

文章编号:1671-251X(2013)01-0067-04

吕亭亭,马小平,陈力. 基于遗传算法优化的跳汰机排料系统 PID 控制仿真[J]. 工矿自动化,2013,39(1):67-70.

基于遗传算法优化的跳汰机 排料系统 PID 控制仿真

吕亭亭, 马小平, 陈力

(中国矿业大学 信电学院, 江苏 徐州 221008)

摘要:针对传统 PID 控制方法应用于跳汰机排料系统时难以获得最优控制参数、控制效果差的问题,提出一种基于遗传算法的 PID 控制参数优化方法,介绍了基于遗传算法优化的 PID 控制结构、参数优化方法及步骤,并以某矿井跳汰机排料系统为例,对基于该方法的 PID 控制器的控制性能进行了仿真研究。仿真结果表明,该方法能够实现 PID 控制参数的在线优化,收敛速度快,具有较强的鲁棒性;基于该方法的 PID 控制器具有良好的动、静态性能,无超调现象,控制精度高。

关键词:跳汰机排料系统; PID 控制器; 遗传算法; 参数优化; 参数在线整定

中图分类号:TD67/922.1

文献标志码:A

网络出版时间:

网络出版地址:

Simulation of PID control of jig discharging system optimized by genetic algorithm

LÜ Ting-ting, MA Xiao-ping, CHEN Li

(School of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and
Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: In order to solve problem of difficulty to obtain optimal control parameters and poor control effect of jig discharging system by use of traditional PID control method, the paper proposed a method of using genetic algorithm to optimize PID control parameters, and introduced PID control structure based on genetic algorithm and parameter optimization method and steps. It also simulated control performance of PID controller based on the method taking jig discharging system of a coal mine as an example. The result showed that the method can online optimize PID control parameters with quick convergence rate and strong robustness, and the PID controller has good static and dynamic performance, high control precision and no overshoot.

Key words: jig discharging system; PID controller; genetic algorithm; parameter optimization; online parameter adjustment

0 引言

跳汰机是煤炭分选的主要设备之一,主要由机体、筛板、风阀、排料装置和給料装置组成。在給料的同时,上下周期交变的水流透过筛孔进入床层,物料在水流作用下按密度从低到高分层。排料即将分

选过程中高密度、高灰分的物料排出。为了减少煤的损失,稳定产品质量,跳汰机要求高密度物料具有一定厚度。对高密度物料层厚度的控制精度直接影响着跳汰机分选的精度、产品质量和经济效益^[1-4]。

PID 控制器因其结构简单、容易实现而在工业过程控制中得到广泛应用^[5-6]。但对于跳汰机排料

收稿日期:2012-09-10。

基金项目:国家自然科学基金项目(60974126)。

作者简介:吕亭亭(1987-),女,河北石家庄人,硕士研究生,研究方向为控制理论与控制工程,E-mail:lvtingting0826@163.com。

系统这种大滞后、非线性、多耦合的复杂系统,由于煤质、风、水等参数极易发生变化,很难确定 PID 控制器参数,常导致排料速度过慢或过快,降低了精煤质量或导致床层不稳定^[7]。遗传算法(Genetic Algorithm, GA)采用纯数值计算方法和随机进化策略,能够有效解决特别困难的优化问题^[8-9]。本文将 GA 引入跳汰机排料系统的 PID 控制中,降低了整个系统的设计难度,提高了系统的控制品质。

1 基于 GA 优化的 PID 控制方法

1.1 控制结构

采用 GA 优化 PID 控制参数时,不需要任何的初始知识即可找到全局最优解,其控制结构如图 1 所示。

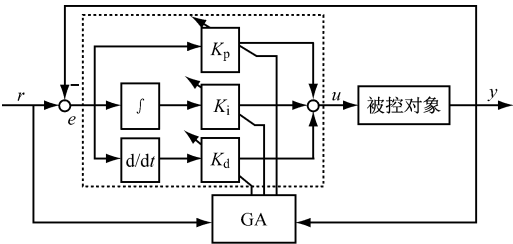


图 1 基于 GA 优化的 PID 控制结构

基于 GA 优化的 PID 控制器由两部分组成:一部分是传统的 PID 控制器,如图 1 中虚线框内所示,用于对系统的偏差信号进行比例、积分和微分计算,并对权重进行相加处理;另一部分为 GA 环节,该环节无需了解被控对象的任何信息,根据系统输出的相关信息,按照某种指标即可对所求解进行全局优化,从而实现 PID 参数的在线整定。

1.2 GA 优化方法

1.2.1 遗传算子

本文采用轮盘赌的方式实现参数优化,保证优良基因传给下一代。给定规模 $n = 30$, 群体 $P = \{a_1, a_2, \dots, a_{30}\}$, 个体 $a_j = P$ 的适配值为 $f(a_j)$, 其选择概率为

$$p_s(a_j) = \frac{f(a_j)}{\sum_{i=1}^{30} f(a_i)}, j = 1, 2, \dots, 30 \quad (1)$$

交叉操作是将原有的优良基因传给下一代个体,生成包含更为复杂基因结构的新个体。交叉操作首先将新复制产生的匹配池中的成员随机两两匹配,然后进行交叉繁殖。本文选择一点交叉方式。

变异运算用来模拟自然界中各种偶然因素所引起的基因突变,以有效避免陷入局部极小值^[8]。

1.2.2 目标函数

为了获得令人满意的动态特性,采用误差绝对值时间积分性能指标作为参数选择的最小目标函数。参数选取的最优指标为

$$J = \int_0^\infty (w_1 |e(t)| + w_2 u^2(t)) dt + w_3 t_u \quad (2)$$

式中: $e(t)$ 为系统误差; $u(t)$ 为控制器的输出; t_u 为上升时间; w_1, w_2, w_3 为权值。

为了避免超调,本文采用惩罚功能,当产生超调时,将超调量作为最优指标的一项,这时最优指标为

$$J = \int_0^\infty (w_1 |e(t)| + w_2 u^2(t) + w_4 |e(t)|) dt + w_3 t_u \quad (3)$$

式中: w_4 为权值,当强调系统动态过程的平稳性时, w_4 取值较大,且 $w_4 \gg w_3$ 。

适配值函数为

$$f = \frac{1}{J} \quad (4)$$

1.2.3 GA 终止条件

遗传操作的终止根据 2 代种群中最大适应度的相对误差而定,其评判标准为

$$E(J_i^{(k+1)}, J_i^{(k)}) = \frac{\min(J_i^{(k)}) - \min(J_i^{(k+1)})}{\min(J_i^{(k)})} < \epsilon \quad (5)$$

式中: $E(J_i^{(k+1)}, J_i^{(k)})$ 为 2 次迭代的误差; $\min(J_i^{(k)})$ 、 $\min(J_i^{(k+1)})$ 分别为第 k 次和第 $k+1$ 次迭代时染色体的最大适应度值的倒数; ϵ 为给定的评判标准。

设定最大遗传代数后,当算法进行到最大遗传代数时,即使没有找到准最优解也要终止算法。

1.3 GA 优化 PID 参数流程

利用 GA 优化 PID 参数的流程如图 2 所示。其中初始化要确定参数的大致范围,本文设 K_p 的取

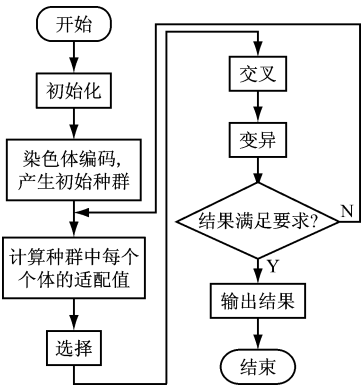


图 2 GA 优化 PID 参数流程

值范围为 $[0, 20]$, K_i 和 K_d 的取值范围为 $[0, 1]$ 。

2 仿真实验

2.1 控制参数选择

在 GA 运算过程中,合理选择控制参数是寻找最优解的关键^[11]。本文取权值 $w_1 = 0.988$ 、 $w_2 = 0.002$ 、 $w_3 = 1.5$ 、 $w_4 = 100$,群体规模 $n = 30$,交叉概率 $p_c = 0.8$,变异概率 $p_m = 0.033$ 。

2.2 仿真及分析

以某矿井跳汰机排料系统为研究对象,其传递函数为 $G(s) = \frac{5\ 235}{87.35s^2 + 10\ 470s}$ 。采用实数编码方式,经过 100 代进化后,获得优化参数: $K_p = 8.856\ 3$, $K_i = 0.428\ 2$, $K_d = 0.450\ 0$,性能指标 $J = 7.688\ 7$ 。目标函数 J 的优化过程如图 3 所示,可看出 J 为多峰值非线性函数,其值随着迭代代数的增加而减小,最后收敛于一个常数。

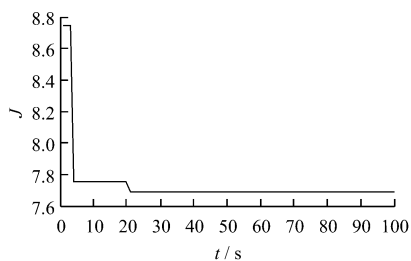


图 3 目标函数 J 的优化过程

图 4 为参数整定后的系统单位阶跃响应。可见调节时间约为 0.14 s,动态响应快,没有超调现象;由于采用了积分环节,系统静态精度高,无静差;算法的收敛速度快,具有较强的鲁棒性。

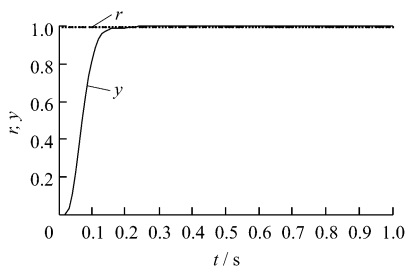


图 4 参数正定后的系统单位阶跃响应曲线

根据仿真结果可认为当跳汰机给料发生扰动时,GA 优化的 PID 控制方法可使床层稳定,保证排料系统的正常运行。

3 结语

基于 GA 优化的 PID 控制器不仅继承了经典 PID 控制器良好的实用性和较强的鲁棒性特点,还充分利用了 GA 全局寻优、内在的并行机制等特性,能够对跳汰机排料系统进行有效控制。仿真结果表明,基于 GA 的 PID 参数优化方法计算量小,参数调整快,实时性好,在一定程度上兼顾了系统的动、静态性能,克服了传统 PID 控制器参数难以确定的缺点,具有一定的工程实用价值。

参考文献:

- [1] 李明. 跳汰分选过程智能控制系统[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2003.
- [2] 刘金琨. 智能控制[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [3] 秦虎,刘志红,黄宋魏. 模糊控制在跳汰选矿中的应用[J]. 中国矿业,2010,19(11):81-84.
- [4] 胡赤兵,赵世雄. 遗传算法模糊 PID 控制在跳汰机排料系统中的应用[J]. 兰州大学学报,2006,32(1):49-52.
- [5] 韩华,罗安,杨勇. 一种基于遗传算法的非线性 PID 控制器[J]. 控制与决策,2005,20(4):448-450.
- [6] 陈星,李东海. 基于遗传算法的分布参数对象 PID 控制器设计[J]. 清华大学学报,2007,47(8):1356-1360.
- [7] 潘东明. SKT 跳汰机自适应模糊 PID 排料控制系统的设计与仿真[J]. 选煤技术,2010(4):54-57.
- [8] 刘金琨. 先进 PID 控制及其 MATLAB 仿真[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [9] 周凯汀,郑力新. 基于遗传算法的 PID 参数优化设计[J]. 华侨大学学报:自然科学版,2000,21(2):200-204.
- [10] 李敏强,寇纪淞,林丹,等. 遗传算法的基本理论与应用[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [11] 孙增圻,张再兴,邓志东. 智能控制理论与技术[M]. 北京:清华大学出版社,1997.