

基于运动控制器的伺服电机同步控制插补算法改进

蔡继祖, 陈 健, 黎 勉

(广东工业大学 信息工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 介绍了建筑物整体平移中的电机同步运动问题, 并以运动控制器 GT200-SV 为实验基础, 阐述系统的硬件组成和两轴直线运动中同步控制的改进算法的基本思路和实现. 最后对实验数据和结果进行简要总结, 并提出推广和改进意见.

关键词: 伺服电机; 运动控制器; 同步控制; 插补

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2008)03-0070-03

随着当今城市发展速度越来越快, 城市规模日趋庞大的环境下, 城市规划的统筹布局已经成为城市建设的大问题^[1]. 由此, 城市建筑物的整体平移技术也应运而生. 最早的现代建筑物整体平移采用圆木滚轴滚动, 并用千斤顶作为牵引力. 到了近几十年的时间, 引进了液压技术, 使牵引动力更均匀、更平稳, 但工作效率 (整体平移速率) 相对仍然不高.

近年来, 随着电子技术的发展, 基于 DSP + FPGA 的高性能 PCI 总线运动控制器引进到建筑物整体平移的技术研究中. 利用 DSP 和 FPGA 数字运算的高速度和高精度, 通过运动控制器控制相应的执行机构——伺服电机作为牵引执行机构, 同时由运动控制器接受其所带来的辅助编码反馈信号, 并根据需要做出调整, 使电机能比较精确地依照人们的意愿以任意速度驱动承载着整个建筑物重量的负载 (只要电机驱动能力许可) 向前运动. 这种“PC + 运动控制器”的控制方案日渐得到广泛应用.

1 运动控制器及系统硬件装置

1.1 PC 运动控制器特点

从控制方案来看, 运动控制系统的上位控制一般有单片机系统、专业运动控制 PLC 和通用集成运动控制器等形式^[2]. 而其中的通用集成运动控制器从结构上可分为基于 PC 标准总线的运动控制器、Soft 型运动控制器和嵌入式结构的运动控制器^[3].

与单片机或 PLC 系统相比, 通用集成运动控制器因其以 DSP 和 FPGA 芯片为运动控制处理器, 以 PC 为信息处理平台, 以插卡形式嵌入 PC 机中, 将

PC 的信息处理能力和开放式的特点与运动控制器的运动轨迹控制能力有机地结合在一起, 具有信息处理能力强、开放程度高、运动轨迹控制准确、通用性好的优点, 能完成速度快、精度高、运动过程和机械轨迹较复杂的运动控制, 因此近年来越来越得到广泛的应用.

1.2 系统硬件装置组成

本实验装置基于固高科技公司的 GT 系列运动控制器 GT200-SV 组成. 固高公司的通用运动控制器以 DSP 为核心, 结合 FPGA 来完成运动控制^[4]. 在控制过程中, 由 DSP 实现运动规划, 多轴插补、伺服控制滤波等数据运算和实现控制管理, FPGA 逻辑可编程器件和其它相关器件组成伺服控制和位置反馈硬件接口^[3]. 其中的 GT 系列是具有真正面向对象的开放式控制结构和系统重构能力的运动控制器产品, 可以同步控制最多 4 个运动轴, 可实现多轴协调控制和高性能的控制计算. 而 SV 型的运动控制器支持模拟量控制和脉冲控制输出的交直流伺服电机、步进电机等多种执行机构的控制场合 (GT 系列运动控制器用户手册, 固高科技 (深圳) 有限公司).

本实验装置硬件构成如图 1 所示. GT 运动控制器通过 PCI 总线连接上位负责总控制的计算机, 下面通过专用的数据线将控制指令传送至交流伺服驱动, 驱动伺服电机执行运动. 伺服电机驱动两轴同步运动, 通过主伺服电机中的主编码器将电机的运动脉冲数反馈至运动控制器, 又通过光栅尺和辅助编码器将运动轴的直线位置检测信号传回至运动控制器, 实现对位置信号的闭环控制.

收稿日期: 2008-01-20

基金项目: 广东省科技计划资助项目 (2004B101013)

作者简介: 蔡继祖 (1982-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为光机电一体化.

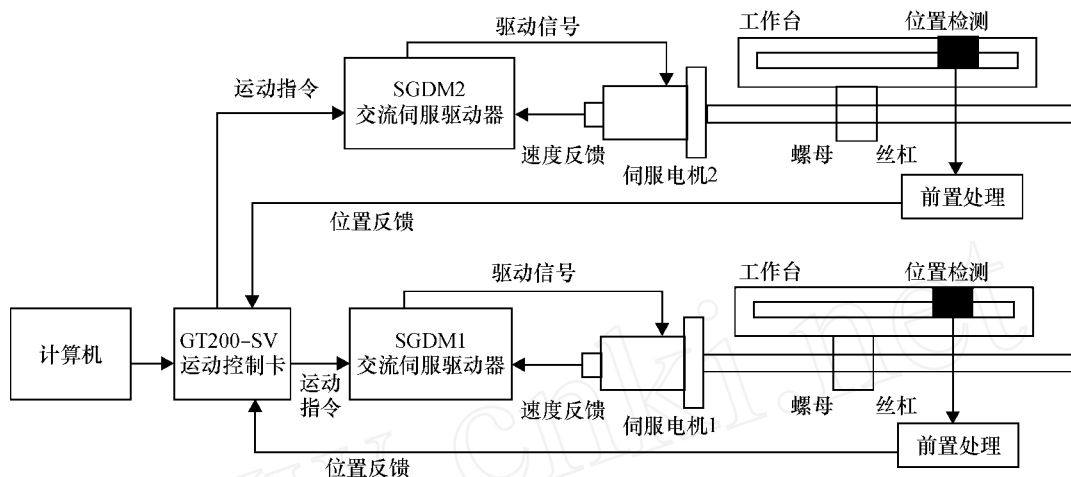


图 1 系统硬件组成示意图

2 多电机同步控制改进算法

2.1 算法基本思想

在多个伺服电机同时应用到建筑物同步运动控制时,首先由于整体平移而产生的问题就是伺服电机的同步运动^[5]。在实际工作中,作为建筑物的承载与运动执行机构,伺服电机必须在允许的误差范围内达到直线位置和运动速度的同步。本文先以两轴同步为例进行说明。通常比较简单的两轴同步运动采用主从轴跟踪的同步策略,即设定一个主轴按照指定的运动参数进行运动,其任意时刻的速度、加速度及位置值可以根据运动参数及规划的运动模式计算出来,而其运动的精度可以通过运动控制器、伺服单元及伺服电机相结合来保证。另外,设定一个从轴,以主轴的实际运动速度、加速度、位置作为目标进行实时跟踪,以求达到与主轴运动同步的目的。这种方法在运动控制中存在较大的时延,跟踪速度慢,不利于提高控制精度。

本文提出的一个改进,首先使同步的各个运动轴依据所设定的同一组运动参数进行运动,各轴之间互不干涉,然后再参照由运动参数计算得出的标准实时位置信息(即预期目标位置),在运动过程中分别对各轴的位置进行单独的插补调整,使运动接近于理想计算得出的运动参数。由于使用同一组运动规划模式,并且各组伺服单元和伺服电机使用相同型号并设定相同参数,所以各运动轴直线同步的误差主要产生于各轴的执行机构——伺服电机的性能差异及运动过程的外界环境所产生的随机误差。以下重点讨论减少误差的方法。

在整个两轴直线同步控制系统中,存在性能差异的机构包括伺服驱动单元和伺服电机,其所产生

的随机误差不容易发现和消除。因此可采用实时补偿的方法减小两轴运动时产生的位置误差。由于随机误差的存在以及其它客观因素的影响,运动轴在运动过程中并没有十分精确地按照所规划的运动模式进行运动,如果在整个过程中不进行任何补偿,则误差将会反复不断甚至越来越大。因此为了减小误差,应该在运动中适当加入增量补偿,使运动轴位置与设计规划的位置误差趋向于 0。当每一个轴与同一个规划模式的误差都趋向于无穷小时,就表明各个轴的运动位置越来越接近,达到位置的同步。

本实验按照伺服电机运动的速度控制模式进行控制,以求运动实时速度值按照规划速度曲线运行。根据运动控制器的基本控制原理,必须在运动前预先设定一个采样控制周期。运动过程中,控制器在每一个采样周期(默认 200 μ s)内按照所设定的运动速度运行相应的脉冲数(GT系列运动控制器编程手册,固高科技(深圳)有限公司)。而在程序中另外设定一个用于数据反馈和处理的更新周期(大于采样周期,视 Windows 系统的处理能力而定,这里定为 10 ms),在每一个更新周期内对主编码器所反馈的脉冲位置信号(50个采样周期的运动数据)进行采集和处理。这样根据所设定的运动模式,通过程序都可以计算出每一个更新周期内运动轴应该运行的目标位置值,这就是运动轴比较和控制的参考依据。

运动轴实时补偿的思路大致如下:控制目的是使运动轴的运动位置与所规划的位置相一致,而速度与加速度值的变化尽可能小,插补调整的时间尽可能短。为此,将轴的运动分为加减速阶段和匀速阶段。在加减速阶段,由于速度是连续变化的,所以当位置不一致时,必定是由于运动速度与规划不一致而产生的,因此必须微调加速度大小。如图 2 所示,

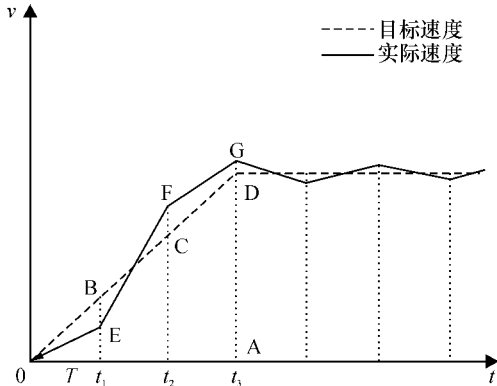


图 2 运动速度示意图

在每一个更新周期 T 内,当产生速度偏差而形成位置偏差的 t_1 时刻,可读取到此时刻内的速度与加速度值,为保持位置(路程)一致,应补偿速度值 CF 等于 BE ,而在下一时刻速度值返回规划曲线的 D 点.在匀速阶段,速度保持不变,位置偏差是由于产生加速度所引起的,而在匀速阶段调整加速度值对运动不起作用,所以必须在每个周期内改变目标速度值来减小位置偏差,调整补偿方法与加减速阶段类似.综合而言,在发现位置偏差的 t_1 时刻,可以通过改变速度或加速度使得在最短的 2 个更新周期内补偿调整为规划值,并保持初始运动状态不变,使得位置值基本与期望的计算值一致,并使速度和加速度能基本围绕设定值运动.

但实际运动过程中,往往在补偿调整时所期望的速度值与实际的运动也存在偏差,即补偿不能一次到位,从而造成累计误差.这样就要求必须在每一个更新周期不断进行插补和调整,使位置偏差趋于最小化.

2.2 程序与实验结果

本设计的程序基于 Windows 系统下的 VC++ 6.0,使用固高公司为运动控制器专门提供的函数库,其中包括动态链接库、编译好的函数库文件和相应的头文件,封装了驱动和控制电机运动的底层基本函数操作,为用户调用提供了方便,并减轻了用户的软件编写工作量.

图 3 所示为本实验同步运动控制部分的概要软件流程图.按照上述改进算法及流程图在 Windows 系统中使用 VC++ 6.0 编程设计控制系统运行及同步算法的实现.经过大量的实验和数据记录和处理,在未使用同步算法前,实验所得两轴运动的位置误差最大在 50 个单位脉冲位置以内,而且误差值随运动速度的增大而增大.在每一次的更新周期内加入改进的同步算法以后,同样条件下两轴运动的位置误差可以控制在 20 个单位脉冲位置以内,而且当逐渐增大运动速度时,同步误差也能长期保持在 30

个脉冲以内,两轴同步的程度有了明显的提升.而实验所得的运动轴实时位置值与计算的期望位置值的偏差可以控制在 100 个单位脉冲位置以内,基本可以实现较好地与期望值的同步.

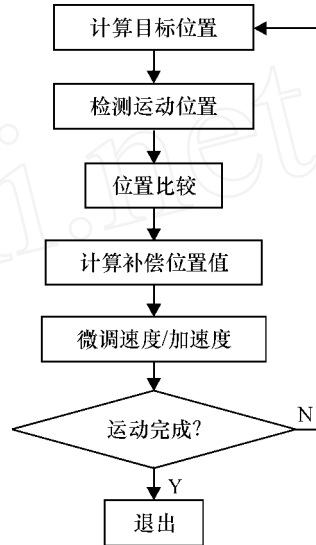


图 3 同步控制软件流程

从作者所得到的实验数据还可以知道,在适当改进同步算法以后,两轴的同步程度还有很大的提升空间,并有希望可以维持在 10 个脉冲的误差范围以内,可以说基本实现了两轴较高精度的完全同步.

3 推广和改进

相对于两轴位置主从跟踪的同步算法,本文提出的这种基于规划的补偿改进可以使得各运动轴根据各自的运动状态来作出实时调整,不需其它轴作为参照(以理想计算值作参考),各轴互不干扰,可以直接推广至多轴的位置同步,简单可行而且效果显著.结合到多轴运动的直线同步,对建筑物整体平移问题的解决具有十分重要的意义.

在控制过程中,如果能根据电机的机械特性结合适当的误差处理和数值处理方法选取最优的中间值补偿,还可以达到更好的补偿和控制效果.

参考文献:

- [1] 杨小兵,侯建国,程斌彬,等.建筑物平移技术概述[J].建筑技术开发,2003,30(10):61-63
- [2] 罗炳军,陈健,樊亚妮.基于运动控制器的开放式运动控制系统研究与应用[J].工业仪表与自动化装置,2006(3):10-11,21.
- [3] 吴宏,蒋仕龙,龚小云,等.运动控制器的现状与发展[J].制造技术与机床,2004(1):24-27.

(下转第 89 页)

Abstract: Disturbed state concept (DSC) utilizes constitutive models to characterize material responses. The actual response is a weight average value of 2 conference state response values. Both DSC and RMT150B experiment system gives continuous and stable curve of stress-strain including its post peak part. In uni-axial compression experiment of rocks, within a certain scale of strain values, the specimen keeps continuity, and continuum is the premise of DSC. The description of stress-strain relationship starts with the compaction point of the stress-strain curve while the compaction point provides initial value for incremental method. 2 different disturbance factor evolvement functions are put forward to describe stress-strain relationship and volume dilation. Effective plastic deviation strain is the variable of evolvement functions for stress-strain relationship description. Current axial strain is the variable of the evolvement function for volume dilation description. The descriptions of rock stress-strain relationship and red sandstone volume dilation can present DSC flattening tenet.

Key words: disturbed state concept; constitutive model; rock; volume dilation

(上接第 72 页)

[4] 丛爽,李泽湘.实用运动控制技术 [M]. 北京:电子工业出版社,2006.

[5] 田文超,张小波,朱志红,等.数控系统中多轴同步技术策略和实现 [J]. 华中科技大学学报,2001,29(5): 4-6.

**Improvemnt of Interpolation Algorithm of Servo Motor
Synchronous Control Based on Motion Controllers**

Cai Ji-zu, Chen Jian, Li Mian

(Faculty of Information Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The motor problems of synchronous movement in construction overall transference are introduced. And based on the motion controller GT200-SV, with emphasis on the hardware devices, software implementation of linear movement synchronous control of two axes is presented. At last, the experimental data and results are summarized, advanced and improvement ideas are proposed.

Key words: servo motor; motion controller; synchronous control; interpolation