

用 PLC 实现电机速度闭环控制

王有庆¹, 田涌涛¹, 王占杭², 李从心¹

(1. 上海交通大学模具 CAD 国家工程研究中心, 200030; 2. 河北省太行机械厂纺机公司)

摘要: 本文结合电机速度闭环控制, 提出了用 PLC 的定时中断实现闭环控制的通用程序框架, 阐述了用 PLC 实现闭环控制的关键技术, 包括速度闭环的系统组成、实际速度反馈值的采样及 PI 控制算法的具体实现。

关键词: PLC; PI 控制; 速度闭环控制

中图分类号: TP273 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001 - 3881 (2002) 3 - 028 - 2

Study on Motor Speed Control with PLC

Wang Youqing¹, Tian Yongtao¹, Wang Zhanhang², Li Congxin¹

(National Die and Mold CAD Engineering Research Center, Shanghai Jiaotong University, 200030)

Abstract: In this paper, a general program frame of closed loop control with PLC is provided and how to realize PI algorithm with PLC is discussed, in which PLC is used as controller, high-speed counter is used for feedback, RS485 is used for motor driver port.

Keywords: PLC; PI control; Motor speed control

0 引言

电机传动在工业生产中应用极为广泛, 与传统的机械传动相比, 它具有结构简单, 安装维修方便, 工作时噪声低等优点。随着工业控制要求的不断发展, 对电机速度控制的要求也越来越高, 一般都需进行闭环控制。在研制多电机同步的粗纱机过程中, 作者选用 OMRON 的 C200HE 型 PLC 作为控制器, 成功地实现了多电机速度同步控制。由于 PLC 的数值运算能力较弱, 实现闭环控制算法相对困难, 本文将结合作者积累的经验, 介绍采用 PLC 实现电机速度闭环控制的关键技术。

1 系统组成及原理

电机速度闭环控制系统的组成框图如图 1 所示, 本文采用了全数字式的系统组成, 整个系统由 PLC (带高速计数模块)、变频器 (具有 RS-485 通信功能)、交流电机及旋转编码器组成。其工作原理: 给定的速度与经由 PLC 高速计数模块反馈回来的实际速度相减产生速度误差, 经 PLC 的比例积分 (PI) 运算可得控制量, 再由 RS-485 接口输出到变频器以驱动交流电机, 从而达到调节电机转速的目的。由于 PLC 与变频器之间没有采用 D/A 进行转换, 而是采用了 RS-485 进行数字通信, 有效地提高系统的抗干扰能力。

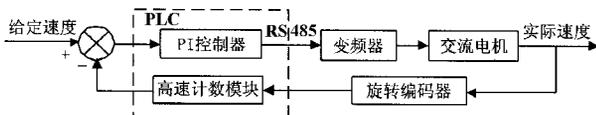


图 1 电机速度 PI 闭环控制原理

2 电机速度控制系统的实现

(1) 用 PLC 实现闭环控制的程序框架

要用 PLC 实现闭环控制, 必须实现精确的采样周期, 为了提高电机速度控制的精度和响应速度, 一般要求采样周期小于 100 毫秒。在 OMRON 的 C200H 型 PLC 中, 提供了两种定时器: 普通定时器 TIM 和高速

定时器 TIMH。其中普通定时器 TIM 的最小定时精度为 100ms, 高速定时器 TIMH 的定时精度为 10ms, 但当扫描周期大于 10ms 时, 高速定时器 TIMH 的定时精度得不到保证。因此, 利用 PLC 提供的定时器实现精确的小于 100ms 的定时是不可行的。但 C200H 提供了与微机相似的中断功能 INT, 可以响应中断输入单元的中断或内部定时中断, 其定时中断的最小时间片为 10ms, 特别是定时中断之间的时间间隔是由用户设置的, 与 PLC 的扫描周期无关。因此, 用 PLC 实现闭环控制时, 可以采用如图 2 所示的程序框架, 即将闭环控制程序置于中断服务程序中实现, 而将与开关量控制相关的程序置于中断服务程序之外的主程序中。

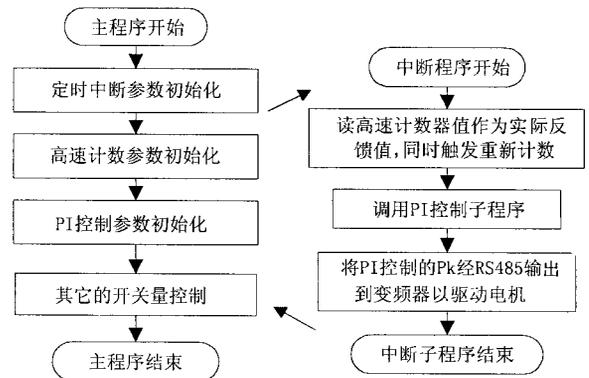


图 2 PLC 闭环控制程序流程图

(2) 实际速度反馈值的采样实现

对于闭环控制系统, 其控制精度与实际反馈值的精度是密切相关的, 因此, 实际速度反馈值的精确获得就显得极为重要。本文的实际速度检测电路由 CT001 - V1 型高速计数模块和旋转编码器组成。由于系统的采样周期由定时中断实现, 因此, 高速计数模块的计数模式可采用门控方式 (控制时序如图 3 所示), 即: 当控制输入 IN1 (计数信号) 为 ON 时, 开始对脉冲计数, 当输入 IN1 变成 OFF 时, 计数器值被保留, 直到输入 IN1 再次变为 ON, 在这点上计数器重

新从零开始计数。在程序实现时，应在进入中断服务程序后，首先使 IN1 变为 OFF，读取计数值，然后置位 IN1 以触发计数。但鉴于 PLC 的工作特点（程序在扫描周期的最后集中刷新 I/O 口），还须立即执行 I/O 口的立即刷新指令 IORF 指令，以使控制输入 IN1 立即有效。

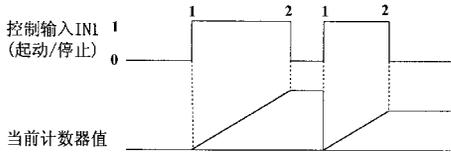


图3 高速计数门控模式时序图

(3) PI 控制算法的实现

常规 PID 是工业领域内应用最为广泛的控制算法，其结构简单、参数易于调整且不依赖所控系统的精确数学模型。对于本文的电机速度控制，一般 PI 控制即可达到较为满意的效果。考虑到 PLC 是一种采样控制系统，同时为了节约 PLC 的存储空间，本文采用离散化后递推增量形式的 PI 控制算法：

$$E_k = U_i - U_k$$

$$P_k = K_c E_k + Q_k$$

$$Q_k = P_k - K_p E_k$$

式中： K_p 为比例系数； $K_c = K_p (1 + K_i)$ ， K_i 为积分系数； U_i 为给定值； U_k 是第 k 次采样的测量值； Q_k 相当于校正量中的积分部分，初始值可取 $Q_k = 0$ 。在数字 PI 控制系统中，当系统启、停或大幅度变动给定值时，系统输出会出现较大的偏差，经过积分项累积后，可能会出现积分饱和，从而增加了系统的调整时间和超调量，影响控制效果。所以，本文在 PI 算法加入了防止积分饱和的措施，其具体的算法流程如图 4 所示。

虽然 C200HE 提供了 PID 指令，但在使用上很不方便，其加了许多限制：“在下列程序中不要使用 PID 指令，不然可能会产生不可预料的结果，它们是：中断程序、子程序、L 和 LC 之间、JMP 和 JME 之间、使用 STEP 和 SNXT 的步进程序。”因此，在本文的定时中断服务子程序中还得自己利用算术运算

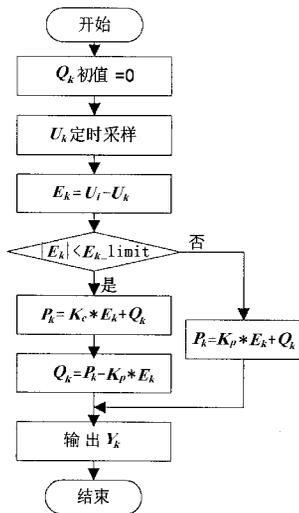


图4 防止积分饱和的 PI 控制算法

指令来实现 PI 控制算法。开关量控制是 PLC 的强项，但用 PLC 实现模拟量的控制算法（如 PI）则相对较困难，主要原因是 PLC 对于算术运算提供的支持还是相对低层的，只提供了相当于微机的汇编语言级的支持。由 PI 算法可知：自己编程实现 PI 算法，关键在于编制能进行有符号整数（BCD 码表示）相加减运算的程序。考虑到 PI 算法中两数相加减的应用较多，本文编制了 $C = A + B$ 的子程序以利于程序的重用，其实现流程如图 5 所示。

注：图 5 中 Sign-X 表示整数 X 的条符号标志位，CY 表示运算的进位或借位标志位。另外，在使用 SUB 指令时，还需注意：如果 CY 先前的状不需要，必先用 CLC 清除进位标志，执行 SUB 减法指令后检查 CY 状态。如果执行 SUB 后 CY 为 ON（即，如果减的结果是负值），输出结果是真实结果的十进制补码形式。要获得真值，则采用零减输出结果。

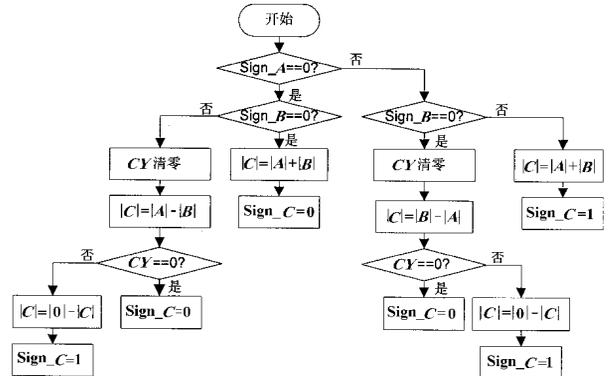


图5 有符号整数(BCD 码)： $C = A + B$ 的 PLC 实现流程图

3 结论

以图 1 所示组成的全数字式电机速度闭环控制系统，经实验测定：当采样周期 $T = 50ms$ ， $K_p = 0.85$ ， $K_c = 1.02$ 时，电机的速度误差小于 1.0%。目前，该控制系统已经在棉纺厂粗纱机的多电机速度同步控制中得到了成功应用，现场运行效果良好。因此，利用 PLC 实现的电机速度闭环控制，不仅可以获得与工控机相当的控制精度，而且还可以获得较工控机更高的可靠性和更强的抗干扰能力，值得大力推广应用。

参考文献

【1】OMRON. 可编程序控制器 C200HE 编程手册
 【2】OMRON. CT001 - V1 高速计数单元操作手册
 【3】张晓坤. 可编程控制器原理及应用. 西北工业大学出版社, 1998. pp: 125 ~ 145
 【4】崔亚军. 可编程控制器原理及程序设计. 电子工业出版社, 1993. pp: 1 ~ 34

作者简介：王有庆，上海交通大学国家模具 CAD 工程研究中心（200030），电话：01 - 62813425（O），E - mail: wangyq2000 @. net

收稿时间：2001 - 08 - 28