

文章编号:1671-6833(2010)04-0061-04

高精度智能控制配料系统的设计与实现

冯冬青, 李 盛

(郑州大学 电气工程学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 建筑行业的原材料配料过程常处于有强干扰的恶劣环境, 具有时变性, 且不允许超调, 为了实现快速、高精度和零超调的配料过程控制, 笔者对于干扰源进行分析, 提出了一种分离抗干扰技术, 并应用于基于模糊控制的配料系统. 系统以 ADUC836 单片机为控制核心, 依据对干扰源的分析, 从硬件结构上将干扰源逐个分离, 配合有针对性的逐级组合抗干扰应用电路, 将干扰信号分离滤除, 在滤除大幅度干扰的基础上采用一种改进模糊 PID 控制算法, 提升系统的适应性. Matlab 仿真结果表明系统响应速度快, 超调小, 有较好的适应性. 整体系统实际应用表明, 硬件抗干扰电路滤波效果好, 采样计算准确, 系统基本无超调, 配料精度高, 运行稳定.

关键词: 配料系统; ADUC836 单片机; 模糊 PID; 抗干扰电路

中图分类号: TP273

文献标识码: A

0 引言

配料工序是众多工业生产中的一个重要环节, 其作用是将多种不同的生产原料按照生产要求的比例进行混和, 配料工序的生产质量对产品的下游生产起着重要的作用. 随着各行各业自动化程度的不断提高, 自动配料系统以配料速度快, 安全性高逐渐取代人工配料, 成为主流的配料方式. 建筑行业配料过程要求配料精度高, 且不能有超调. 影响配料系统配料精确度的因素主要有两个: 一是对计量斗中物料的质量准确测量; 二是配料过程所采用的控制算法. 在现阶段国内对配料系统的研究中, 主要是改进配料系统的控制算法, 如利用神经网络自学习能力去提高控制精度^[1]. 而计量斗中物料质量数据的采集, 是整个配料过程的第一步, 只有向控制器提供准确的物料质量信息, 才可以保证后续配料过程中所使用数据的真实性, 大多数研究都忽略了使用智能控制算法时应当考虑物料质量的采集精度及输入信号的稳定程度, 这可能会导致智能化算法在实际应用中无法取得较好的效果. 笔者结合工业现场情况, 提出了基于模糊控制的分离抗干扰技术, 兼顾系统输入的准确性与模糊控制算法的稳定应用, 以求达到期望的控制效果.

1 工艺过程及对象分析

图 1 为系统工艺结构图.

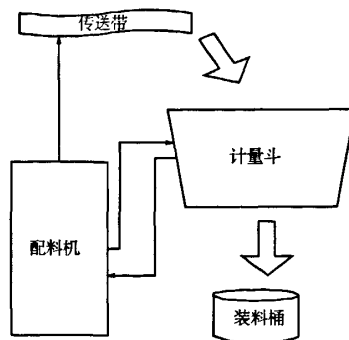


图 1 系统工艺结构图

Fig. 1 Process of system

如图 1 所示, 进料传送带的电机在配料机的控制下, 以一定速率向固定方向移动, 即物料以一定的速率落入计量斗. 在计量斗中, 装有称重传感器, 将质量信息转换成模拟量 0~5 V 电信号, 并将此模拟量传入配料机中. 配料机显示并处理该模拟量, 根据处理值与设定值的比较, 当能保证计量斗中的物料可以达到设定值时关闭进料传送带电机, 打开计量斗下的阀门, 使配比好的物料落入装料桶中, 完成一次配料过程. 由工艺过程分析可

收稿日期: 2010-03-21; 修订日期: 2010-05-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60774059)

作者简介: 冯冬青(1958-), 男, 广东省佛山人, 郑州大学教授, 博士, 主要研究方向为智能控制理论与应用.

知,由于是有落差作业,且所运输的物料材质不定,系统中存在惯性环节及滞后环节,且具有时变性.同时,系统多是在露天环境工作,容易受到现场环境的干扰.

2 硬件设计

2.1 分离设计方案

图2为硬件结构图.如图2所示,鉴于系统工作的功能性和稳定性要求,硬件设计分为输入和显示控制两部分.输入部分包括电源输入和传感器模拟量输入,显示控制部分包括单片机控制单元、触摸屏输入、按键输入和320×240LCD触摸屏菜单显示.

由于系统需要在有干扰情况下实现数据采集、数据保存、数据处理的功能,因此系统要求所用单片机应该具有工作稳定、集成高品质AD采集设备、有大容量的程序存储器、数据存储器及一定容量EEPROM的特点.根据要求,单片机采用ADI公司的ADUC836BSZ,此款单片机以8051为内核,集成高品质16位ADC、62K Flash程序存储器、4K Bits EEPROM、2K Bytes RAM、片内16M Bytes XRAM,完全符合系统设计要求.

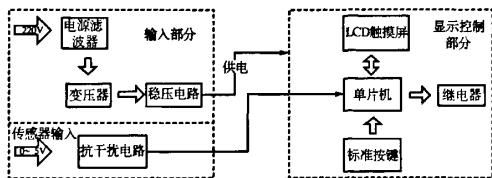


图2 硬件结构图

Fig.2 Structure of hardware design

2.2 电源部分干扰滤除方法

电网上存在的尖峰电压冲击,有可能使系统在工作过程中重启,导致配料过程失败,电源是串模干扰的来源,如果不能有效地屏蔽串模干扰,则会对称重信号采集造成影响;所以要使用二极滤波电路,首先要讲尖峰电压滤除,再将串模干扰削弱;如图3所示,让220V民用电首先经过压敏电阻R1,压敏电阻在其两端是电压值升高至一定阈值时电阻值随着电压值继续升高而降低,这样当尖峰电压冲击系统时可产生短路使其回流,有效滤除电网上的尖峰电压;然后使用电源滤波器和压敏电容来消除同相干扰和削弱串模干扰,图中虚线框部分为电源滤波器的内部构造.220V民用电经过尖峰滤除电路后,可由变压器变压,再经过整流、稳压电路,为显示和控制部分供电.

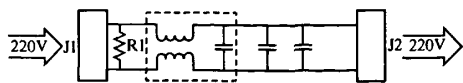


图3 电源滤波图

Fig.3 Filter for power supply

2.3 采集部分干扰滤除方法

称重传感器将物料称重,并将重量信息转换为两路大小相同、符号相反的0~5V电压信号,由ADUC836的高位AD转换器采样后进行计算.如图2所示,在信号传输电路中,若想提高信噪比,必须加入噪声抑制电路.经分析和经验,干扰信号主要来自变频器等设备的高频信号干扰和民用电的工频信号干扰及其他的同相干扰.为此,要将这些干扰分别去除,这里采用二极滤波电路,将干扰分别滤除.首先将两路大小相同,符号相反的电压信号分别通过RC低通滤波器,将高频干扰信号滤除;由于工频信号是大小相等的共模信号,因此在二级滤波电路选用差动放大器,可以有效地消除共模信号,此运放电路具有高共模抑制比,高输入阻抗的特点;运放选用时,应该选择多个运放封装在一起的芯片,这样可以利用热耦合特性来消除漂移^[2];链接运放正向输入端需添加两个钳位二极管,这是由于在工作过程中,传感器会产生不可避免的低频高幅电压,当运放的同向输入端有大于5V的电压信号时,钳位二极管导通,滤除大于5V的电压信号.

经过图3、图4所示电路的滤波作用,ADUC836单片机的AD功能可以得到充分发挥,ADC分辨率达到15位时,不会因噪声信号干扰出现抖动现象,确保控制算法计算结果的可行性及系统运行稳定性.

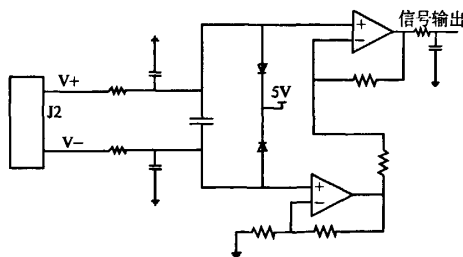


图4 噪声抑制电路

Fig.4 Filter for sampling signal

3 控制算法及软件设计

3.1 控制算法分析

常见的建筑配料系统中,因大多采用PID算

法计算预置停止值或者输出频率值,且在配料过程中,落差和所配原料的材质是可能发生变化的,这就造成在PID控制中,仅利用一组参数对系统进行控制是不够理想的,在连续动态过程中,不同的配料情况下对PID 3个参数的要求不同.在此情况下,模糊控制思想符合要求,模糊控制可以允许加入操作人员的调试经验,在系统处于不同状态时合理地调整参数值,但模糊控制不具有积分环节,稳态时有误差,针对此特性笔者采用模糊PID控制,不但可以使系统具有较快的响应速度和较好的鲁棒性,而且可以使系统实现较高的稳态精度^[3].

模糊和PID的结合大致有4种形式,即:模糊推理确定PID参数、模糊和PID串联混合控制、模糊和PID并联混合控制、模糊和PID分离控制^[5-6].由之前的算法分析可知,采用第一种形式会取得较为理想的控制效果.笔者选择参数自调整模糊PID控制器,由模糊控制器和PID控制器组成,模糊控制器根据当计量斗中物料的质量与物料目标值的偏差 e 及其变化率 ec 进行模糊推理,在线修改PID参数,如图5所示.

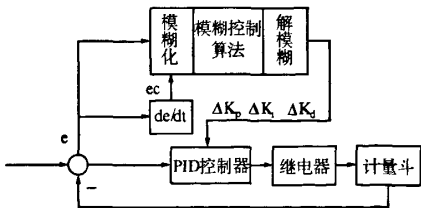


图5 模糊PID控制器架构图

Fig.5 Structure of fuzzy - PID controller

根据现场采集来的计量斗中的物料重量信息,计算出当前物料重量和设定值的偏差以及偏差的变化率,作为模糊控制器的输入量,对应预先根据经验设定好的模糊规则库,经过模糊化、模糊推理、解模糊的过程,对PID控制的 K_p 、 K_i 、 K_d 3个参数进行调节,模糊控制的输出为PID个参数的调整量,即公式(1)所示,其中 K_p^* 、 K_i^* 、 K_d^* 为PID控制器初始设定值, ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d 为模糊控制器的输出量, r 为工程调整参数.

$$\begin{cases} K_p = K_p^* + r\Delta K_p \\ K_i = K_i^* + r\Delta K_i \\ K_d = K_d^* + r\Delta K_d \end{cases} \quad (1)$$

将调节后的参数送到PID控制器中,由PID控制器计算输出结果,对控制对象进行控制.

3.2 模糊控制器设计

K_p 、 K_i 、 K_d 的取值范围即 $[K_{pmax}, K_{pmin}]$ 、 $[K_{imax}, K_{imin}]$ 、 $[K_{dmax}, K_{dmin}]$ 可由式(2)来确定

$$\begin{cases} K_{pmax} = 0.6k_u \\ K_{pmin} = 0.32k_u \\ K_{dmax} = 0.15K_u T_u \\ K_{dmin} = 0.08K_u T_u \end{cases}, K_i = K_p / (aT_p) \quad (2)$$

公式(2)中 K_u 和 T_u 分别为比例控制下出现临界振荡时的 K_u 值和振荡周期^[4],在使用公式的同时,应当综合考虑现场的控制经验,适当调整,得出合适的参数变化范围.

根据系统特征和PID控制规律,归纳出在不同的偏差 e 和偏差变化率 ec 输入时,控制器对 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d 3个参数的不同要求,当偏差比较大、偏差变化率较小时,应该增大比例环节系数,同时应该注意设置积分环节为零,避免出现超调;当偏差变化适中的时候,结合偏差变化率的情况,适当调节微分和积分环节;当偏差接近零时,应加大积分环节,抑制稳态误差,得出控制规则:

If (e is Z) and (ec is Z) THEN (ΔK_p is Z) and (ΔK_i is Z) and (ΔK_d is Z)

If (e is Z) and (ec is NL) THEN (ΔK_p is Z) and (ΔK_i is NM) and (ΔK_d is NS)

.....

If (e is PS) and (ec is NL) THEN (ΔK_p is PS) and (ΔK_i is Z) and (ΔK_d is PS)

输出时采用最大隶属度法解模糊,由相应的输入组合分别得出相应的输出,即 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d ,与原来的参数 K_p^* 、 K_i^* 、 K_d^* 相加,得到新的PID控制器参数的数值.

3.3 算法的程序实现

程序设计采用C51语言实现,首先将计量斗中的物料值与设定值做差计算得到误差 e ,然后通过微分处理得出偏差变化率 ec ,经程序模糊化判断后查询模糊表,得出模糊论域的输出值,程序判断解模糊后得到PID控制器所需的参数调整值.其中模糊表采用离线整定,在线查询,大大节省了计算时间.

4 仿真效果分析

将搭建好的模糊控制器与SIMULINK中的模糊控制模块关联起来,运行系统,得出如图6的仿真效果,可以观察出,在配料设定值50 kg、无干扰

输入的情况下,系统采用模糊 PID 控制器所需的上升时间要少于系统采用 PID 控制器所需的上升时间,同时可以保证配料的精度。

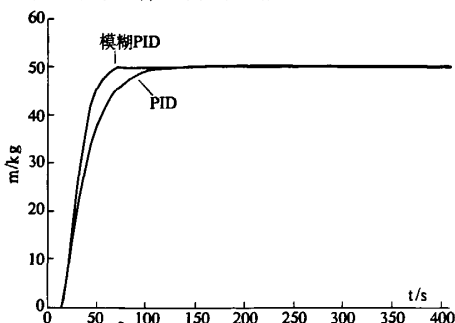


图 6 无干扰效果图

Fig. 6 Results of simulation on ideal condition

经过电源滤波电路和信号采集抗干扰电路,干扰已经大部分被滤去,但是系统在运行过程中仍然可能会受到其他干扰,为了尽可能模仿现场

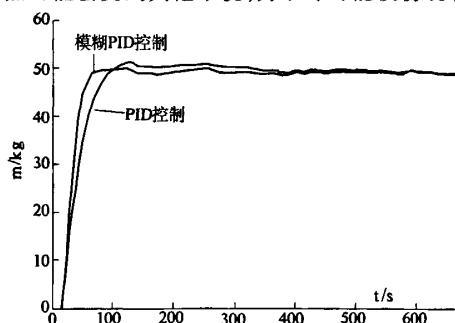


图 7 加干扰效果图

Fig. 7 Results of simulation on noisy condition

条件,向系统加入随机干扰,得出如图 7 仿真效果。可以观察出,系统采用模糊 PID 控制器时,对干扰的反应快,最大程度上保证了系统的配料精度。

5 结论

配料系统是时变的、不允许超调的控制系统,在有多种干扰的控制现场使用传统参数固定不变的 PID 控制难以得到理想控制效果。笔者设计的基于单片机的模糊 PID 控制器,从硬件电路和控制算法两个方面着手对系统进行了详细的分析,利用多极、高效的滤波电路及先进的智能控制算法,在配料速度和精度上取得了较好的组合,确保了配料系统的精确配料和稳定运行。

参考文献:

- [1] 陈益飞. 基于嵌入式 AVR 单片机的核子秤配料自动控制系统 [J]. 计量技术, 2007, (1): 35 - 38.
- [2] 冈村迪夫. OP 放大电路设计 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 26 - 27.
- [3] VISIOLI A. Tuning of PID controller with fuzzy logic [J]. IEEE Proc - Control Theory Appl, 2001, (148): 1 - 8.
- [4] 胡包钢, 应浩. 模糊 PID 控制技术研究发展回顾及其面临的若干重要问题 [J]. 自动化学报, 2001, 27 (4): 567 - 581.
- [5] 谢强军, 区志励, 蔡晋辉. 混合参数自调整模糊 PID 控制在啤酒发酵中的应用 [J]. 仪器仪表学报, 2006, 27 (6): 831 - 835.
- [6] 邵裕森, 戴先中. 过程控制工程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 238 - 254.

Design and Implementation of High-Accuracy Batching System Based on Intelligent Control

FENG Dong - qing, LI Sheng

(Electrical Engineering School, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The process of raw material batching, which is a common process in construction industry, is usually involved with kinds of interference, and this process is time - varying and no allowance of overshooting. In order to handle the characters, the source of the interference is analysed and isolated anti - interference method is used in the batching system. This system is based on ADUC836 Microcontroller and interferences are filtered by particular circuits which is used on separated parts of hardware. As this, Fuzzy - PID control is used to improve the adaption of the system. The simulation of MATLAB illustrates that the system is fast - responding, no overshooting, and these are proved in application as well.

Key words: batching system; ADUC836MCU; fuzzy PID anti - interference circuit