

# 一种数字式小功率直流调速系统的设计\*

郑力新<sup>①</sup> 周凯汀<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>华侨大学电技术气系, <sup>②</sup>华侨大学物理化学研究所, 泉州 362011)

**摘要** 针对一些设备或装置中小功率开环直流调速系统的不足, 提出一种简化的采用 8031 单片机控制、PWM 驱动的数字式闭环调速方法。利用本方法改造原系统, 可增加速度显示、无级调速功能以及系统抗负载扰动能力; 本方法也可应用于速度精度要求不很高, 但其他性能或功能要求较高的小功率直流调速系统的设计中。

**关键词** 单片机控制, PWM, 闭环调速, 速度显示

**分类号** TP 273

在生产实践中, 许多设备直流调速系统的精度要求不很高, 但最好具有较强的抗负载扰动能力、无级调速和速度显示等功能。例如, 小功率直流电钻和用于物化研究的高速搅拌器等。这些设备大都采用开环结构设计, 调速方法也较简单——有的采用皮带轮切换变速法; 有的采用多抽头变压器整流滤波电路切换变速法。因此, 此类设备就不同程度地存在如下缺点: (1) 无法实现无级调速和变速过程较繁琐; (2) 速度易受负载影响(开环结构的缺点)<sup>[1]</sup>; (3) 速度无直接显示, 肉眼不易测准。这些缺点给较高的使用要求造成了一定困难, 例如, 需要连续不断变换速度进行加工的场合; 需要测量搅拌速度对物质物化性质影响的详细数据的场合。单就技术而言, 要克服上述缺点, 从一些文献中都可以找到成熟的设计方法<sup>[2~3]</sup>, 但往往要引入测速电机、光电编码盘等高价测速元件。微机控制中, 若采用 A/D 转换、D/A 转换及较复杂的程序控制算法, 效果虽好, 成本却较高, 因此, 对改造实验室这样一种中低档设备并不合适。本文采用了微机控制、PWM 驱动和 LED 显示的方法。电机控制虽不采用严格的控制算法, 却能达到类似的结果。其特点是: 在速度精度要求不是很高的前提下, 系统具有速度显示、无级调速功能以及较强的抗载扰动能力, 且结构简单、改造容易和成本低廉。

## 1 控制方案

下面结合高速搅拌器的改造过程介绍一下设计方法。其电机控制电路原理见图 1。电机参数如下: 额定电压为 36 V, 额定电流为 2 A, 额定转速为  $4500 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 搅拌轴与电机轴传动比为 1:3。

改造后, 驱动电机的 PWM 波形如图 2 所示。高电平时, 电机开通; 低电平时, 电机关断。

\* 本文 1996-01-30 收到

这样电机所获得的直流平均电压为  $U_{d0} = \frac{t_1}{t_1 + t_2} U_d = t_1 \cdot f_{PWM} U_d^{(2)}$ , 在  $f_{PWM}$  与  $U_d$  不变的条件下, 改变  $t_1$ , 就能达到调速目的.

根据这样一种驱动方式, 我们设计的控制方案其原理框图如图 3 所示. 图 3 中,  $K_f$  为前馈放大倍数;  $K_p$  为比例放大倍数;  $\alpha_n$  为速度反馈系数;  $(1/C_e)/T_m T_L S^2 + T_m S + 1$  为电机数学模型(忽略负载电流)<sup>[2]</sup>;  $C_v$  为“开通时间”与电压转换系数. 基本原理是: 速度给定设定好后, 合上 K 启动电机, 通过  $K_f$  的作用, 电机转速迅速上升到一定数值; 同时, 根据速度给定和速度反馈之差  $\Delta E$ , 对前馈量  $T K_f$  相应地增加或减少, 以控制 PWM 波形的  $t_1$  长短, 达到  $\Delta E$  趋于 0 的目的. 由此可见, 本系统采用

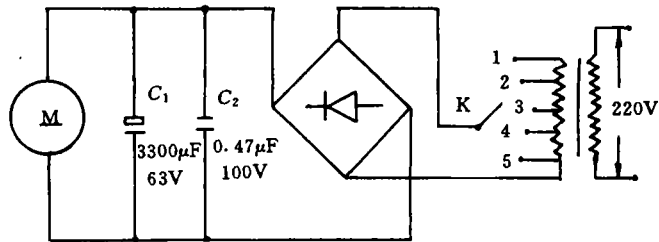


图1 一种直流电动机调速电路实例

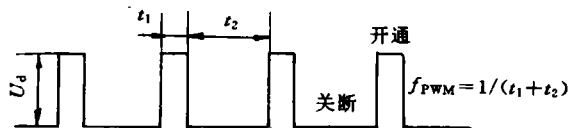


图2 PWM输出脉冲波形

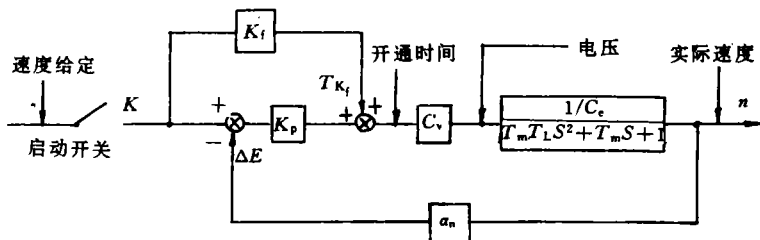


图3 直流电动机控制原理框图

的是速度负反馈闭环控制。

## 2 硬件电路设计

硬件电路由 8031 单片机及其外围电路组成, 如图 4 所示.  $P1$  口用于输出输入功能, 其中  $P1.0 \sim P1.5$  脚用于 4 位速度的动态显示.  $P1.4, P1.5$  经 2:4 译码选择对应数码管,  $P1.0 \sim P1.3$  输出速度 BCD 码, 经 9368 译成七段码驱动数显.  $P1.7$  与开关 K 构成输入接口, 相当于图 3 中的启动开关 K.

$P3.4$  脚用作第二功能, 为 8031 内部计数器  $T_0$  的计数端, 此端与 555 振荡电路一起构成速度给定设定电路. 555 第 3 脚输出脉冲频率的表达式为  $f_c = \frac{1.44/c_1}{2\pi(R_1 + 2R_2 + 2R_w)}$ . 频率由  $R_w$  可调, 范围为  $500 \sim 3000$  Hz 之间. 在  $0.5$  s 内,  $T_0$  的计数值为 250 至 1500 之间, 代表着转速(单位为  $r \cdot \min^{-1}$ )的设定值.  $P3.5$  脚也用作第二功能, 为 8031 内部计数器  $T_1$  的计数端, 它与 UGN-3020 一起构成了测速环节. UGN-3020 是一霍尔开关集成电路, 当外部磁钢靠近



4 位为速度 BCD 码,高 2 位为数码管选择. 每调用一次显示子程序,则显示 4 位速度中的一位十进制数.

由于系统电路无外加数据 RAM,故随机数据都利用了片内 RAM 来存贮<sup>[4]</sup>. 系统堆栈指针事先移至 1 FH 上. 然后,8 CH,8 AH 存计数器  $T_0$  的计数值;8 DH,8 BH 存计数器  $T_1$  的计数值;0 8H 存放速度给定乘系数后的调整值;0 CH,0 DH,0 EH,0 FH 存放速度显示用的数据. 系统软件的框图如图 5 所示.

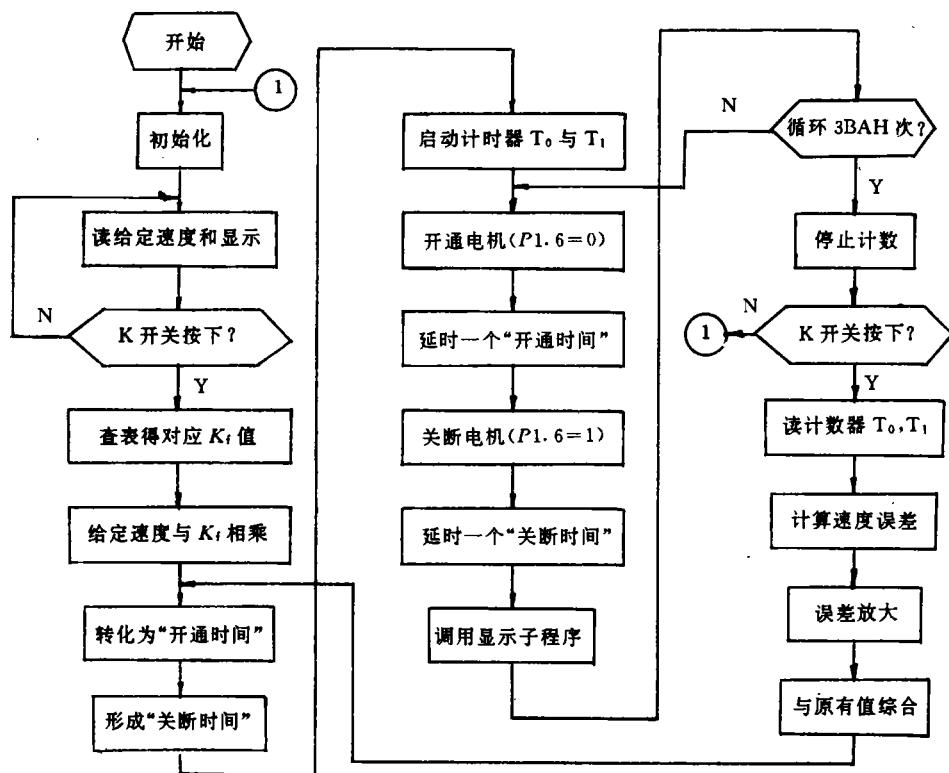


图5 控制程序流程图

## 4 结果与讨论

本设计对系统的改造方法如下:首先在直流电源上,保持原有的变压器,将滤波电容增大到 4 700  $\mu\text{F}$  以上,以增强滤波效果. 其次,安装好测速用的圆盘、磁钢和霍尔开关集成电路等,特别注意圆盘宜采用非导磁材料,安装要牢固. 直流 +5 V 电源另由一变压器和三端稳压直流集成电路 7805 提供,最后把电动机等的引线在新的电路板上接好即可.

改造后的使用效果良好,在正常负载变化条件下,实测转速同给定转速的误差不超过  $\pm 30$  (单位为  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ ). 在改造过程中,我们发现系统的两个参数即  $K_p$  与计数时间间隔  $\Delta T$  的选择十分关键. 若  $K_p$  过大,则系统易出现不稳定;若  $\Delta T$  过大,亦可导致同样结果,但  $\Delta T$  过小则速度精度变差. 对不同的直流电机,由于内在参数的不同,  $K_p$  与  $\Delta T$  的选择也有所不同,要在实际的应用系统修改调试直至合适为止.

本文提供的方法对其他具有类似要求的直流调速系统的改造和设计具有参考价值。

### 参 考 文 献

- 1 孔凡才. 自动控制原理与系统. 北京:机械工业出版社, 1986. 2~3
- 2 陈伯时. 自动控制系统. 北京:机械工业出版社, 1986. 15~33, 138~139
- 3 余永权, 李小青, 陈林康. 单片机应用系统的功率接口技术. 北京:北京航空航天大学出版社, 1992. 186~217
- 4 蔡美琴, 张为民, 沈新群. MCS-51 单片机系统及其应用. 北京:高等教育出版社, 1993. 19~21

## Design of a Digital Low-Power DC Adjustable-Speed System

Zheng Lixin<sup>①</sup> Zhou Kaiting<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>Dept. of Electric Technique, Huaqiao Univ., <sup>②</sup>Inst. of Mater. Phys. Chem., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

**Abstract** In order to counteract the weakness of lowpower DC adjustable-speed system of open loop in some equipment and apparatus, the authors put forward a simplified digital adjustable-speed method with closed loop which is 8031 single chip micro-computer controlled and pulse width modulated. By applying this method to reform the former system, its speed display, stepless adjustable-speed function and anti-load disturbance can be improved. The method can also be applied to the design of other lowpower DC adjustable-speed systems which require higher quality in other performances but not in speed precision.

**Keywords** single chip micro-computer control, pulse width modulated, closed loop adjustable-speed, speed display