

文章编号:1671-6833(2012)02-0099-04

# 基于 PLC 及伺服控制器的自动卷绕控制设计

张爱丽<sup>1</sup>, 祝天龙<sup>1</sup>, 蔡武珍<sup>2</sup>

(1. 河南师范大学 计算机与信息技术学院,河南 新乡, 453007; 2. 新乡天禄公司,河南 新乡 453007)

**摘要:** 基于伺服控制器、可编程控制器(PLC)及触摸屏技术,完成了自动卷绕生产过程的硬件设计规划、I/O 定义、电气原理图及相关程序等.采用 PLC 完成送料、夹紧、切断、拉断等工序的自动循环.由 PLC 程序判断输入设备的状态,给出正确的控制指令,然后通过定位模块输出定位脉冲给伺服驱动器,控制电机运行.采用触摸屏完成生产过程的画面监控、参数设置及指令下达等任务.最终测试结果表明,系统运行可靠,且提高了工作效率.

**关键词:** 可编程控制器;伺服控制器;触摸屏;自动卷绕

**中图分类号:** TM571.2      **文献标志码:** A      **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2012.02.024

## 0 引言

目前在控制领域,传统的模拟控制已被数字控制方式所代替,计算机技术、PLC 技术及工控机的发展使控制的实时性及精度得到了很大提高,基于数字技术的控制升级使计算机控制成为发展的必然趋势.基于微处理器的伺服控制相比传统的数字逻辑控制具有高精度、良好的实时性和抗干扰性等优势,是当前控制领域研究的热点.笔者设计的管带卷绕过程控制系统是大多数电缆、铝带等企业生产过程的重要环节,其性能直接影响后期工序及产品质量.目前,国内一般采用单片机或 PLC 结合功率控制模块的方法实现相应的控制,但因单片机速度慢,如何提高控制精度及实时性成为亟待解决的问题.新型伺服控制器采用数字信号处理器 DSP 作为控制核心,可实现快速复杂的控制算法,并便于实现多个伺服驱动器的网络化、智能化.笔者选用新型数字伺服控制器作为核心模块,采用 PLC 及触摸屏实现管带卷绕控制的智能化及高精度控制.

## 1 伺服控制器

### 1.1 伺服控制器结构

交流伺服系统已经进入全数字交流伺服时代,克服了模拟伺服系统分散性大、零漂、低可靠

性等缺陷,发挥了数字控制在控制精度和控制方法上的优势.交流伺服电机驱动器主要由伺服控制、功率驱动、通信接口、伺服电动机及相应的反馈检测器件组成<sup>[1]</sup>,如图 1 所示.伺服控制单元是整个交流伺服系统的核心,主要包括位置控制器、速度控制器、转矩和电流控制器,实现系统的位置控制、速度控制、转矩控制.伺服控制单元采用数字信号处理器 DSP 作为控制核心,可快速地实现复杂的控制算法,并便于实现多个伺服驱动器的网络化、智能化.功率驱动单元以智能功率模块(IPM)为核心进行设计,IPM 内部集成了驱动电路,同时具有过电压、过电流、过热、欠压等故障检测保护电路.主回路中加入软启动电路,以减小启动过程对伺服驱动器的冲击.

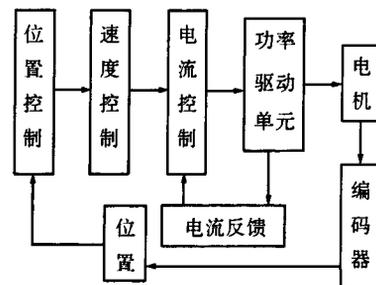


图 1 伺服控制原理框图

Fig. 1 Block diagram of servo controller

收稿日期:2011-10-02;修订日期:2011-12-20

基金项目:河南省科技攻关项目(082102210109);河南省基础与前沿技术研究计划项目(102300410011)

作者简介:张爱丽(1966-),女,河南滑县人,河南师范大学副教授,主要从事通信与网络方面的研究,E-mail:zal5148@126.com.

### 1.2 位置伺服控制算法

PID 调节属于线性控制,它将输出值与给定值之间的偏差进行比例(P)、积分(I)、微分(D)运算后,再通过线性组合构成调节量对被控对象进行控制<sup>[2]</sup>,其控制规则为

$$M(t) = K_p \left[ e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de}{dt} \right]. \quad (1)$$

式中: $M(t)$ 为调节器的输出; $e(t)$ 为误差输入; $K_p$ 为比例系数; $T_i$ 为积分时间常数; $T_d$ 为微分时间常数。

数字 PID 控制算法包括位置式和增量式两种算法。笔者采用增量式控制算法,对连续 PID 控制式(1)进行离散化处理,用采样时刻点  $KT$  代替连续时间  $t$ ,以数值积分代替连续积分,以差分代替微分,得到离散化后的位置式 PID 控制方程为

$$u(k) = K_p e(k) + K_i \sum_{j=0}^k e(j) + K_d (e(k) - e(k-1)). \quad (2)$$

其中积分系数为: $K_i = K_p \frac{T}{T_i}$ ;微分系数为: $K_d = K_p \frac{T_d}{T}$ 。

$$\frac{T_d}{T}$$

从式 2 可以看出,位置式 PID 中积分项的计算需要对历史偏差求和,计算量较大,控制量  $u(k)$  的大幅度变化将引起输出量的大幅度变化<sup>[3]</sup>。为解决以上弊端,将上式改为  $u(k)$  的增量形式,则增量式数字 PID 控制规则表示为

$$\Delta u(k) = K_i e(k) + K_p [e(k) - e(k-1)] + K_d [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)]. \quad (3)$$

## 2 电气原理设计

选用小型 PLC 作为逻辑及定位控制单元,伺服电机作为驱动电机。PLC 采集接近开关的状态,给出控制指令,并且通过定位模块输出定位脉冲给伺服驱动器。光电编码器产生脉冲信号反馈给伺服驱动器作为输入信号,与给定值进行比较,输出变化的电压来实现电机调速,完成送料、夹紧、切断、拉断的自动循环等工序<sup>[4]</sup>。采用触摸屏作为人机界面,主要完成生产过程的画面监控、参数设置及指令下达的功能。

本设计选用性价比较高的台湾丰炜公司 VB2 系列 PLC,VB2-32M 是 CPU 模块,含 16 点输入及 16 点输出;VB2-32XY 主机扩展模块,包括 16 点输入及 16 点输出;VB-1PG 为伺服定位模块,在 PLC 程序控制下,输出正转、反转脉冲给伺服驱动器,驱动器完成变频后,驱动伺服电机运转。根据生产工艺列出本系统所有输入输出变量并进行 I/O 分配,如表 1 所示。表中 X 是输入端子,主

要接各工件位置的接近开关,采集状态信号,及电机起停状态,安全保护控制等。Y 是输出信号,控制放料电机的正反转,切刀、拉断的气缸电磁阀线圈,以及主回路与伺服控制回路的供电<sup>[5-6]</sup>。

表 1 PLC I/O 分配表

Tab.1 PLC I/O distribution table

变量名称	地址	变量名称	地址
主电机左原点	X0	电机 1 开	X12
主电机左限位	X1	电机 1 关	X13
主电机右限位	X2	电机 1 正转	Y0
定位电机左原点	X3	电机 1 反转	Y1
定位电机左限位	X4	1#夹紧	Y4
定位电机右限位	X5	切断夹紧	Y6
切刀进到位	X6	1#拉断夹紧	Y7
切刀退到位	X7	切刀进	Y11
拉断进到位	X10	切刀退	Y12
拉断退到位	X11	拉断	Y13

## 3 位置控制程序实现

VB-1PG 是 PLC 的伺服定位模块,CPU 利用 FROM / TO 指令与本模块完成数据传送或命令下达。本模块除了具有高速输出端(FP、RP)之外,还具有 JOG(点动信号)、PGO(零点信号)、STOP(停止信号)等 3 个输入端,而 JOG+、JOG-、原点复位、错误复位、各种模式起动等按钮操作信号由 PLC 系统中的 CPU 模块的输入端来定义<sup>[7]</sup>。对模块的软件编程主要是通过向模块内部的缓冲寄存器 BFM 写入不同的控制字来实现不同的功能。

下面就送料伺服模块 VB-1PG 初始化的梯形图程序进行说明,如图 2 所示。

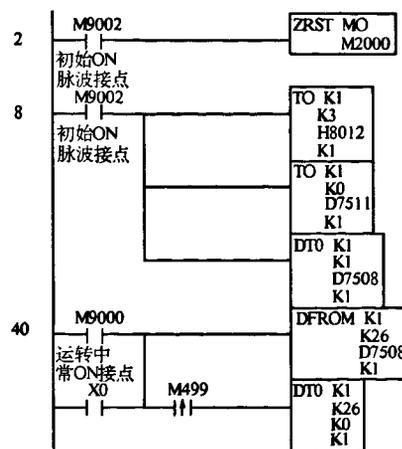


图 2 送料伺服初始化梯形图

Fig.2 Ladder chart of servo module's initial

(1) 网络 2 语句 ZRST 指令完成 M0 - M2000

所有寄存器的复位,为新的循环做准备.程序中 M9002 为上电复位有效,即第 1 次扫描时为 1,然后为 0,直到下一次上电为止.

(2) 网络 8 完成控制字的写入, H8012 是当前设定参数值,其每一位有不同的含义,可查看相关手册.这里设定了当有新的指令时,忽略当前未完成距离,开始新的控制 (B15 = 1); 设定距离的倍率为 10 (B5B4 = 01); 设定位置用长度、角度做单位,速度用脉冲做单位 (B1B0 = 10).

(3) 接下来的 TO 指令将 D7511 寄存器的值传送给 BFM 的 0#控制字,传送 1 个字,定义了马达转 1 圈所需脉冲数.程序中以 D 开头的寄存器 (如 D7511) 存放触摸屏相关设定的输入值,最后的 DTO 指令是将 D7508 寄存器的值传送给 BFM 的 1、2 控制字,定义了马达转 1 圈移动距离数.

(4) 网络 40 中 M9000 为常开触点, DFROM 指令将伺服当前位置#27、#26 读出,存入 D6990.

(5) M499 为原点确认按钮,当有效时,给 #27、#26 控制字写入 0,电机将回归原点.

#### 4 PLC 及触摸屏组态程序设计

Ladder Master 是丰炜 VB2 系列 PLC 配套编程软件,在 Windows 环境下完成梯形图输入,经编译无误后,可以下载到 PLC 执行,也可以在线调试.本系统软件流程图如图 3 所示.首先系统上电后,完成初始化设置,主要包括 PLC I/O 复位,存储器清零,伺服模块控制字的初始化等.触摸屏进入主画面后,等待操作人员选择工作方式.系统设有自动、手动、参数设置、故障等模式.正常工作选自动模式如图 4 所示,系统便自动按工序循环运转.在需要调试时,选择手动模式,可对单台设备进行测试,比如切刀的进退,拉断的进退等,用以判断工作是否正常.当产品指标改变时,就要进入参数设置模式 (如图 5 所示),设定切断长度及速度,从而可以适应不同的产品需求.为保证设备安全,在伺服系统检测到过压、过流而报警时,采取系统掉电,以避免造成更大的损失.

#### 5 结论

笔者运用新的计算机控制技术,完成送料装置、送料夹紧装置、切断、拉断夹紧装置、切断、拉断装置、气压装置等部件工序自动循环.根据生产工序及工艺流程图,选用小型 PLC 作为逻辑及定位控制单元,选用伺服电机作为驱动电机,采用触

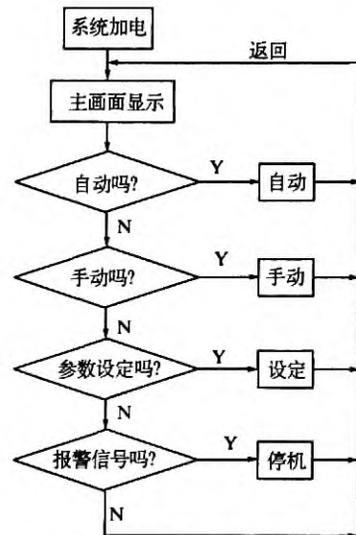


图 3 系统软件流程图

Fig. 3 Software flowchart of system

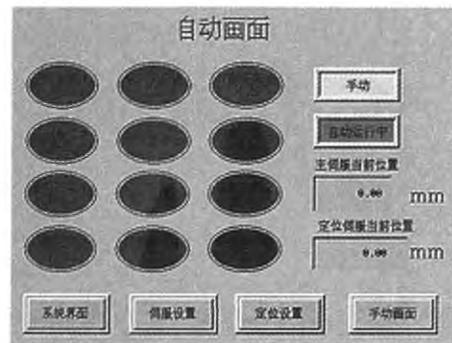


图 4 自动模式画面

Fig. 4 The view of auto mode

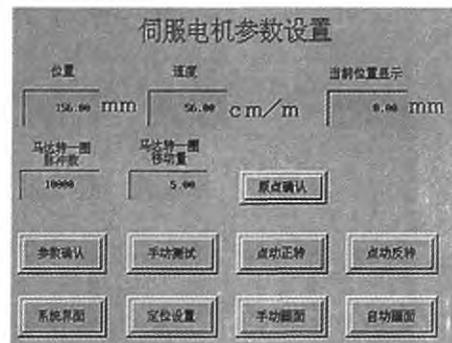


图 5 参数设置画面

Fig. 5 The view of preferences

摸屏作为人机界面,完成送料、夹紧、切断、拉断的自动循环等工序.设计完成了基于触摸屏的人机界面,实现生产过程的画面监控、参数设置及指令下达的功能操作. PLC 程序采集接近开关的状态,输出控制指令,并且通过定位模块输出定位脉冲给伺服驱动器.伺服驱动器经过放大输出变化的电压来实现电机调速.实际使用中,工作可靠,维护方便.

## 参考文献:

- [1] 田淑珍. 电机与电气控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [2] 吴宏鑫,沈少萍. PID控制的应用与理论依据[J]. 控制工程,2003,10(1):37-42.
- [3] 陶永华. 新型PID控制及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [4] 李长久. PLC原理及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [5] 王文强,何平,崔蕾,等. 面向数控的32位伺服控制器的设计与实现[J]. 小型微型计算机系统,2010,7(7):1413-1415.
- [6] VB2 PLC硬件及Ladder Master编程手册[M]. 台北:台湾丰炜公司.
- [7] 谢林菲,游林儒,王立松. 基于PC104与PLC的锂电池全自动卷绕机控制器设计[J]. 组合机床与自动化加工技术,2009(10):62-65.

## Design of Auto-rolling System Based on PLC and Servo Controller

ZHANG Ai-li<sup>1</sup>, ZHU Tian-long<sup>1</sup>, CAI Wu-zhen<sup>2</sup>

(1. Computer & Information Technology Institute, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China; 2. Xinxiang Tianlu Corporation, Xinxiang 453007, China)

**Abstract:** Based on servo controller, PLC and touching screen, this paper completes hardware plan, I/O assignment, schematic diagram and program on process of auto-rolling controlling. Material feeding, clamping, cutting, snapping were completed with PLC. According to the status of input device, PLC sends out correct instruments, and then transmits locating pulse to servo controller via position modules, and makes motors rotate. Supervisor of real controlling process, parameter configuration and command transmitting are finished on touching screen. The testing results show that the whole system works well and the working efficiency is improved.

**Key words:** programmable logic controller; servo controller; touch screen; automatic rolling.

(上接第94页)

- [4] 许勇,邓华,夏毅敏,等. 利用键合图的高频响插装阀非线性建模方法研究[J]. 现代制造工程,2009,28(7):115-119.
- [5] 美国LSTC公司. LS-DYNA960User' Manual(I,II)[M]. 纽约:美国LSTC公司,2001.

## The Fluid and Solid Interaction Analysis in the Process of Huge Metal Extruding Machine

SUN Kang<sup>1,2</sup>, CHEN Wen<sup>1,2</sup>

(1. College of Applied Science, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China; 2. The State Key Lab of Fluid Power Transmission and Control Zhejiang University, Hangzhou 310007, China; )

**Abstract:** The dynamics analysis software ANSYS/LS-DYNA is applied to establish the FSI (fluid and solid interaction) model of unloading cartridge valve in a huge metal extruding machine in this paper. Through studying algorithm and control state equation of the fluid-solid coupling unit and the simulation analysis of fluid-solid coupling, this paper studied the transient mechanical characteristics of cartridge valve and the impact characteristics under the interaction of the valve core in unloading process. The results show that: the stability of unloading process is related to the contacting time between valve core and valve set, the oil squeezing time had better not exceed 0.01 second, the peak impact force of oil to valve core is 140 KN in a steady unloading process, and the maximum Von Mises stress between valve core and valve set is 456 Mpa.

**Key words:** unloading of extruding machine; fluid and solid interaction; analysis of mechanical characteristic