

基于 CAN 总线通信的双电机速度联动控制系统设计

徐 杰^{1a}, 金 海^{1a}, 鲁文其^{1b,2}

(1. 浙江理工大学, a. 信息学院; b. 机械与自动控制学院, 杭州 310018; 2. 浙江大学电气工程学院, 杭州 310027)

摘 要: 针对传统电机控制系统通过模拟量方式控制灵活性不高、响应滞后、精确性不够以及零漂等问题,提出了基于 CAN 总线的双电机控制系统的设计方案。在此基础上设计了电机速度的单轴控制、双轴交替控制以及同步控制模式,搭建了双电机速度联动控制的实验平台,并且进行了多个控制模式的测试分析。实验结果显示:该控制系统结构简单、灵活性高、性能稳定、控制响应迅速,能实现对双电机的联动控制,是一种适合高端数控装备多电机驱动的工业自动化解决方案。

关键词: CAN 总线; CANopen 协议; 速度控制; 多轴联动; 电机; 控制系统

中图分类号: TS103.234

文献标志码: A

0 引 言

在现代机械制造中,特别在纺织机械、印刷机械、食品机械等大规模、自动化程度高的电机控制场合,多轴联动控制的应用越来越广泛,已经成为高性能、高品质机械制造的重要标志。在多轴联动控制系统设计方面,德国西门子 840D、日本 FUNAC、法国 NUM 等数控系统都走前列;国产自主研发的基于工业以太网的五轴联动高性能数控机床已经投入应用,但总的来说发展较国外滞后,多轴联动产品性能相对较差。

目前,国内多轴联动产品的控制方案大多采用模拟量控制方式,该方案利用模拟量的大小来控制电机的转速、利用模拟量的极性来控制方向,但这种方案存在控制灵活性不高、响应滞后、精确性不够以及零漂等问题^[1]。随着现场总线技术的发展和成熟,将 CAN 现场总线技术应用于运动控制,构成分布式控制的多轴联动控制系统日益受到人们的重视^[2]。

国内提出了许多 CAN 总线运用的实例,如马

宏伟^[3]将 CAN 总线运用于移动机器人的控制,通过搭建实验平台实现了对移动机器人的多轴控制;吕应明等^[4]以带有 CAN 接口的 PLC 为主控制器,以单片机和 CAN 控制器等构成分布式控制终端节点,设计了一种基于 CAN 总线的分布式位置伺服系统并已成功应用于工程实践。本文应用 CAN 总线建立了双电机速度联动控制系统,设计了电机速度的多种控制模式,搭建了双电机速度联动控制的实验平台,进行多个控制模式的测试分析。

1 系统整体方案设计

本文设计的双电机速度联动控制系统主要由上位机运动控制器、下位机伺服驱动器(CAN-servo)和伺服电机组成,整体方案如图 1 所示。其中上位机运动控制器采用了步科的触摸屏和 PLC,是整个系统的主控制器,除了对各节点伺服驱动器发送实时过程数据对象(PDO)控制命令外,还需要接收各驱动器节点的过程数据对象(PDO)工作状态信息、服务数据对象(SDO)确认信息以及节点监控和保护反馈信息,将信息传送给触摸屏进行实时显示,并根

收稿日期: 2014-08-05

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(51307151);浙江省自然科学基金一般项目(LY13E070005);浙江省博士后科研择优资助项目(BSH1402065)

作者简介: 徐 杰(1989-),男,浙江建德人,硕士研究生,主要从事伺服电机控制方面的研究。

通信作者: 鲁文其, E-mail: luwenqi@zstu.edu.cn

据从站的反馈信息通过 CAN 总线通信对伺服驱动设备实现控制^[5-7];CAN 总线的应用层协议采用 CANopen 协议,CANopen 通信部分由 DS301 协议

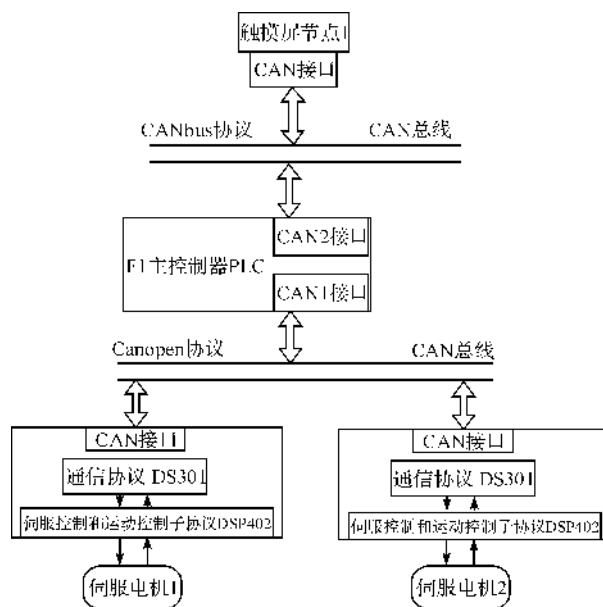


图1 系统整体设计方案

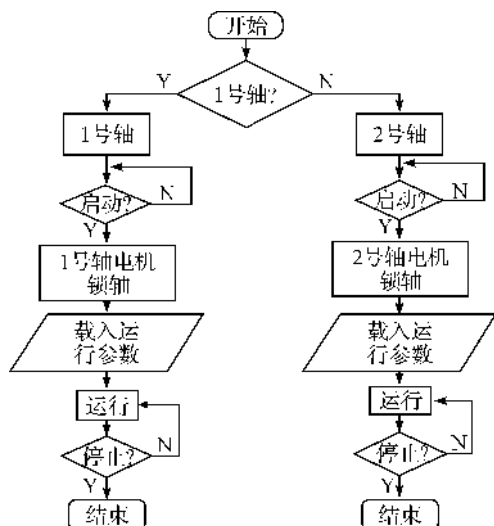


图2 单轴速度模式

实现,伺服控制部分由 DSP402 协议实现;伺服驱动器作为 CAN2 接口 CANopen 的从节点,它通过 CAN 通信接口与 CAN 总线相连,具有 CANopen 的通讯功能,负责控制电机的转速、位置等对象;触摸屏作为 CAN1 接口 CANopen 的从节点,通过 CAN 通信接口与 CAN 总线相连,负责给运动控制器传输数据,并根据上位机运动控制器反馈的信息进行实时显示。

2 系统联动控制方案设计

本文根据不同工况需求,针对双电机速度联动系统设计了多种控制方案,包括单轴控制、双轴交替控制以及同步控制,其原理框图分别如图 2、图 3 及图 4 所示。其中,速度单轴控制可以对两个电机独立的进行速度与运行时间控制;速度双轴交替控制通过对两个电机交替速度电机速度和时间的控制,以使两个电机按照预先设定的速度和时间交替运行;速度同步控制通过对两个电机同步参数的控制,使两个电机以相同的速度同步启停。

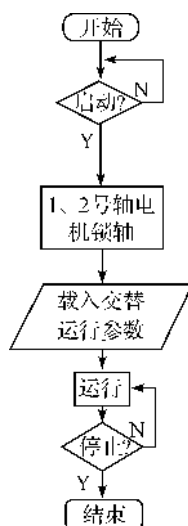


图3 速度交替模式

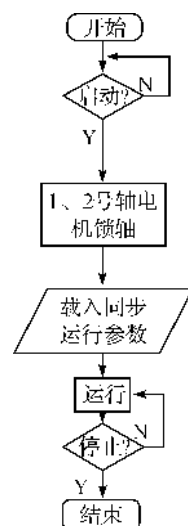


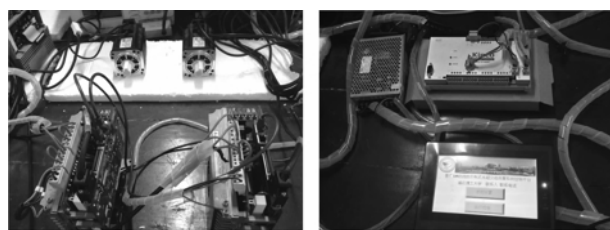
图4 速度同步模式

3 系统软硬件设计

为了验证方案的正确性,本文搭建了实验平台,如图 5 所示。整个控制系统由触摸屏、PLC 上位机、CAN 总线、伺服驱动器和伺服电机构成。系统中所有的伺服驱动器的 CAN 接口都并行连接在 CAN 总线上,构成如图 1 所示的控制系统。当系统有多节点同时向总线发送 CAN 信息时,根据 CAN 总线通信的仲裁机制对每条信息的标识符 (ID) 进行仲裁,通过 ID 决定占用总线的优先级,信

息的 ID 越小优先级越高^[8-9]。

设置伺服驱动器 (CAN-servo) 的参数时,两个伺服驱动器 CAN 通信节点参数号 (Pn704) CANopen 通信轴地址分别设置为 1、2。参数号 (Pn703.0) CAN 通信速率设置为 [4] 500K,参数号 (Pn006) 进制位参中的 Pn006.0 总线类型设置为 [3] CANopen 通信。触摸屏参数配置时在 HMI 属性中选择现场总线配置,通信协议配置为 CANopen Node Slave。波特率设置为 500 K,与伺服驱动器波特率一致。



(a) 下位机伺服驱动器

(b) 上位机运动控制器

图 5 基于 CAN 总线通信的双电机联动实验平台

步科 F1 系列 PLC 的软件开发环境选用 CoDeSys, 它是德国 3S 公司开发的一种可视化 PLC 编程环境。程序包含 1 个主程序和若干个子程序, 主程序主要包含子程序的入口程序、代码初始化程序, 子程序主要包含驱动器使能上电程序、单轴模式功能子程序、双轴速度交替子程序和双轴速度同步子程序。

4 实 验

在本文搭建的平台上, 对本文设计的 3 种联动控制方案进行测试分析。实验中伺服驱动器(CAN-servo)额定功率为 0.75 kW, 具有 CAN 通讯功能; 伺服电机型号为增量编码型 EMJ-08ADA22, 额定功率为 0.75 kW, 最高转速为 3 000 r/min。

实验中为每一个 CANopen 设备分配一个唯一的节点 ID, 从站分配的节点分别为节点 1 和节点 2。由于伺服驱动器 CANopen 只支持 4 个发送 PDO, 4 个接收 PDO, 每个 PDO 有最大 8 字节数据的限制, 主要用于传输不超过 8 个字节并且实时性要求高的数据, 如对象字典中的控制字、状态字等; 服务数据对象(SDO)用于传输大于 8 个字节的数据并且实时性要求不高的大数据配置信息。实验中根据具体情况选择 PDO 或者 SDO 来传输数据。

4.1 单轴速度控制模式波形分析

在单轴速度控制参数波形分析时, 只对 1 号轴参数进行采集分析。实验中 1 号轴的速度值设置为 1 000 rpm, 运行时间为 5 000 ms。

单轴速度控制时采集的波形如图 6 所示。从采集的波形中可以看出, 在指令转速 1 000 rpm 时, 电机

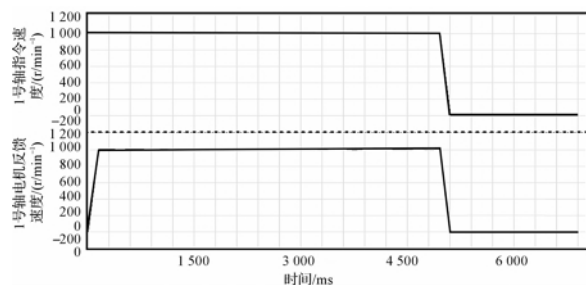


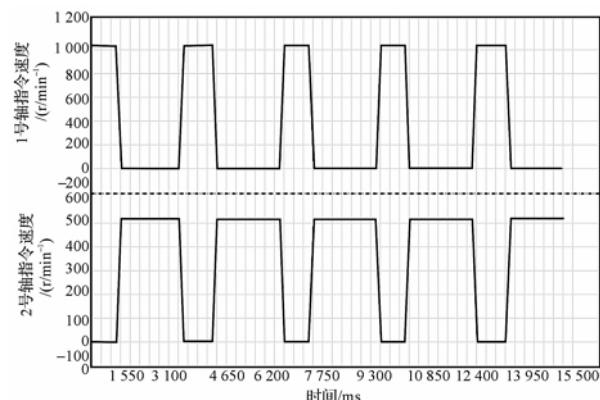
图 6 单轴速度模式采集的波形

均能较快地达到指定转速, 响应迅速。电机的反馈速度值为 1 000 rpm, 速度曲线存在一定的波动, 运行时间为 5 000 ms, 达到了转速和时间控制的要求。

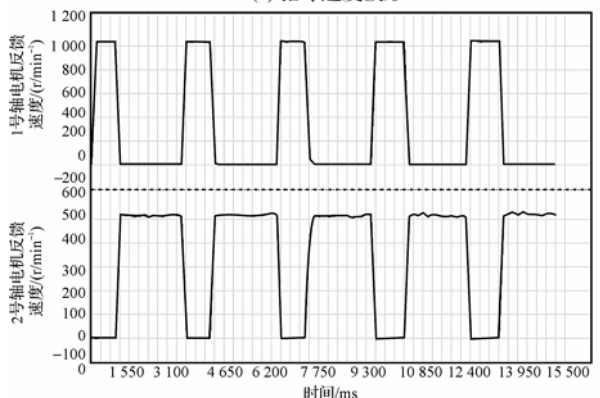
4.2 双轴速度交替模式波形分析

实验中 1 号轴的速度值设置为 1 000 rpm, 交替运行时间为 1 000 ms, 2 号轴的速度值设置为 500 rpm, 交替运行时间为 2 000 ms, 交替次数为 5 次。

图 7 为双轴速度交替模式采集的波形, 从采集的波形中可以看出, 1 号轴在指令速度 1 000 rpm, 2 号轴在指令速度 500 rpm 下电机均能较快地达到指定转速。从反馈波形图 7(a)可以看出, 1 号轴运行时反馈速度值为 1 000 rpm, 存在较小的速度波动, 交替运行时间为 1 000 ms 左右; 2 号轴运行时反馈速度值为 500 rpm, 存在一定的速度波动, 交替运行时间为 2 000 ms 左右; 1 号轴和 2 号轴交替次数均为 5 次。在交替变化时刻, 一轴停止到另外一轴响应的的时间大约为 150 μ s, 与实验采用 CAN 通信速率 500 Kbps 计算出的理论值 128 μ s 一致, 响应迅速。采用传统模拟量接口的双轴控制方式的响应时间大约为 10 ms 左右^[10], 可见用 CAN 总线通讯方式相对比传统模拟量接口控制方式在双轴控制响应时间上有一定的优势。



(a) 指令速度波形



(b) 反馈速度波形

图 7 双轴速度交替模式采集的波形

4.3 双轴速度同步模式波形分析

实验中同步速度值设置为 1 000 rpm,运行时间为 10 000 ms。

双轴速度同步模式采集的波形如图 8 所示。从采集的波形中可以看出,1 号轴和 2 号轴在相同的指令速度 1 000 rpm 下均能较快地同步达到指定转速 1 000 rpm。从反馈波形图 8(a)可以看出,1 号轴和 2 号轴均以 1 000 rpm 左右的转速同时运行了 10 000 ms。在给 1 号轴和 2 号轴同时发送速度指令时,根据 CAN 总线的仲裁机制,高优先级的数据将会被优先发送。这里发送给 1 号轴的数据优先级高于发送给 2 号轴的数据,所以先是发送给 1 号轴速度指令,1 号轴数据传递完毕然后再发送给 2 号轴速度指令,这之间的响应时间极短,约为 64 μ s。可见 CAN 总线数据传输的仲裁机制保证了控制中数据传输的可靠性、准确性,相对于传统模拟量接口控制方式有优势。

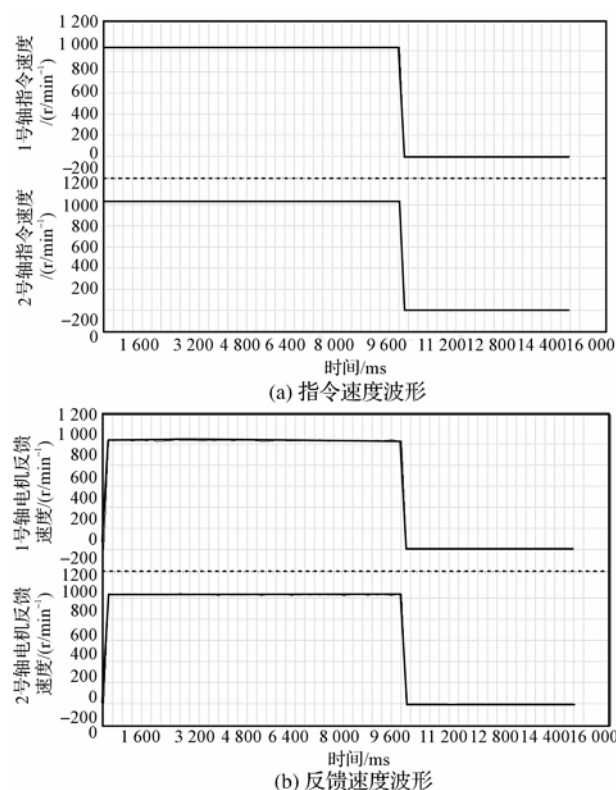


图 8 双轴速度同步模式采集的波形

5 结 语

a) 本文针对传统基于模拟量接口电机控制系统存在的诸多问题,结合 DS301 和 DSP402 协议,设计了基于 CAN 总线的分布式双电机控制方案;

b) 设计了电机速度的单轴控制、双轴交替控制以及同步控制模式,搭建了双电机速度联动控制的实验平台,并进行了多个控制模式的测试分析;

c) 实验结果显示该控制系统结构简单、灵活性强、性能稳定、控制响应迅速,只要在 CAN 总线上增加多个伺服驱动器节点即可实现对多台伺服电机的精确控制,是一种适合高端数控装备多电机驱动的工业自动化解决方案。

参考文献:

- [1] 苗 涛,曹云东. 利用 PLC 模拟量控制伺服电机转速[J]. 机械与电子, 2008, 41(7): 82-85.
- [2] 葛守峰,杜 馨,余胜利. PLC 模拟量控制的应用[J]. 平顶山工学院学报, 2007, 16(5): 40-43.
- [3] 马宏伟. 基于 CANopen 协议的移动机器人多电机控制系统[J]. 工矿自动化, 2009, 10(10): 46-49.
- [4] 吕应明,袁海文,邢军伟. 基于 CAN 总线的分布式位置伺服系统设计[J]. 电子技术应用, 2010 (3): 32-35.
- [5] 江小玲,舒志兵. 基于 CAN 总线多轴伺服电机的同步控制[J]. 机床与液压, 2012, 40(8): 140-142.
- [6] 易灵芝,陈海燕,陆启湘. 基于 CANopen 协议的伺服控制模式的实现[J]. 控制工程, 2013, 20(3): 50-52.
- [7] 张 杰,舒志兵. 基于 CAN 总线的分布式交流伺服系统研究与设计[J]. 控制工程机床与液压, 2013, 35(7): 87-89.
- [8] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.
- [9] 陈清泉,孙逢春,祝嘉光. 现代电动汽车技术[M]. 北京:北京理工大学出版社, 2002.
- [10] 胡 涛,苏建良,石剑锋. PLC 技术与应用及其发展分析[J]. 机床与液压, 2005, 36(8): 135-137.

Double-Motor Speed Linkage Control System Design Based on CAN Bus Communication

XU Jie^{1a}, JIN Hai^{1a}, LU Wen-qi^{1b,2}

(1a. School of Information Science and Technology; 1b. School of Mechanical Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;
2. School of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Since traditional motor control system is controlled through analog quantity mode, it has such problems as low flexibility, response lag, insufficient accuracy and zero drift. In view of the above problems, this paper puts forward double-motor control system design scheme based on CAN bus. On this basis, we design single-axis control of motor speed, dual-axis alternating control and synchronous control mode, set up an experiment platform for double-motor speed linkage control and carry out test and analysis of multiple control modes. The results show the control system has simple structure, high flexibility, stable performance and quick control response, and can achieve linkage control of the double-motor. It is a kind of industrial automation solution suitable for multi-motor drive of high-end CNC equipment.

Key words: CAN bus; CANopen protocol; speed control; multi-axis linkage; motor; control system

(责任编辑: 康 锋)