

开炼机伺服阀位置控制

陈卓¹, 燕林滋², 张步幸¹

(1.天津工业大学 电气工程与自动化实验室, 天津 300387;

2.银川能源学院 电力学院, 宁夏 银川 750105)

摘要: 采用研华设备及 AI 调节器相结合的控制算法对开炼机伺服阀进行过程控制, 调距精度高, 压力值控制准确。同时具备调距控制响应快、数字信号处理灵活、易于实现参数反馈等特点。系统实践效果较好, 能够广泛应用于轮胎等生产行业中。

关键词: 开炼机; 过程控制; AI 调节器

中图分类号: TP273.5; TS103.7

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)23-0077-03

Open smelting machine servo valve position control system

Chen Zhuo¹, Yan Linzi², Zhang Buxing¹

(1.Lab of Electrical Engineering and Automation, Tianjin University of Technology, Tianjin 300387, China;

2.College of Electric Power, Yinchuan Energy College, Yinchuan 750105, China)

Abstract: This paper USES the research China equipment and AI regulator control algorithm combining the folio refining machine servo valve for process control, has a high precision controllable pitch, correct pressure value control, etc. Fast response and controllable pitch control, digital signal processing, flexible, easy to realize parameters feedback, etc. After the test, the system practice effect is good, can be widely used in tires and other production industries.

Key words: open mill; process control; AI regulator

近年来, 随着我国运输事业的迅猛发展以及人民生活水平的不断提高, 轮胎橡胶行业一直处于高速发展的状态。轮胎橡胶类加工企业在扩大生产的同时, 不断更新生产工艺和配方, 大大提高了子午线轮胎的高速行驶安全性、舒适性和使用寿命。由于子午线轮胎胶料的硬度很高, 一次炼制橡胶量加大, 在生产过程中对炼制橡胶的生产设备的承载能力提出了更高的要求。开炼机作为整条生产线前端设备, 其性能的好坏直接关系到生产的连续性。而对设备承载能力起决定因素的就是设备的安全装置, 它能保证整个设备在过载的情况下不会受到损坏^[1]。

1 开炼机液压调距系统

开炼机液压调距系统与其他液压伺服控制系统相同, 都是一种以液压动力机械作为执行机构并具有反馈控制的控制系统。它不仅能自动准确、快速地复现输入量的变化规律, 并且还能对输入的数字信号实现变换的作用^[2]。该控制系统与传统开炼机调距系统相比

具有如下特点:

(1) 动态性能好、稳态精度高

调距最大行程 L 为 100 mm。位置调节时域动态指标: 上升时间 $t_r < 0.021$ s, 超调量 $\sigma_p < 6\%$, 调整时间 $t_s < 0.11$ s。位置调节频率动态指标: 幅值裕量 $K_s > 6.9$ dB 相位裕量 $r = 40^\circ \sim 70^\circ$ 。性能指标: 位置控制精度 $e < \pm 0.016$ mm。

(2) 高压大功率、高可靠性。

(3) 理论解析与特性补偿。液压控制的理论解析近期的研究倾向是利用微型计算机对复杂系统(如多变量液压系统)和复杂因素(非线性及时变等)进行仿真分析的研究。

2 开炼机液压调距控制系统的组成。

开炼机液压调距控制系统采用 SHT 公司生产伺服油缸, 型号: FB335X200X101ST。选用 M00G 公司生产的 G761-3004 型伺服阀。阻尼比 $\zeta_h = 0.7$, 固有频率 $\omega_h = 721$ rad/s。位移传感器选择 MTS 公司生产的磁致

技术与方法 Technique and Method

可伸缩位移传感器,型号为:GHM-0100M-D60-1-A1。AI808型人工智能调节器,研华的Adam5000-TCPI/O系统,Adam-4055带有8路隔离数字量输入和8路隔离数字量输出,Adam-401716位、8通道的模拟量输入模块,以及PWS-6800型工控机。

本文主要介绍开炼机液压调距控制系统,系统简图如图1所示。首先让工控机通过Adam-5000TCP与Adam-4017访问位移传感器。位移传感器会显示当前油缸内的液位。根据获知的液位与AI808显示的数值计算出调节阀的进给量。从而完成整个控制过程。

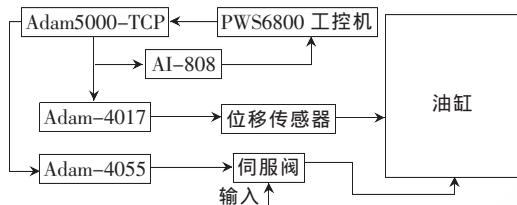


图1 开炼机液压调距控制系统简图

3 智能调节器与研华系列模块

智能调节器AI808的功能除了涵盖传统过程控制系统的串级控制、前馈控制、比值控制、均匀控制等功能外,已经普遍应用了模糊控制、专家控制和神经网络控制等新理论与新技术^[3]。

智能调节器具有“遥控”功能,可由PLC的模拟量输出单元输出4~20 mA(或0~20 mA,或DC1~5 V,或DC 0~10 V,或DC 0~5 V)的电压或电流信号,实现各种过程的闭环控制系统。在初次使用AI808时,可启动AT功能来协助确定M5、P、I等控制参数^[4]。

研华系列模块包括Adam-5000TCP,Adam-4017,Adam-4055。其中Adam-5000TCP使用ARM 32 bit RISC CPU10/100Base-T自动侦测高速通信端口,支持Modbus/TCP通信协议,Adam-4017具有通道:6路、差分、两路、单端;输入类型:mV、V、mA,采样速率:10采样点/s。Adam-4055具有I/O类型:8 DO/DI,输入电压:DC 10~50 V,集电极开路DC 40 V,过压保护:DC 70 V,DC 2 500 V光学隔离。

4 液压调距控制系统

该系统由定量泵和蓄能器共同供油,并设置了手动控制泵作为系统的辅助供油装置,以便在紧急状况下能够保证辊距的顺利打开;系统中在每个调距缸附近设置电磁溢流阀来保护开炼机轴筒和机架;采用比例阀控制辊距的调整速度和精度,同时保持辊距^[5]。根据辊距对速度和精度的调整,采用电磁比例阀可以很好地解决这些问题,同时还可以实现对辊距调整的自动化控制,提高辊距调整效率,改善系统性能^[6]。

5 系统程序

系统程序应当基于设计系统的模型建立,该系统的

数学模型如图2所示。



图2 控制系统理想模型

(1) 液压缸的传递函数(由液压缸的参数计算得)

$$G_h(s) = \frac{13.6}{1.34 \times 10^{-6} s^3 + 4.63 \times 10^{-4} s^2 + s} \quad (1)$$

(2) 伺服阀门的传递函数:

$$G_v(s) = \frac{2.26 \times 10^{-2}}{\frac{s^2}{700^2} + \frac{1.3}{700} s + 1} \quad (2)$$

(3) 位移传感器增益:

$$K_f = 161 \text{ mA/m} \quad (3)$$

(4) 控制器的传递函数(由行程位置的最大允许误差可得):

$$K_a \geq 0.48 \quad (4)$$

从上述参数中可以看出整个控制系统是稳定的,其幅值稳态裕量 $K_g = 27.4 \text{ dB}$,相位稳态裕量 $r = 86.5^\circ$ 。由闭环系统的阶跃响应如图3所示。可得到该系统响应无超调,上升时间 $t_r = 0.0863 \text{ s} > 0.02 \text{ s}$,调节时间 $t_s = 0.154 \text{ s}$,因此不能满足系统要求,必须对上述系统进行校正。其仿真的bode图如图4、图5所示。图4为相角裕度曲线,其中图5为幅值裕度曲线。

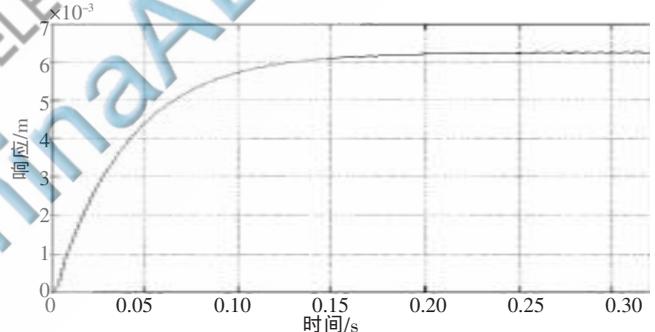


图3 响应曲线

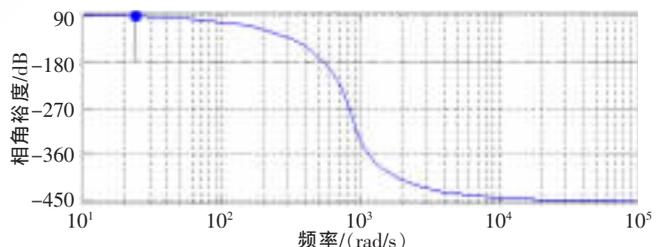


图4 bode图(相角)

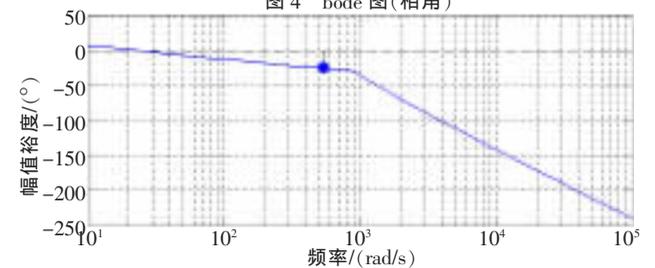


图5 bode图(幅值)

技术与方法 Technique and Method

首先对上述数学模型进行 PID 校正。根据仿真的结果选用试凑法进行 PID 校正:(1)调整比例部分。将控制器中的积分系数和微分系数置零,使之成为纯比例控制,将系统投入运行,再由大到小调节比例度,观察系统的响应,直到出现约 4:1 的衰减过渡曲线。(2)整定积分环节。整定时,先将调整好的比例系数降低 20%,以补偿因加入积分而引起的系统稳态误差上升,然后由小到大调节积分系数,消除静差。(3)最后加入微分环节。此时可适当增加比例系数,以补偿因加入微分而引起的系统稳定性的下降。经过 PID 整定后原先的响应曲线如图 6 虚线所示。理想的 PID 参数如下所示:

$$K_p=7.5, K_i=2.3, K_d=0.0023 \quad (5)$$

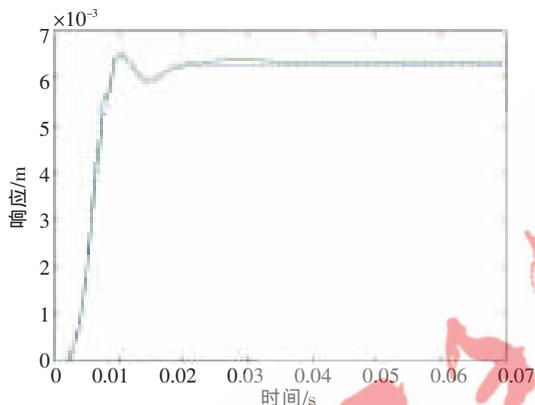


图 6 校正曲线与负载扰动的系统响应曲线

其上升时间 $t_r=0.00429\text{ s}<0.01\text{ s}$, 调节时间 $t_s=0.0163\text{ s}<0.1\text{ s}$, 超调 $\sigma_p:3.72\%<5\%$ 。从图 6 的系统响应曲线可以看出校正后的控制系统是稳定的,幅值稳态裕量 $K_s=7.27\text{ dB}$,相位稳态裕量 $r=65.4^\circ$ 。从表 1 的数据中可以看出,经 PID 校正后的系统特性完全达到设计要求。理想 PID 参数经过试凑后,应针对该 PID 参数书写控制器算法,并写到工控机中。按照研华模块提供的协议往 485 串口上传 ASCII 字符串。字符串的内容取决于工控机中计算的结果。现对上述系统加入负载扰动。加入负载扰动的响应曲线如图 6 的实线所示。从图 6 中可以看出加入负载扰动后,系统依旧可以达到本文提出的控制要求。

表 1 液压调距装置辊距调整实验数据

目标值/mm	测量值/mm	偏差/%	响应时间/s
2	2.10	4.6	0.024
3	2.97	1.4	0.023
5	4.90	1.9	0.032
7	6.95	0.7	0.031
2	1.88	5.6	0.023
6	5.94	1.2	0.032
8	8.10	1.3	0.032

开炼机是生产子午线橡胶轮胎的重要设备,其调距性能的好坏直接影响到轮胎的质量。液压调距具有以下优点:调距精度高、安全保护好及生产连续性好,是传统的调距方法不能相比的。本文设计了、并对其控制方法做了重点研究。通过仿真研究该系统的特性,建立了液压驱动调距控制系统的数学模型。设计了常规 PID 控制器,并进行了仿真,基本满足设计要求。

参考文献

- [1] 宋志安. 基于 MATLAB 的液压伺服控制系统分析与设计[M]. 北京:国防工业出版社,2007.
- [2] 于江华,苏东海. 电液伺服系统的理论与实践[J]. 机械, 2007(34):17-18.
- [3] VISIOLI A. A new design for a PID plus feedforward controller[J]. Journal of ProcessControl,2004(14):457-458.
- [4] 许贤良. 控制工程基础[M]. 北京:国防工业出版社,2008.
- [5] 梁莉,葛斌. 基于 AI 调节器的过程计算机控制系统[J]. 微计算机信息,2006,22(6-2):293-294.
- [6] 唐国俊,李健镇. 橡胶机械设计[M]. 北京:化学工业出版社,1995.

(收稿日期:2013-09-27)

作者简介:

陈卓,男,1988 年生,硕士研究生,主要研究方向:控制工程与科学。

燕林滋,男,1988 年生,助教,主要研究方向:高电压、机电一体化。

张步幸,男,1988 年生,硕士研究生,主要研究方向:控制工程与科学。