

3 系统抗干扰措施

由于牙轮钻机使用的环境恶劣, 钻机回转电机控制系统采用DSP控制后必须防止外界的干扰对控制系统产生的影响。因此, 在电路设计时, 对系统应进行抗干扰保护。主要措施为^[5]: 外界检测的数字和模拟信号都采取光电隔离送入控制系统, 产生的控制信号也通过光电隔离送到控制对象; 检测的模拟信号使用屏蔽电缆关入主机, 屏蔽外界电磁干扰对模拟信号的影响; 通过DSP的A/D转换单元输出信号进行软件抗干扰处理; DSP控制系统的数字地和模拟地分开, 并将控制系统的机壳采用一点接地处理。

4 结语

回转电机控制系统采用DSP和单片机控制后, 通过运行检测, 控制系统具有较好的控制性能和动态指标, 电机的速度控制精度高, 系统故障率低, 钻机回转电机具有良好的“挖土机”特性, DSP和单片机相结合为矿山机械设备的电机控制提供了较好的硬件控制平台。

参考文献:

- [1] 丛爽, 李泽湘. 实用运动控制技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [2] 张卫宁. TMS320C2000系列DSP原理及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [3] 李广弟. 单片机基础[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.
- [4] 李金安, 程小华. 基于DSP的多轴运动控制系统研究[J]. 防爆电机, 2007, 42(6): 17-21.
- [5] 王幸之. 单片机应用系统抗干扰技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2000.

(责任编辑: 张亦静)