

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.06.017

双齿轮渐近同步驱动系统设计

倪 敬, 陈宇江, 刘湘琪, 高树峰

(杭州电子科技大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为解决轨道拖拽、龙门设备、自动升降等大负载、长跨度设备的驱动功率不足、设备刚度差、结构尺寸较大等问题,提出了一种基于电气伺服驱动技术的双齿轮渐近同步驱动解决方案。该渐近同步驱动方案采用在一个主动齿轮驱动负载齿轮传动的基础上,逐渐添加其他主动齿轮以增大驱动功率的双齿轮同步驱动系统,实现了电气伺服同步驱动功能;采用台达数控系统,实现了双齿轮高精度同步控制。研究表明,该驱动方案具有同步可靠性高、控制方便、启停同步一致性强等特点。

关键词: 齿轮同步驱动; 电气伺服; 启停同步

中图分类号: TH132.41; TH39 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2014)06-0757-04

Design for double gear of gradual synchronous driving system

NI Jing, CHEN Yu-jiang, LIU Xiang-qi, GAO Shu-feng

(School of Mechanical Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to solve the problem of insufficient of driving power, poor stiffness and large-dimension structure of heavy load and long span frame device, such as orbital towing equipment, gantry device, raised and lowered automatically equipment, a double gear of gradual synchronous driving system based on electrical servo drive technology was introduced. A driving gear was adopted first to drive the load of a gear in the gradual synchronous driving system and then the other driving gear was adopted. Delta's CNC system was adopted to realize the double gear synchronous control system with high precision. The results indicate that, the system is featured by highly reliability, convenient control, start and stop with high synchronous precision.

Key words: gear synchronous drive; electrical servo drive technology; start and stop with high synchronous precision

0 引 言

双齿轮渐近同步驱动系统属于伺服同步驱动系统,具有驱动功率大、运行平衡、同步精度高、操作方便等优点,广泛应用于大负载、长跨度的设备中,以增加设备刚度、缩小总体尺寸并且还能防止驱动元件因受力不平衡而发生扭转变形,如轨道拖拽、龙门设备、自动升降等系统。

目前,国内外许多专家学者对伺服电机同步驱动系统进行了深入研究^[1-3],并取得了一系列研究成果。如大功率全电动折弯机多轴同步驱动研究^[4],该系统

采用力矩与位置控制双重跟踪模式进行系统解耦的原理,可以很好地解决多个电机系统的同步控制性能和快速响应控制性能的问题。但该系统结构采用了转矩控制,控制结构复杂,不适用一般伺服系统;又如基于CAN总线的多伺服电机同步控制^[5],该系统以控制器为核心的现场总线控制系统,具有同步控制性能好、各伺服单元不互相干扰、控制精度高、维护方便等优点。但该系统没有考虑电机之间受力不均衡的问题。

针对以上不足之处,以及电气伺服同步驱动在实践应用中的高精度、稳定可靠、操作简便等要求,笔者将设计一种基于电气伺服驱动的双齿轮渐近同步驱动系统。

收稿日期: 2013-12-03

作者简介: 倪 敬(1979-),男,浙江金华人,工学博士,副教授,硕士生导师,主要从事电液伺服控制技术、拉削装备自动化技术、带锯锯切技术、机械人应用技术和相关的机电一体化技术研究及应用推广工作。E-mail:nj2000@hdu.edu.cn

1 工艺原理及性能分析

1.1 工艺原理

为了达到系统的设计目标,笔者设计的系统主要任务是在一个主动齿轮驱动负载齿轮的基础上逐渐添加第2个主动齿轮以实现大功率驱动的目的。实现这2个齿轮的正确啮合,需要做到以下两个方面(系统工艺原理图如图1所示):

- (1) 定义系统基准点;
- (2) 同步误差分析及其渐近啮合。

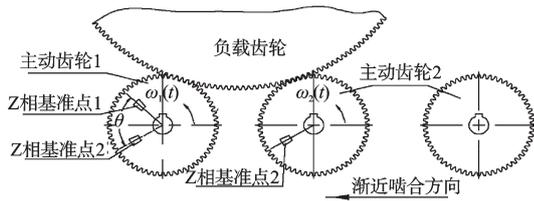


图1 系统工艺原理图

$\omega_1(t)$, $\omega_2(t)$ —主动齿轮1和主动齿轮2的实际角速度; θ —两个主动齿轮的 Z 相基准点的原始偏离角度

两个主动齿轮与负载齿轮正确啮合后,高精度编码器此时输出一个 Z 相脉冲,作为主动齿轮的基准点,代表零位参考位。Z 相基准点1为主动齿轮1的基准点,Z 相基准点2为主动齿轮2的基准点。假设系统启动时,齿轮实际的偏离角度为 θ_1 。当满足 $\theta_1 = \theta + (n \cdot 360/z)$ 时,齿轮能正确啮合;否则下位机控制系统对伺服电机的转速进行同步协调控制,直至两个主动齿轮的角度关系满足 θ_1 表达式:

$$\theta_1 = \theta + (n \cdot \frac{360}{z}) \tag{1}$$

式中: z —齿轮的齿数, n —小于齿轮 z 的整数。

系统基准点确定后,本研究进行同步分析及其渐近啮合。在主动齿轮1驱动负载齿轮基础上,实现主动齿轮2沿着图中渐近啮合方向同负载齿轮渐近啮合,从而完成了增大驱动功率的目标。

1.2 性能分析

根据所要设计目标的要求,系统要在一个主动齿轮驱动负载齿轮基础上渐近啮合另一个主动齿轮。该过程中双齿轮驱动的具体设计要求如下:

- (1) 伺服电机转速。额定转速 3 000 r/min,最大转速 5 000 r/min。
- (2) 精度要求^[6]。按照最小侧隙计算可选侧隙为 0.12 mm,相应的角度为 0.115°。

2 机械系统设计

根据设计目标要求,笔者设计的双齿轮渐近同步

驱动系统的机械结构如图2所示。该驱动系统主要由两套伺服电机及配套伺服驱动器、两套主动齿轮、编码器、轴承支座及基板、固定板、移动板、扳手、滚珠丝杆和负载齿轮等构成。其中滚珠丝杆、扳手等构成滚珠丝杆副传动模块。

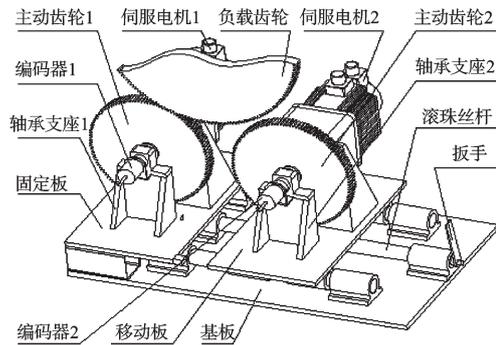


图2 机械结构模型

基板通过地脚螺栓固定于地面上,该基板固定安装有滚珠丝杆副传动系统和固定板,其中丝杆副传动板上安装有移动板。固定板和移动板上各安装有伺服电机及主动齿轮。两个轴承支座上各安装有一个高精度编码器作为位置测量装置,用来采集主动齿轮的位置和速度信息。

3 电气控制系统设计

3.1 电气原理介绍

典型的多轴同步控制是将编码器采集到的信号传递到控制中心,经过控制器的分析计算从而输出控制信号^[7-8]。双齿轮渐近同步驱动系统的电气控制系统(如图3所示),由两大功能模块组成:

- (1) 上位机控制系统。监控主动齿轮的运动状态,并且具有报警指示功能。

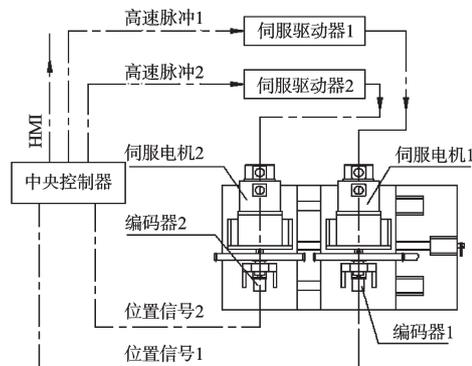


图3 电气控制系统

- (2) 下位机控制系统。使用台达数控系统并基于PID算法的运动控制,用来控制主动齿轮的位置和速度,并具有同步误差过大时的急停保护功能。

上位机系统作为监控界面及操作员指令下达窗

口,主要功能是接受界面输入的位置指令或者速度指令,通过MPI与下位机进行通讯,控制伺服电机的运动;实时监控主动齿轮的运动状态,并且在同步误差超出允许啮合范围时具有报警功能;存档数据并进行调用。

下位机是齿轮同步的控制中心,主要利用PID控制算法控制伺服电机的运动,完成齿轮同步的具体控制工作。MPI是SIMATIC S7多点通信的接口,是一种适用于少数站点间通信的网络,多用于连接上位机和少量PLC之间近距离通信。下位机通过MPI通讯与上位机系统相连,现场的状态及对现场的处理都通过MPI通讯与上位机系统沟通,并与上位机系统一起完成齿轮的同步控制。

3.2 具体选型与设计

电气系统控制元件主要包括:

- (1) 台达NC300数控系统;
- (2) ASDA-M三轴伺服驱动器;
- (3) 伺服电机ECMA-C10604RS;
- (4) 欧姆龙编码器E6B2-CWZ6C,分辨率1 800 P/R。

3.3 电控软件设计

为了更加直观和简便的控制齿轮的同步运动,笔者设计的上位机操作界面如图4所示,由以下几个模块组成:

- (1) 转速设置。分别设置两个电机的转速。
- (2) 电机启停。由1号电机启停和2号电机启停子模块构成。
- (3) PID参数整定^[9-11]。用于输入PID算法的3个增益。
- (4) 同步启停。当电机转速设置好后,即可实现电机的同时转动和停止。
- (5) 误差曲线。用于显示电机之间的速度和位置



图4 上位机监控界面

本文引用格式:

倪敬,陈宇江,刘湘琪,等. 双齿轮渐近同步驱动系统设计[J]. 机电工程,2014,31(6):757-759,794.

NI Jing, CHEN Yu-jiang, LIU Xiang-qi, et al. Design for double gear of gradual synchronous driving system[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(6): 757-759, 794.

误差。

(6) 误差报警及确认。当误差超过设计范围时,误差报警指示灯闪亮变红;当误差确认后,按下误差确认按钮,系统回复初始状态,继续进行调试。

(7) 正/反向。用来控制电机的运动方向。

(8) 返回。

上述几个模块的动作具有严格的先后顺序。电机启停只是用来分别测试两个电机的运动;误差曲线只有在同步启停按钮动作后才有效果;PID参数只有在误差曲线调出来后才能输入到系统中。

4 系统实验

为了验证双齿轮渐近同步驱动系统的同步控制效果,搭建试验台进行了实验验证。笔者进行试验时保存下来的一组位置误差曲线如图5所示。实验数据表明两个电机的位置同步误差保持在 0.3° 之内,满足设计要求。实验结果表明,该系统具有同步精度高、稳定可靠、抗干扰能力强等优点。

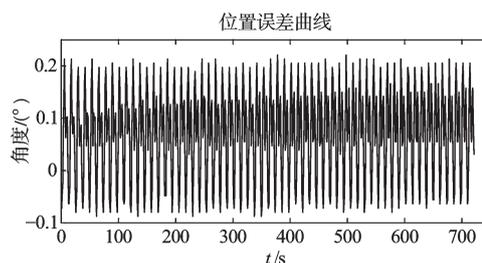


图5 位置同步误差

5 结束语

针对多齿轮同步驱动技术在实践生产中的广泛应用,基于机械、电气控制技术,笔者设计了一种双齿轮渐近同步驱动系统并进行了实验验证。该系统利用编码器实时高频采集伺服电机的运动信号,采用伺服全闭环控制技术,对同步误差进行PID运算,实现了双伺服电机的高精度同步功能。

笔者给出了双齿轮同步驱动系统工作原理图以及相应的伺服控制方案及其结果。首先,给出了系统的工艺性能,定义了系统基准点,以便系统可以在任何情况下实现动态啮合;其次,介绍了系统的机械结构模型;最后,设计了系统的上位机与下位机系统,并对实验结果进行分析记录。

(下转第794页)

隔离开关;对于高压组合电器设备,该间隔还应包含相关的电压及电流互感器。智能组件包含测量、控制、监测等功能。测量参量主要包括断路器和隔离开关的合分位置信号、就地/远方位置信号、合分控制回路断线信号,断路器未储能报警信号,SF6低气压闭锁报警信号、电源失电报警信号等。控制功能主要是所属断路器间隔的分/合闸操作控制。监测量主要包括局部放电、分/合闸线圈电流波形、断路器分/合闸时间、SF6气体压力、SF6气体水分、断路器储能电机工作状态、开关设备气室温度、开关设备触头红外测温等。

6 结束语

本研究结合电气化铁路牵引变电站的特点,参考国家电网公司的相关规范标准,构建了智能牵引变电站的总体架构,并给出了各系统的具体配置方案。该研究成果对开展电气化铁路智能牵引变电站理论及应用研究具有一定的参考价值。

参考文献(References):

[1] 李孟超,王允平,李献伟,等. 智能变电站及技术特点分析[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(18):59-62.
 [2] 陈小林,王伟平,莫京军. 牵引变电所综合自动化浅析

[J]. 电气应用,2005,24(6):104-106.
 [3] 邓武,杨鑫华,赵慧敏. 牵引变电所综合自动化系统的设计与实现[J]. 铁道工程学报,2006,98(8):93-95,110.
 [4] 张沛超,高翔. 数字化变电站系统结构[J]. 电网技术,2006,30(24):73-77.
 [5] 黄益庄. 智能变电站是变电站综合自动化的发展目标[J]. 电力系统保护与控制,2013,41(2):45-48.
 [6] US Department of Energy. Smart grid system report [R]. Washington, DC, USA: Department of Energy, 2009.
 [7] 丁杰,徐石明,刘有为. Q/GDW383-2009,智能变电站技术导则[S]. 国家电力科学研究院,2009.
 [8] 于广耀,戴敏,陈志蓉. Q/GDW428-2010,智能变电站智能终端技术规范[S]. 河南省电力勘测设计院,2010.
 [9] 杨松,倪益民,樊陈. Q/GDW678-2011,智能变电站一体化监控系统功能规范[S]. 国家电力科学研究院,2011.
 [10] 王永福,黄国方,张强. Q/GDW679-2011,智能变电站一体化监控系统建设技术规范[S]. 国家电力科学研究院,2009.
 [11] 刘有为,吴立远,邓彦国. Q/GDW Z 410-2010,高压设备智能化技术导则[S]. 中国电力科学院,2010.
 [12] 樊陈,倪益民,窦仁晖,等. 智能变电站一体化监控系统有关规范解读[J]. 电力系统自动化,2012,36(19):1-5.
 [13] 罗理鉴,黄少锋,江清楷. 智能变电站智能一次设备框架设计[J]. 电力自动化设备,2011,31(11):120-124.
 [14] 李瑞生,李燕斌,周逢权. 智能变电站功能架构及设计原则[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(21):24-27.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

侯启方. 智能牵引变电站建设方案研究[J]. 机电工程,2014,31(6):790-794.
 HOU Qi-fang. Research on the construction scheme of smart traction substation[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering,2014,31(6):790-794.
 《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第759页)

研究表明,采用PID控制的双伺服同步驱动系统具有控制方便、结构简单、维修方便、同步精度高等优点,并且可以作为子系统很容易地集成到其他系统中。

参考文献(References):

[1] CHEN T C, YU C H. Robust control for a biaxial servo with time delay system based on adaptive tuning technique [J]. ISA Transactions, 2009, 48(3):283-294.
 [2] JEONG S K, YOU S S. Precise position synchronous control of multi-axis servo system[J]. Mechatronics, 2007, 18(3):129-140.
 [3] 范兵. 双轴伺服系统小型化及高精度调节的研究与实现[D]. 武汉:华中科技大学计算机科学技术学院,2012:14-37.
 [4] 史步海,伍祁林. 大功率全电动折弯机多轴同步驱动研究

[J]. 控制工程,2013,20(3):2-4.
 [5] 田克君,陈虎. 基于CAN总线的多伺服电机同步控制[J]. 微计算机信息,2007,23(9-1):1-3.
 [6] 成大先. 机械设计手册[M]. 5版. 北京:化学工业出版社,2010.
 [7] 费继友,代明匣. 基于PMAC运动控制器的伺服电机同步控制系统[J]. 大连交通大学学报,2010,31(1):1-4.
 [8] 万鹏飞,王莉. 基于模糊PID的凹印机套准同步控制研究[J]. 包装与食品机械,2008,26(3):2-3.
 [9] 赵广元. Matlab与控制系统仿真实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2009.
 [10] 陈建国,黄立,张积广,等. 多指标约束下PID参数统一优化定量整定方法[J]. 兵工自动化,2012,31(2):47-51,56.
 [11] 王伟,张晶涛,柴天佑. PID参数先进整定方法综述[J]. 自动化学报,2000,26(3):1-8.

[编辑:洪炜娜]