

基于 RS-485 总线的多电机同步控制系统研究

张丹红, 刘 波

(武汉理工大学 自动化学院, 湖北 武汉 430070)

摘 要:随着工业生产线的日趋庞大和复杂,传统的单轴控制由于受电机功率的制约已逐渐无法满足工业自动化生产的需要。为了节约成本,提高运行的可靠性,使用多台电机协调驱动共同的负载已成为一种发展趋势。文中以某型制瓶机为背景,介绍了基于 RS-485 总线和变频调速的多电机同步控制技术,描述了系统的硬件配置和软件实现方法。采用 PIC24FJ64 单片机为控制器, EV1000 变频器驱动同步电机,实现电机的速度和相位同步。在实际应用中能够很好地满足生产需要和工艺的要求。

关键词:变频器; RS-485 总线; 同步电机; 同步控制

中图分类号: TP273+.5

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)09-0228-04

Research of Multi-Motor Synchronous Driving System Based on RS-485 Bus

ZHANG Dan-hong, LIU Bo

(College of Automation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: Traditional single-axis control could not meet the needs of automatic production due to the power restriction while the industrial production line is becoming larger and more complicated. In order to save costs and improve operational reliability, a common load driven by multiple motors becomes a trend. Take a bottle making machine as an example, has introduced the technology of multi-motor synchronous driving system based on RS-485 bus and frequency control. It also has described hardware configuration and software realizing method. This system uses PIC24FJ64 single chip as microcontroller and EV1000 frequency converter as actuator to control the motors. In practical applications, it well meets the needs of production and the technical requirements.

Key words: frequency converter; RS-485 bus; synchronous motor; synchronous control

0 引言

随着变频调速技术的深入发展,基于变频器调速的控制系统在大中型自动化生产中取得了广泛的应用。在实际的工业控制领域中,一条生产流水线通常由多台电机驱动,能否实现多台电机的协调工作,直接关系到生产的可靠性和产品质量,如何实现多电机的同步控制已成为研究热点。介绍一种基于 RS-485 总线和变频调速的多电机同步控制系统,该多电机同步控制系统面向制瓶机生产线,实现制瓶机生产线上多台同步电机的同步控制。

1 同步控制的原理

许多学者对多电机的同步控制进行了深入研究,

总体说来,实现多电机同步控制,有两种常用的方法:机械方式和电方式^[1]。所谓机械方式就是通过一个大功率的电机驱动一根总轴,需要同步的单元通过齿轮咬合在总轴上实现同步。在早期由于这种方式连接可靠,控制方式简单,在中小型企业获得了较为广泛的应用。随着自动化生产线日趋庞大,对产品质量的提高,机械方式的同步控制逐渐暴露其缺陷,不适应一些高标准高精度的工业应用场合,逐渐被电方式的同步控制取代。

这种方式不仅可以实现电机的高精度同步,而且控制方式灵活,在纺织、玻璃加工以及印染等行业获得了广泛的应用。

某型制瓶机系统的整个工艺流程有 5 台同步电机,工艺要求 5 路电机不仅速度相同,而且各电机之间保持固定的相位差。工艺生产中,电机的速度和相位可以进行调整,要求速度和相位同步。此系统以独立的基准信号作为参考点,各路电机以一定的相位差独

收稿日期:2008-12-18;修回日期:2009-03-16

基金项目:湖北省自然科学基金资助项目(2005ABA282)

作者简介:张丹红(1968-),女,湖北汉川人,硕士,教授,研究方向为计算机控制与现场总线技术。

立地实时跟踪基准信号,以非耦合的方式同步^[2]。控制器将检测到的电机位置信号和基准信号作比较,按一定的控制算法确定电机的运行频率,并以数字通讯的方式将运行频率传送给变频器的通讯模块,控制变频器的频率以实现对电机速度及相位的实时控制。此系统控制精度有赖于基准信号的准确度,本实例中以独立的32位定时器作为基准时钟,定时精度可达1/16微秒,定时周期即制瓶周期,由工艺参数决定。

(1)系统采用EV1000变频器驱动同步电机,电机的启动、停止、正转、反转命令以及运行频率的动态调整均由微控制器通过数字通讯方式传给变频器的RS-485接口,通过改变电机的运行频率来实现电机的同步控制。

(2)位置信号采用接近开关检测。为增强系统的可靠性和抗干扰能力,检测电路采用光耦隔离,并在程序中使用了软件去抖和滤波,有效减少系统的误动作。

2 系统硬件设计

如图1所示,制瓶机同步控制系统由工业控制机、同步控制器、变频器和同步电机几个部分构成。

(1)同步控制器。

控制器主控芯片采用MICROCHIP公司生产的16位单片机PIC24FJ64GA008,该款单片机采用改进型哈佛结构,工作频率高达32MHz,自带硬件乘法器,可较快地完成高速复杂的运算,支持JTAG边界扫描和编程,具有灵活的可编程看门狗定时模块,通过2个引脚即可实现在线串行编程和仿真^[3]。

同步控制器和工控机通过CAN-bus通讯,上传和下传同步传动参数。参数包括每分钟制瓶个数、每剪料滴数、组数、转比(5组)、相位(5组)以及备用参数,共20组。控制器实现对两路数字量的输入检测:接近开关脉冲信号和电机的启动/停止信号。数字量

检测电路如图2所示。该接口电路以TOSHIBA公司的TLP521作为光电隔离器,有效地将输入和输出信号隔离,提高了系统的抗干扰能力和可靠性。电阻 $R1 = R2 = 2.2k\Omega$,光耦发光二极管的阴极端与接近开关的信号线相连,光耦的输出端与微控制器的电平变化中断输入口CN1相连。采用了三线电容NPN常闭型接近开关,在通常状态,接近开关的信号线输出为24V,光耦的发光二极管不会被点亮,光耦的输出端为高电平。当接近开关与金属物体接近时,它的信号线输出为低电平,此时,光耦的发光二极管被点亮,光耦输出低电平。

微控制器循环扫描CN1口电平的下沿,下降沿到来的时刻与基准信号零点之间的时间间隔即为相位,是计算运行频率的输入。若是电机的启动/停止信号,则点亮/熄灭相应的LED,并由微控制器通过RS-485总线发送启动/停止命令。

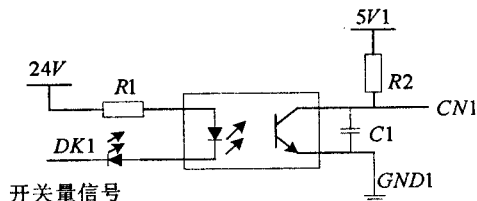


图2 开关量输入通道

值得注意的是由于微控制器的I/O口提供多重复用功能,在初始化I/O时应将该引脚配置为数字输入模式,并对中断控制寄存器进行配置,使能电平变化中断。

(2)变频器。

此系统5台变频器均采用EV1000通用变频器,该变频器频率的给定方式灵活多样,应用范围广,此系统中,频率给定方式为串口给定。EV1000通用变频器,通过优化PWM控制技术和电磁兼容性整体设计实现了高转矩、高精度、宽调速驱动,满足通用变频器

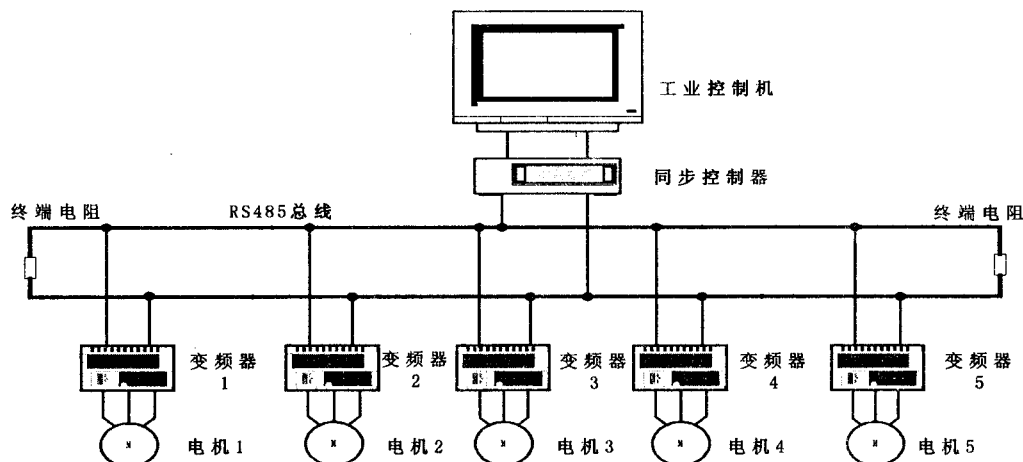


图1 同步控制系统框图

高性能化的需求;具有超出同类产品的防跳闸性能和适应恶劣电网、温度、湿度和粉尘的能力,极大地提高了产品的可靠性,满足了用户对应用场合的低噪音、低电磁干扰的环保要求。

(3) RS-485 总线。

采用半双工通讯方式,平衡发送和差分接收,具有抑制共模干扰的能力。系统采用 TI 公司高灵敏度的 SN75276 芯片作为总线收发器,SN75276 不仅和通用的 RS-485 接口芯片完全兼容,且带有故障保护功能,传输信号能在千米以外得到恢复^[4]。控制器与变频器通讯接口电路如图 3 所示。

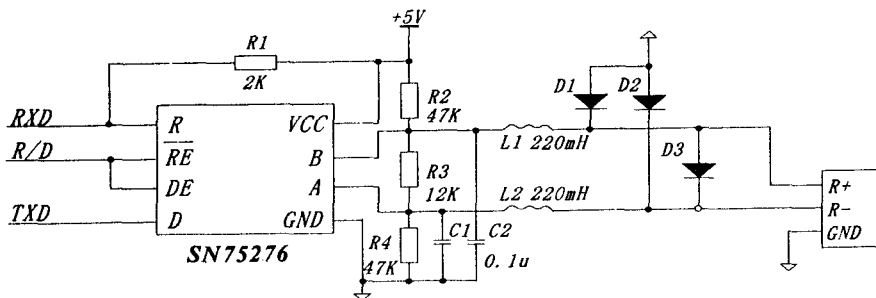


图 3 RS-485 通讯接口电路

/RE 和 DE 为 SN75276 接收和发送使能端,/RE 低电平有效,DE 高电平有效,R 和 D 分别为数据接收和发送端,R- 与 R+ 接变频器的 RS-485 接口。发送数据时,微控制器的 R/D 置 1,此时 SN75276 发送有效,数据经发送端 D 发送到 RS-485 总线;接收数据时,微控制器 R/D 置 0,此时 SN75276 接收有效,数据由 RS485 总线经 R 端子发送给微控制器。在发送和接收进行频繁的切换时,应保证切换间有足够的延时,确保数据正确及完整地发送或者接收^[5]。

连接至 B 引脚的上拉电阻 R2、连接至 A 引脚的下拉电阻 R4 用于保证无连接的 SN75276 芯片处于空闲状态,提供网络失效保护,以提高 RS-485 节点与网络的可靠性。钳位于 6.8V 的 TVS 管 D1、D2、D3 都是用来保护 RS-485 总线的,避免 RS-485 总线在受外界干扰时(雷击、浪涌)产生的高压损坏 RS-485 收发器。电路中的 L1、L2、C1、C2 用于提高电路的 EMI 性能。

3 系统软件设计

3.1 变频器和单片机通信协议

系统采用 RS-485 半双工单主机多节点的通讯网络,由 PIC 单片机构成的同步控制器作为主节点,变频器作为从节点,构成单主多从结构,主从双方都具有收发功能,通讯速率设定为 9600bps。变频器接受控制的通信协议如表 1 所示。其中,校验区为地址到设定

数据或运行数据全部字节的 ASCII 码值的累加和。

表 1 协议格式

主机命令帧	帧头	地址	命令区索引区	设定数据区	校验区	尾
从机应答帧	帧头	地址	响应区索引区	运行数据区	校验区	尾
字节数	1	2	2	4	4	1

3.2 软件设计

系统控制软件采用模块化设计,用 C 语言编写,采用前后台的结构模式。前台程序处理中断异步事件,后台程序是一个无限的循环,在循环中调用相应的函数模块完成相应的控制功能^[6]。为了保证在每个制瓶周期都可以实现实时的控制,和时间紧密联系的事件都用中断完成。程序主要完成以下功能:

事件都用中断完成。程序主要完成以下功能:

(1) 扫描 I/O 口,控制电机的启动和停止;

(2) 检测接近开关位置信号;

(3) 基准信号的产生;

(4) 计算输出频率,通过总线控制电机相位和转速;

(5) 和上位机及变频器通讯,实现数据的双向传输;

(6) 读写 EEPROM。

系统的控制目标是实现 5 台电机协调工作,速度相等,相位差为设定值。根据工艺参数计算定时周期,并以定时器的零时刻作为参考点。若以 360 度来衡量一个制瓶周期,则每隔 0.1 度进入一次中断。亦即定时周期为制瓶周期的 1/3600,这种处理方式可减小程序的计算量,使程序更简单。

主程序流程图如图 4 所示。在完成初始化后,读 EEPROM,初始化数据缓冲区,计算运行频率和定时器周期,循环检测各控制量输出标志位,若输出标志位为“1”,则将数据帧发往 RS-485 总线,写入变频器执行;若传动参数有效且更新标志置“1”,则将新数据拷贝到缓冲区和片外 EEPROM。

定时中断服务程序流程图如图 5 所示。进入中断服务程序后,软件计数器自动加 1,加至 3600 复位,一个制瓶周期结束。将检测到位置信号时软件计数值作为相应电机的位置信号,运用一种特定的算法计算频率的控制量,作为相应电机运行频率的设定值,由于定时中断周期为毫秒级,在定时中断中并没有足够的时间完成数据帧的传输,因此只将控制量输出标志置“1”,在主程序中判断输出标识允许后才通过 RS-485 总线传送控制帧。

控制算法是整个同步控制程序的灵魂,直接影响

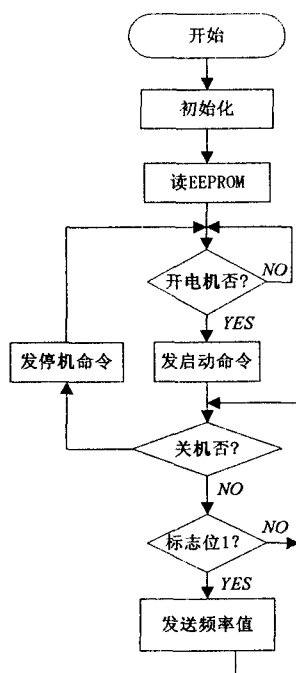


图4 主程序框图

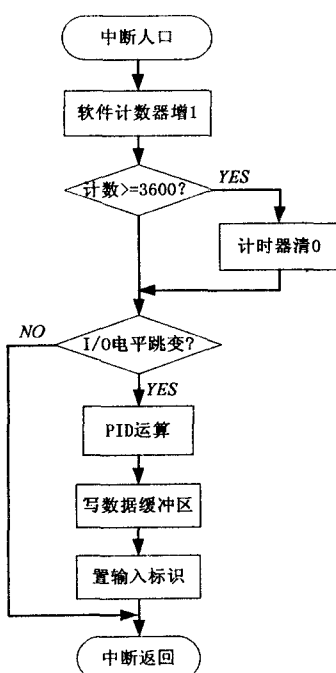


图5 定时中断服务程序

控制系统性能。在计算输出频率时采用了定点优化PID算法^[7]。由于微控制器不能直接处理浮点运算,而PID运算中不可避免将出现浮点运算,为避免较大的误差影响控制性能,采用定点算法代替浮点运算并根据系统特点对PID算法进行了优化。

(1)由于电机在低频段对频率的变化较敏感,使用同一个比例系数做PID控制,在低频时更有可能引起大的超调或振荡,基于此设计了分段比例控制^[8]。

(2)在电机的启动初期以及大幅调整参数的过程中,电机相位的偏差较大,积分的积累作用可能造成控

制器的极限输出,引起系统超调,甚至产生较大的振荡,所以引入积分分离控制。

4 结束语

该控制系统利用微控制器 PIC24FJ64GA008 的硬件资源,设计的多电机同步控制器硬件结构简单,具有性能稳定,响应快速的优点,相位差的偏差控制在1度范围内。运行实践表明,该控制系统性能可靠,控制效果良好,完全满足制瓶机工艺过程的生产要求。

参考文献

- [1] 孙文焕,程善美,王晓翔,等.多电机协调控制的发展[J].电气传动,1999(6):3-6.
- [2] 贺海清,李红英.电机群变频调速的同步控制[J].工矿自动化,2006(3):83-85.
- [3] Microchip Technology Inc. PIC24FJ128GA 系列数据手册[M]. [s.l.]:Microchip Technology Inc 出版社,2006.
- [4] 耿立中,王 鹏,马 骋,等.RS485 高速数据传输协议的设计与实现[J].清华大学学报,2008(8):1311-1314.
- [5] 姚文刚,余国强,孟小锁.基于多DSP架构的电机控制系统[J].计算机技术与发展,2006,16(6):48-50.
- [6] Chen Shu-guang, Wu Jun-sheng. Research of the application of RS485 bus in the intelligent reading system[J]. Micro-computer information, 2008, 32(13):148-50.
- [7] Krishnan R. Electric Motor Drive, Modelling, Analysis, and Control[J]. [s.l.]:Prentice Hall, 2001.
- [8] Leonhard W. Control of Electric Drives[M]. 3rd Edition. [s.l.]:Springer, 2001.

(上接第227页)

储空间大小的FFT处理器模型,该FFT处理器模型具有硬件结构简单,吞吐率高,系统稳定,精度可配置的特点,具有一定的应用价值和意义。

表1 综合结果

Total logic elements	8978
Total registers	5250
Actual fmax	146.07 MHz

参考文献:

- [1] 鲍庆龙,刘 平.基于FPGA的高速FFT算法实现[J].微处理机,2007,2(4):16-19.
- [2] 李成诗,初建朋,李新兵,等.基于CORDIC的一种高速实时定点FFT的FPGA实现[J].微电子学与计算机,2004,21(4):88-91.
- [3] Andraka R. A survey of CORDIC algorithms for FPGA based

computers[C]//Proceedings of the 1998 ACM/SIGDA sixth international symposium on Field programmable gate arrays. Monterey, CA:[s.n.], 1998:191-200.

- [4] Heyne B, Goetze J. A pure cordic based fft for reconfigurable digital signal processing[C]//12th European Signal Processing Conference (Eusipco2004). [s.l.]:[s.n.], 2004.
- [5] 韩泽耀,韩 雁,郑为民.一种高速实时定点FFT处理器的设计[J].电路与系统学报,2002,3(7):18-22.
- [6] 夏宇闻. Verilog 数字系统设计教程[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [7] Herveille R. Cordic Core Specification[EB/OL]. 2004. http://www.opencores.org/project_s.cgi/web/cordic.
- [8] 丁玉美,高西全.数字信号处理[M].西安:西安电子科技大学出版社,2000.
- [9] 蒋 昊,李哲英.基于多种EDA工具的FPGA设计流程[J],微计算机信息,2007,23(11-2):201-203.