

基于 DSP 和 FPGA 的嵌入式同步控制器实现

摆银龙, 赵 方, 郑小梅

(郑州职业技术学院 河南 郑州 450121)

摘 要: 针对印染设备多单元同步控制中动态性和稳定性的问题, 提出一种基于 DSP 和 FPGA 的嵌入式同步控制器设计方案。DSP 作为运算控制的核心, 负责控制算法的实现; FPGA 作为数据采集模块的核心, 负责数据采集的实现。该系统具有结构灵活, 通用性强的特点, 且大大减少了系统的外围接口器件, 降低了成本。采用 Bang-Bang 控制和数字 PID 控制相结合的双模控制算法, 满足了系统响应快速性和稳定性的要求, 提高了可靠性, 具有很高的实用价值。

关键词: 嵌入式; 同步控制; DSP; FPGA

中图分类号: TP274.5

文献标识码: B

文章编号: 1004-373X(2009)06-028-03

Realization of Embedded Synchronous Drive Controller on DSP and FPGA

BAI Yinlong, ZHAO Fang, ZHENG Xiaomei

(Zhengzhou Technical College Zhengzhou, 450121, China)

Abstract: In view of the problems of dynamic and stability of printing equipment multi-unit synchronous control system, this paper presents a design project of embedded synchronous controller based on DSP and FPGA. This system has DSP as its core of operational control, which enables control algorithm and FPGA as its core of data acquisition module, which enables data acquisition. It has the characteristics of flexible configuration and high universality and reduces the peripheral interface device and cost effectively. The system adopts a dual-mode control algorithm based on the Bang-Bang control and the digital PID control theory, real-time experiments prove this project satisfies the speediness and stability of the system response, improves the reliability of the system. It is also possessed of greatly practical value.

Keywords: embedded; synchronous control; DSP; FPGA

在印染机械设备生产加工过程中, 各个传动单元分别由独立的电机驱动。为了保证整机各单元同步协调工作, 提高产品质量, 需要设计相应的同步控制器。多单元同步传动是印染机械设备同步控制的关键^[1], 但由于交流电机严重的非线性, 系统的动态特性和相应的参数受外界扰动因素的影响, 增加了实际同步控制的难度, 降低了实际的控制精度。传统的控制方案设计如带转换式松紧架的同步系统^[2]可靠性差, 控制精度不高, 难以获得满意的控制效果, 又由于系统要求快速同步动态跟随, 不允许有大的超调。因此提出一种基于 DSP 和 FPGA 的嵌入式控制器, 以提高系统的动态跟随速度和同步性能。该控制装置可直接嵌入电控装置内, 实时、高性能地完成控制功能。

1 系统的总体控制策略

大多数印染设备根据工艺要求都采用联合机方式组成多单元同步拖动系统, 主电机的速度作为各从动电机的给定速度, 各从动单元分别由各自的异步电机拖

动^[3], 系统要求各单元电机保持同步运转, 即各从动电机线速度始终保持与主电机速度一致, 或保持一定的比例关系。为了验证控制方案的可行性, 以双单元(主动机、从动机)交流同步拖动系统为例进行了研究。印染设备控制系统组成框图如图 1 所示。

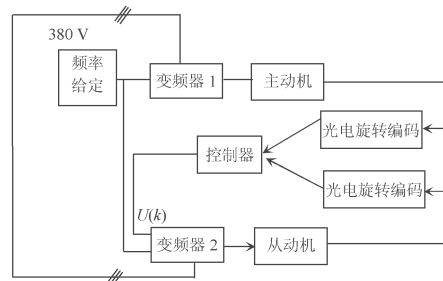


图 1 印染设备控制系统组成框图

主动机和从动机分别由变频器 1 和变频器 2 供电。同轴安装光电旋转编码器, 光电旋转编码器将主从动机的转速信号转换成脉冲信号, 并送给控制器进行处理, 经过控制算法, 输出数字控制量到从动机的变频器, 改变其运行频率, 调整从动机的转速, 使之与主动机保持同步。由以上分析可知, 主从动机保持同步是控制器设计的关键。控制器核心由 16 位的微处理器(DSP)和现场可编

程门阵列(FPGA)组成。基于 DSP+FPGA 的嵌入式同步控制器,具有结构灵活、通用性强的特点,适用于模块化设计,可大大减少系统的外围器件,降低成本^[4,9]。DSP 作为运算控制的核心,主要完成电机启停,控制算法的实现和各类接口处理等;FAPG 作为数据采集模块的核心,负责数据采集和键盘接口电路的实现。

为了使印染设备各单元同步协调工作,提高系统的响应速度,对各单元电机的线速度采用双模控制^[6,7]的方法,即将 Bang-Bang 控制与 PID 控制结合起来使用。在 $|e| \geq \delta$ (δ为某一常数) 时,实行 Bang-Bang 控制,以最快的速度使调节参数逼近给定值;在 $|e| < \delta$ 时,实行数字 PID 调节,以消除系统的调节偏差。这样即可加快控制过程,又可保证系统超调较小,从而取得良好的动态品质。

2 系统主要硬件组成

嵌入式控制器的硬件结构如图 2 所示。DSP 为系统的核心单元,它对采集的各种参数进行运算、分析和显示,并可通过通信模块与本地带 485 接口的仪表通信。选用 TI 公司的 TMS320LF2407A 型 DSP 芯片,它采用高性能静态 CMOS 技术,供电电压降为 3.3 V,功耗小,具有 30 MIPS 的执行速度,使得指令周期缩短到 33 ns,提高了控制器的实时控制能力;片内有高达 32 KB 的 FLASH 程序存储器^[8]。16 位 TMS320LF2407A 型 DSP 芯片具有采样速度快、浮点处理速度快,稳定性好等特点。DSP 的特殊结构和优良性能满足了系统的需要。

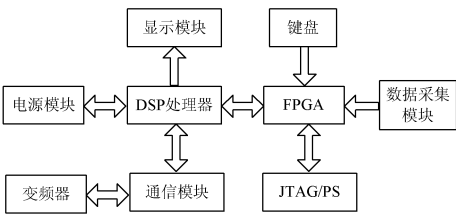


图 2 系统硬件结构图

FPGA 采用 Altera 公司的 FLEX 系列芯片 EPF10K10LC84,具有高密度,低成本,低功率等特点,可支持多电压 I/O 接口,是在 PAL, GAL, EPLD 等可编程逻辑器件的基础上发展起来的,非常适于时序、组合等逻辑电路的应用场合^[9]。FPGA 作为一个外部协处理器使用,通过总线与 DSP 处理器连接,主要实现的功能是脉冲计数、键盘扫描等。FPGA 最大的特点是它的内部逻辑在线的可重构性^[10]。当应用需求发生变化时,对 FPGA 重新进行编程,即可改变其逻辑行为,大大提高了系统的开放性和可重构性。FPGA 的高速度和灵活性也保证了系统的实时性,并且简化了系统的外围电路,降低了成本。

显示模块采用 G35LCD 屏,通过总线与 DSP 的连接,通过配置相关寄存器,编写调用相关应用程序接口函数即可显示待测参数、运行状态及其他辅助信息。通信模块由 RS 485 接口电路组成,可以用它将控制器和变频器连接在一起。通过通信实现由控制器设定和修改变频器的参数,以监视其工作状态。为了便于实现现场调试、数据输入和命令传送等控制功能,该系统设计了一个 4×4 的矩阵键盘。采用 FPGA 来完成键盘接口电路,可节省 I/O 资源,减轻处理器负担,提高系统的整体性能。数据采集模块用 2 个旋转编码器把电机转速转换为数字脉冲,由 FPGA 记录脉冲值,DSP 通过中断读取数值。经运算处理后,经通信模块输出控制量 $U(k)$ 到各从动机的变频器,通过变频器调节从动机的转速,使其不断跟随主动机转速的变化而实现同步。以上设计提高了系统的灵活性和通用性,降低了开发成本,可作为一个独立模块与嵌入式系统连接。

3 系统主要软件设计

这里的程序采用模块化设计,软件主要包括主程序、数据采集程序、通信子程序、显示子程序、双模控制算法程序等。初始化程序主要完成各个寄存器的清零、定时器的初始化等。数据采集程序主要完成各电机转速的测量,显示子程序主要完成各输入量和各设定值的显示。双模控制程序主要用来提高系统的响应速度和稳定性能。主程序和双模控制程序如图 3、图 4 所示。

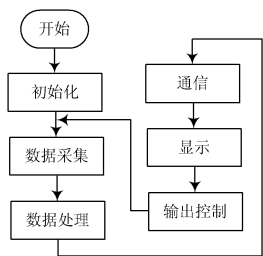


图 3 系统主程序流程图

4 试验验证

为了验证控制方案的可行性,在实验室以双单元异步电机(主动机、从动机)交流同步拖动系统为对象进行了模拟实际系统的实验。主电机型号 Y90S-4;额定功率 1.1 kW;额定电压 380 V;额定电流 2.8 A;额定转速 1 400 rad/min;接法 Y;频率 50 Hz;从动机型号 Y80-4;额定功率 0.75 kW;额定电压 380 V;额定电流 7 A;额定转速 1 450 rad/min;接法 Y;频率 50 Hz^[11]。选用直流发电机 2 台,分别由 2 台三相异步电动机拖动,加变阻箱后作为电动机的负载。两台变频器对两台三项异步电动机进行驱动。光电编码器将从动机的转

速信号转换成脉冲信号,并送给控制器进行处理。

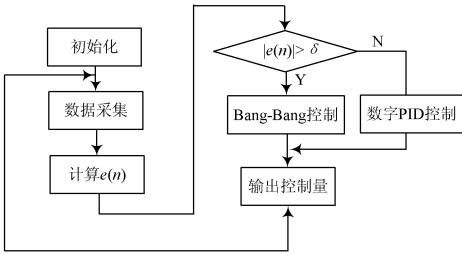


图4 双模控制算法程序框图

试验测得两电机的转速后绘制的曲线如图5~图8所示。

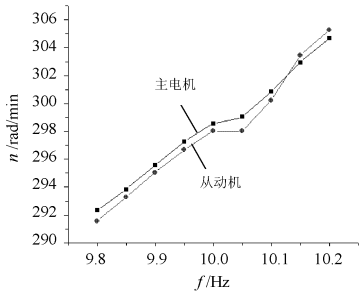


图5 主从电机 10 Hz 频率运行的曲线图

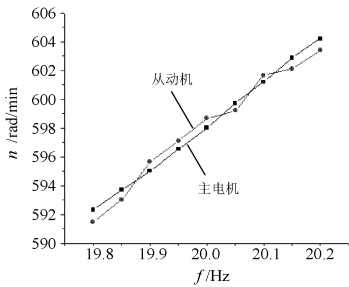


图6 主从电机 20 Hz 频率运行的曲线图

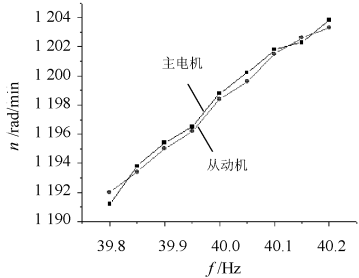


图7 主从电机 40 Hz 频率运行的曲线图

结果显示,系统运行过程中,主从电机低频段的跟随精度稍差,而高频段的跟随精度较高。主从电机在较宽的调速范围内都能达到很好的同步性能,动态过程的

同步控制效果也较好,达到了预期的效果。

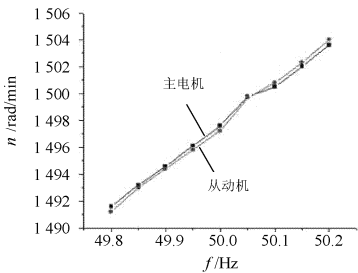


图8 主从电机 50 Hz 频率运行的曲线图

5 结 语

研究表明,系统采用基于 DSP 和 FPGA 的嵌入式同步控制器后,对于多单元同步系统的动态同步性能有了明显的改善,运行稳定,无波动,达到了各分单元同步传动的控制要求,兼顾了系统响应的快速性和稳定性的要求,且控制精度高,具有很高的实用价值。

参 考 文 献

[1] 成玲,何勇. 印染机械多电机同步控制系统[J]. 纺织学报, 2005, 26(1): 97-99.

[2] 丁学文,张团善,郭亚青,等. 印染设备无松紧架或张力传感器的多电机同步调速系统[J]. 纺织电气, 2006(6): 30-32.

[3] 蒋海峰,余发山,范玉璋,等. 嵌入式模糊控制在变频部分拖动系统中的应用[J]. 焦作工学院学报: 自然科学版, 2003, 22(6): 455-457.

[4] 高延滨,王跃. 基于 FPGA+DSP 的嵌入式捷联导航系统设计[J]. 应用科技, 2008, 35(1): 65-68.

[5] 苏键勇,李铁才. 基于多任务模式的高性能通用交流伺服控制器设计[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(18): 55-60.

[6] 摆银龙. 双模控制在多电机同步控制系统中的应用[J]. 中原工学院学报, 2007, 18(6): 62-65.

[7] 吴坚,赵英凯,黄玉清. 计算机控制系统[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2002.

[8] 刘和平,严利平,张学峰,等. TM S320LF240x DSP 结构、原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.

[9] 朱光磊. 基于 FPGA 的可重构测速模块设计[J]. 电气技术, 2005(5): 17-19.

[10] 朱光磊,何敬涵. 基于 ARM 和 FPGA 的圆网印花机控制器的实现[J]. 科技创业月刊, 2006(2): 152-154.

[11] 郑立平,张晶. 电机与拖动技术[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2006.

作者简介 摆银龙 男,1982 年出生,河南许昌人,讲师。研究方向为自动化及单片机智能控制。

赵 方 女,1980 年出生,河南安阳人,讲师。研究方向为电气传动自动化。

郑小梅 女,1982 年出生,河南焦作人,讲师。研究方向为电气自动化控制。