

文章编号: 2095—0411 (2012) 01—0086—04

一种新型的智能重构柔性电机驱动控制器设计^{*}

朱正伟, 顾 颢, 何宝祥, 储开斌

(常州大学 信息科学与工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 伺服电机驱动控制器以其全数字化、高度集成化、智能化等优点在工业机器人、数控机床、大规模集成电路制造、雷达和各种军用武器随动系统等方面得到广泛应用。提供了一种新型的智能重构柔性驱动控制器设计方法, 通过矢量控制理论建立电机控制算法, 并建立永磁同步电机的仿真模型, 利用数字信号处理芯片 DSP 与可编程逻辑器件 CPLD 相结合搭建驱动器运算控制、信号采集和数据通信等相关电路模块的组合架构, 并采用上位机软件根据控制对象的目标参数和状态参数的变化, 实时改变控制策略动态优化调整参数。实验结果表明, 此驱动控制器性能良好。

关键词: 伺服驱动器; 柔性重构; DSP; 智能功率模块

中图分类号: TM 351

文献标识码: A

Design of New Type Intelligent Reconstruction Flexible Motor Drive Controller

ZHU Zheng—wei, GU Hao, HE Bao—xiang, CHU Kai—bin

(School of Information Science and Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: Servo drive controller, with its advantages such as full digital integration, highly integrated and intelligence is widely used in industrial robots, machine tools and large scale integrated circuit manufacturing, radar and all kinds of military weapon systems. This paper provides a new intelligent reconstruction flexible drive controller design, to build a motor control algorithm and the simulation model of permanent magnet synchronous motor through the vector control theory. Digital signal processing chip DSP and programmable logic device CPLD are used to build a drive controller combination to complete operation control, signal acquisition and data communications. According to the target parameters of controlled object and state parameter changes, PC software is used to change the control strategy and parameters in time. Experimental results show that this drive controller has good performance.

Key words: servo drive controller; flexible reconstruction; DSP; intelligent power module (IPM)

随着高性能微处理器的在电动机调速系统中的广泛应用, 全数字控制方式已经广泛应用于各类控制系统中, 它不仅使系统具有功能多样化、高精度、高可靠性、智能化、网络化等特征, 还为新型

控制理论和方法的应用提供了平台。尤其值得一提的是, 最新型的伺服控制系统已经开始使用一种把控制电路功能和大功率电子开关器件集成在一起的新型模块, 称为智能控制模块 (Intelligent Power

^{*} 收稿日期: 2011—11—28

基金项目: 常熟市科技攻关项目 (CG200901); 常州大学基金项目 (ZMF10020076)

作者简介: 朱正伟 (1963—), 男, 江苏武进人, 教授。

Modules, 简称 IPM)。它的应用显著地简化了伺服单元的设计, 并实现了伺服系统的小型化和微型化。

目前用于伺服电机控制的驱动控制器的控制主要存在几个方面的问题^[1]。第一: 在传统的位置伺服控制系统中, 一般都采用 3 环(电流环、位置环和速度环)结构的 PID 调节器。在传统的设计中, 伺服控制系统的控制器一个环只采用一种控制策略, 这导致它的应用范围较窄, 只能驱动某种固定模式下的负载, 而在驱动负载对象发生变化时就无法满足控制要求。第二: 在驱动负载时, 若发生故障或驱动负载发生较大变化的情况下, 采集到的信号也会随之发生较大的变化, 由于驱动器中采取的是某种单一的驱动控制方式, 即使检测到了信号量发生较大变化, 也无法立即调整与之相适应的控制策略, 从而会严重影响控制精度和系统的稳定性。

此文是克服伺服控制驱动器现有技术的缺点, 提出一种新型的重构柔性驱动控制器, 其在不同的转动惯量条件下, 根据控制对象的目标参数和状态参数的变化, 通过采集、跟踪数字信号, 依据控制对象的目标参数和状态参数的变化采用策略选择依据和策略选择流程判断使用与之相对应的控制方法, 重构新的控制驱动器。

1 柔性伺服驱动控制器的硬件结构

新型的智能重构柔性驱动控制器主要由微处理芯片 DSP28XX、最新可编程逻辑器件 CPLD、智能功率模块 IPM、伺服电机、TCP/IP 网络模块组成, 如图 1 所示。

智能功率模块 IPM, 这种器件可以将输入隔离、能耗制动、过温、过压、过流保护及故障诊断等功能全部集成于一个不大的模块之中。其输入逻辑电平与 TTL 信号完全兼容, 与微处理器的输出可以直接接口^[2]。它的应用显著地简化了伺服单元的设计, 并实现了伺服系统的小型化和微型化。

以 DSP 微处理芯片 TMS320C2802 为控制核心, 与可编程逻辑器件 CPLD 相结合搭建驱动器运算控制、信号采集和数据通信等相关电路模块的组合架构, 完成驱动器系统的信号故障检测, 处理指令输入以及反馈信号、位置环、速度环的 PID 计算^[3]。DSP 的输出电流 i_1, i_2 经过 D/A 变换后作为模拟电流环的电流给定信号, 第 3 相电流 $i_3 = -(i_1 + i_2)$ 。这 2 相电流给定信号与经过电流传

感器采样的电机实际电流在 CPLD 模块搭建的模拟电流环中进行比较, 经过 PI 调节后, 其输出与三角波进行调制, 形成 PWM 波输入到系统的主回路 IPM 中, 作为 IGBT 的门极驱动信号, 最终由 IGBT 晶体管驱动电机运转^[4], 如图 2 所示。

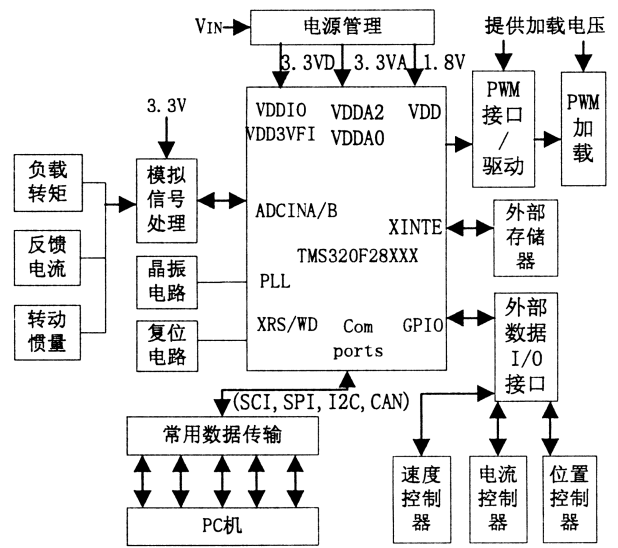


图 1 柔性驱动器控制电机结构示意图

Fig. 1 Schematic drawing of flexible drive control motor

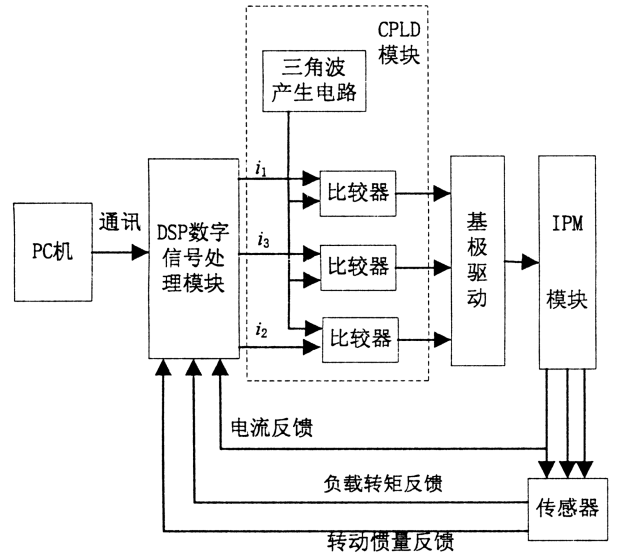


图 2 柔性伺服驱动控制器硬件结构

Fig. 2 Hardware structure of flexible servo motor drive controller

2 系统软件设计

伺服系统的设计中, 在满足实时性的前提下, 总是尽可能的使用软件资源代替硬件资源, 以降低成本。在本设计中, DSP28XX 是通过软件来实现矢量 PWM 输出、速度检测和电流检测等功能。在该伺服驱动控制的软件中有两个部分组成: DSP 控制程序和上位机软件。DSP 控制程序又是有两

DSP 中, 经 A/D 转换后, 将模拟信号数字化作为数字输入反馈信号, 再经 D/A 转换变成模拟量输出信号, 控制交流伺服电机。检测伺服电机运动时的参数, 经过 A/D 转换器将模拟信号转换成数字信号后, 与 DSP 中给定的数学控制模型相比较, 若与控制模型比较无太大变化, 说明驱动负载无太大变化, 则无需改变控制策略; 若比较后发现与数据模型相比变化较大, 则驱动器立即给上位机发送信息, 提示驱动负载发生变化, 需上位机发出命令做出调整。

[illegible]

Fig. 4 Hardware structure of flexible servo motor drive controller

```

graph LR
    PC[PC机] --> A[发送控制策略]
    A --> B[DSP信号处理]
    B --> C[信号变换]
    C --> D[伺服驱动器]
    D --> E[电机]
    E --> F[采集电机参数]
    F --> G[信号变换]
    G --> H[DSP信号处理]
    H --> PC
  
```

Fig. 5 System structure of flexible drive controller

在反馈控制环中,通过传感器将电机运动时的参数记录下来,并发送给 A/D 转换器,转换之后的数字量发送至 DSP,通过对数据的计算分析,确定当前伺服电机的运动状态。当系统用在动态性能要求不高的交流调速场合时,使用闭环转差频率控制的控制策略,控制转差角频率直接控制转矩,其控制规律简单;当系统用在动态性能要求较高的交流调速场合时,使用矢量控制 (VC) 和直接转

新型的柔性驱动控制器系统结构如图 5 所示形成反馈控制环, 利用转动惯量测试仪、负载转矩检测仪等仪器检测电机转动过程中的转动惯量、负载转矩、反馈电流等参数, 反映出伺服电机的负载情况, 把转动惯量等信号传输到数字信号处理芯片

矩控制 (DTC) 相结合的控制策略。通过对转矩、磁链分别控制的方式控制,抑制磁链变化对转速子系统的影响;当系统用在干扰严重,参数变化快的交流调速场合时,采用自适应 PI 控制或模糊 PI 控制进行电流内环、速度中环、位置外环的控制,这种控制策略可以很好的改善电机的调速性能,稳定性好且易于调整^[5-7]。通过发送命令给上位机软件,上位机软件收到应答后即刻更新控制策略并发送给 DSP。通过这样一个闭环控制过程,实现了对控制对象的目标参数和状态参数的变化实时跟踪,实时计算,动态优化和调整。上位机向 DSP 发送命令是通过 TCP/IP 模块,或者 RS485 通讯完成的。在驱动器中集成了两种通讯模块,用户可根据实际需求选择这两种通讯方式中的一种。上位机软件中保存了各种控制策略,这些控制策略是通过建立电机运转时的数学模型经过软件仿真得到的。上位机软件在收到驱动器发送的信号后,根据预先保存的控制模型,及时发送符合当前伺服电机运转特性的控制策略至驱动器中,实现在线修复的目的。

4 结 论

如今交流伺服电动机为控制对象的交流伺服系统已经逐步取代直流伺服系统越来越多的应用于各种场合,伺服控制系统正朝着智能化、数字化、微

型化、模块化的方向发展。此文所提供的智能重构柔性驱动控制器,为当前的驱动器控制模式提出了一种新的解决方案,其主要特征在于一种控制环采用多种控制模式,并且可以实时改变控制策略模型,满足各种控制要求。大大提高了驱动控制器的灵活性和应用范围,同时对于控制系统的稳定性、安全性、和控制精度方面也有了一定程度的提高。

参考文献:

- [1] 张斌,吉传稳,刘琨.具有多种电机控制模式的伺服驱动器的研究 [J].电工电能新术,1999 (1): 29-32.
- [2] 宋宝,唐小琦,吴建昆.全数字交流伺服驱动器设计与研究 [J].机械与电子,2004 (1): 39-42.
- [3] 王斌,张庆贺,王铁锋.基于 DSP 的交流同步电机伺服控制系统设计 [J].科技资讯,2008 (14): 10.
- [4] 章恒,朱纪洪,蒋志宏.双通道伺服控制系统设计 [J].微计算机信息,2007,23 (2): 110-111.
- [5] 杨向宇,蔡晓铭,姚佳.基于模糊 PI 控制的永磁同步电动机伺服控制器设计 [J].华南理工大学学报 (自然科学版),2004,32 (11): 15-18.
- [6] 王纪俊,刘贤兴,王德明.神经元控制器在感应电机矢量控制中的应用 [J].江苏大学学报 (自然科学版),2003,24 (2): 70-73.
- [7] 周兆勇,李铁才,高桥敏男.基于矢量控制的高性能交流电机速度伺服控制器的 FPGA 实现 [J].中国电机工程学报,2004,24 (5): 169-172.