

专家 PID 控制在跳汰机排料系统的实现及仿真

张红娟

(唐山学院 装备制造系, 河北 唐山 063000)

摘要: 跳汰机排料系统具有非线性、大滞后且随机干扰严重的问题, 而常规 PID 调节器进行排料系统的控制又存在控制器参数的选择及调整不便的缺陷, 基于此, 采用专家 PID 控制方法对跳汰机的排料控制器进行改造, Matlab/Simulink 仿真结果表明, 专家 PID 在响应速度、超调量、稳态精度等方面均优于常规 PID。

关键词: 跳汰机排料系统; 专家 PID 控制; 常规 PID

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-349X(2014)06-0078-02

Simulation and Realization of Expert PID Control In Jigger Discharging System

ZHANG Hong-juan

(Department of Equipment Manufacture, Tangshan college, Tangshan 063020, China)

Abstract: The traditional jigger discharging system is nonlinear, subject to lengthy delays and likely to interference randomly and the choice and adjustment of controller parameters of the jigger discharging system controlled by the conventional PID regulator are not convenient. The author of this paper uses expert PID control to improve the jigger discharging system. Matlab / Simulink simulation results show that the expert PID is better than the conventional PID in response speed, overshoot, and static accuracy.

Key Words: jigger discharging system; Expert PID control; conventional PID

0 引言

在煤矿生产中, 矿井产出的原煤含有矸石等杂质, 跳汰机就是一种根据密度不同从原煤中分离出矸石, 选出精煤的机械装置, 我国目前每年用跳汰机选出的精煤是总的精煤量的 70% 左右。跳汰机工作原理是将入洗的原煤(粒度为 0~100 mm)送入跳汰机的筛板上, 筛板上的原煤经脉动水冲洗后, 一部分经筛孔落下, 一部分经排料装置排出, 排料装置采用直流电动机驱动叶轮排料, 叶轮转速可实现无级调速, 以控制排料量大小。当轮顺时针转动时, 物料被排除, 当遇到卡矸故障时, 可将轮倒转, 排除故障^[1]。

跳汰机排料是跳汰机控制的一个重要组成部分, 直接决定精煤的质量。跳汰机排料系统的控制目的是希望通过控制排料量来维持床层厚度的稳定(床层稳定是分离的保证)。目前国内较多的是使用 PID 调节器来进行排料系统的控制,

其缺点是当原煤的颗粒、给料速度、跳汰室风压、水压等因素发生变化时, 很难自适应调节参数大小。专家 PID 控制通过对系统误差和系统输出的识别, 以了解被控对象过程动态特性的变化, 在线调整输出类型, 使得过程的响应曲线为某种最佳响应曲线。它是一种基于启发式规则推理的自适应技术, 其目的就是为了应付过程中出现的不确定性。本文基于专家 PID 控制方法对跳汰机的排料控制系统进行了改造并做了 Matlab/Simulink 仿真。

1 跳汰排料自动控制系统结构设计

跳汰机自动排料装置包括检测和控制两大部分, 主要由浮标传感器、控制器、执行机构构成, 如图 1 所示。应用浮标传感器检测床层厚度, 通过控制器比较床层测量值与给定值的大小, 最终取得偏差信号。应用专家 PID 输出控制信号, 控制排料机构动作, 实现对排料量的控制, 最终使跳汰机床

收稿日期: 2014-03-27

作者简介: 张红娟(1981-), 女, 山东临沂人, 讲师, 硕士, 主要从事控制理论与控制工程研究。

层稳定在给定值附近,保证跳汰机正常工作。执行机构通过液压系统带动闸板上下运动,改变排料口大小,排料时要连续,不能出现床层塌陷、瞬时排空等破坏床层现象。该跳汰机的排料系统以 8051 单片机为核心,完成被控过程采样、显示、数据处理、根据控制算式进行控制和输出。

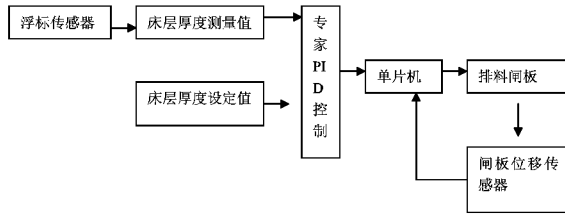


图 1 跳汰机排料系统专家 PID 控制结构图

2 控制算法

专家控制具有基于知识结构处理不确定性问题的能力。引入专家系统使系统的灵活性、可靠性、处理不确定干扰能力增强,对控制系统可进行预测、诊断错误、给出补救方案,监视执行。专家 PID 控制是利用专家经验来设计 PID 参数,针对滞后、非线性系统提出。专家整定 PID 控制器,把人的判断和推理能力参与到控制系统中,PID 参数由专家系统实现,控制信号由 PID 控制器给出,专家系统只是间接地影响控制过程。

在以单片机为控制核心的排料系统中,PID 控制器是通过 PID 控制算法程序实现的。设计数字 PID 控制器。令 $e(k)$ 表示离散化的当前采样时刻的误差值, $e(k-1)$, $e(k-2)$ 分别表示前一个和前两个采样时刻的误差值,则有: $\Delta e(k) = e(k) - e(k-1)$, $\Delta e(k-1) = e(k-1) - e(k-2)$ 。

根据误差及其变化,控制器有 5 种情况。

1. $|e(k)| > M_1$ 时,实施开环控制 $u(k) = u(k)_{\max}$ 或 $u(k) = u(k)_{\min}$, 根据情况而定。

2. 当 $e(k)\Delta e(k) > 0$ 且 $|e(k)| > M_2$ 时由控制器实施较强控制作用,其输出为

$$u(k) = u(k-1) + k_1 \{ K_p [e(k) - e(k-1)] + K_i e(k) + K_d [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \}.$$

当 $e(k)\Delta e(k) > 0$ 且 $|e(k)| < M_2$ 时由控制器实施一般控制作用,其输出为

$$u(k) = u(k-1) + K_p [e(k) - e(k-1)] + K_i e(k) + K_d [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)].$$

3. 当 $e(k)\Delta e(k) < 0$ 且 $e(k)\Delta e(k-1) > 0$ 或 $e(k) = 0$ 时,控制器输出不变。

4. 当 $e(k)\Delta e(k) < 0$ 且 $e(k)\Delta e(k-1) > 0$ 且 $|e(k)| > M_2$ 时,说明误差处于极值状态,实施较强控制作用 $u(k) = u(k-1) + k_1 K_p e(k)$

当 $e(k)\Delta e(k) < 0$, $e(k)\Delta e(k-1) < 0$ 且 $|e(k)| < M_2$ 时,实施较小控制 $u(k) = u(k-1) + k_2 K_p e(k)$ 。

5. 当 $|e(k)| < \epsilon$ 时,此时加入积分,减小稳态误差。

式中, $e(k)$:误差 e 的第 k 个极值; $u(k)$, $u(k-1)$:第 k , $k-1$ 次控制器的输出; $u(k)_{\max}$:控制器最大输出; $u(k)_{\min}$:控制器最小输出; k_1 :增益放大系数, $k_1 > 1$; k_2 :抑制系数, $0 < k_2 < 1$; M_1, M_2 :设定的误差界限, $M_1 > M_2$; $e(k)$:误差 e 的第 k 个极值; ϵ :任意小的正实数^[2]。

3 效果比较

跳汰机排料过程是典型的大滞后、非线性、随机干扰、多参数强烈耦合的复杂系统,选择被控对象为带滞后环节的三阶系统,其传递函数为: $H(s) = \frac{0.3e^{-0.2s}}{(0.3s+1)(s+1)}$,差分方程为: $y(k) = 0.004338u(k-3) + 0.003755u(k-4) + 1.621y(k-1) - 0.6483y(k-2)$ 。

对控制对象以常规 PID 控制器进行 Simulink 仿真,如图 2 所示。根据齐格勒-尼柯尔斯法设定 PID 参数^[3],当 $K_p = 5$, $K_i = 6$, $K_d = 1$ 时,系统阶跃响应曲线如图 3 虚线所示,该控制系统经过 4 s 之后稳定,并可很好跟踪输入信号。在专家 PID 调试过程中,需要经过多次试凑和大量仿真调试工作,才能确定专家 PID 算法的参数。仿真中数据如下:开环控制规则: M_1 是阈值,其分别为 0.8,0.04,0.02,0.01 时执行情况不同。

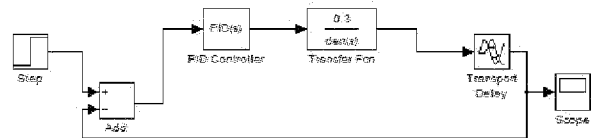


图 2 常规 PID 控制系统

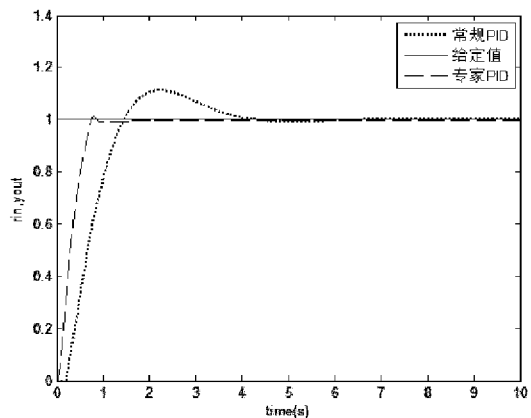


图 3 专家 PID 与常规 PID 控制效果比较

专家 PID 算法的系统阶跃响应曲线如图 3 点划线所示,专家 PID 控制响应曲线也能很好跟踪给定值,曲线平滑性好,在调节时间、超调量、稳态误差等性能指标方面都比传统 PID 控制好。专家 PID 算法系统调整时(下转第 96 页)

水的工程,应综合考虑生活热水供应的投资和能耗。

6 结论

在中央空调设计时采用全寿命周期成本分析的方法进行方案评选,目的是寻求以最少的费用获得最大的效益的设计方案,在这个过程中,要注意处理好以下关键问题。

(1)任何一个方案都不可能尽善尽美,工程中要因地制宜,既要考虑初投资、运行费等经济性能,也要考虑噪声、运行、操作、维护管理等技术性能。

(2)前期提出备选方案时,要尽可能多地穷举实际可行的创造性方案,这样才能最大限度地把握客观最优的那个方案包括进来。

(3)在中央空调系统安装好后在运行过程中,由于保养不及时、管理不到位等因素,往往使得使用寿命、计算期内的成本等与预测相差很大。这就要求使用寿命周期成本分析方法时要有较高专业素质的专业人员参与,只有这样才能尽可能将后期的这类因素考虑进来,才能尽量做到预测和实际观测的统一。

(上接第 79 页)间更快,1 s 即可稳定,传统 PID 调整时间需要 4 s;专家 PID 超调量(2%)比传统 PID 控制超调量(11%)小,专家 PID 控制器具有优越性。在稳态误差方面,专家 PID 控制的比传统 PID 控制小,如图 4 所示。

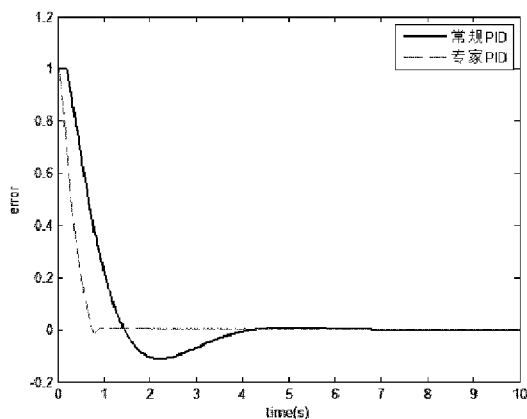


图 4 专家 PID 与常规 PID 控制误差比较

参考文献:

- [1] Barringer H Paul, David P Weber. Life cycle cost tutorial[R]. Fifth International Conference of Process Plant Reliability, Gulf Publishing Company, Houston, 1996:61-64.
- [2] 宋伟,王恩茂. 工程经济学[M]. 北京:人民交通出版社,2006:103-110.
- [3] 刘映. 暖通空调系统全寿命周期研究[D]. 重庆:重庆大学,2004.
- [4] 房华荣. 基于寿命周期成本的暖通空调方案选择的应用研究[D]. 西安:长安大学,2008.
- [5] Ryall M J. Bridge Management[M]. Oxford: Butterworth Heinemann,2002:32-36.
- [6] 刘晓君. 工程经济学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007:32-45.

(责任编辑:白丽娟)

4 结语

专家 PID 在响应速度、超调量、稳态误差等方面优于常规 PID,尤其适用于像淘汰机排料系统这样的非线性、大滞后且随机干扰严重的系统,但专家 PID 需要进行参数在线测试并进行整定。

参考文献:

- [1] 易泓可. 电气控制系统设计基础与范例[M]. 北京:机械工业出版社,2005:221-223.
- [2] 刘金琨. 先进 PID 控制 MATLAB 仿真[M]. 北京:电子工业出版社,2006:94-95.
- [3] 董景新. 控制工程基础[M]. 2 版. 北京:清华大学出版社,2008:261-265.

(责任编辑:李高峰)