

基于模糊自适应整定PID控制的动态配料称重系统的设计

针对目前我国制造业上的动态配料称重控制系统,设计出一种以PLC为主控模块,集成称重传感器和相应控制装置的智能控制系统。采用模糊理论和PID控制算法对配料过程进行自动优化和控制,并通过具体仿真实验测试其工作性能。结果表明,相对于传统PID控制算法,模糊自适应整定PID控制算法获得了更优的配料称重控制效果,明显提高了配料准确度,解决了配料称重过程中速度与准确度的矛盾。

刘文秀/广东韶关学院自动化系 郭伟/广东松山职业技术学院
王志坚/广东韶关市技师学院

0 引言

配料称重系统在我国制造业有广泛应用。随着计算机和PLC的飞速发展,配料称重控制系统的控制方案也在不断地改进。在工业混凝土的搅拌过程中,对水泥、石灰、沙子和水等严格按照比例配比进行搅拌,在这种动态的称重过程中,只有实现物料称重的高准确度,才能有效地提高生产效率^[1]。

针对提高动态称重准确度的问题,本文采用基于模糊自适应整定PID控制器来提高控制系统的准确度。系统采用西门子S7-200PLC作为控制器,并采用VB编程语言实现控制算法,对执行机构进行控制,使配料称重系统按要求自动完成。实验结果表明,模糊自适应整定PID控制算法获得了更优的配料称重控制效果,明显提高了配料准确度,解决了配料称重过程中速度与准确度的矛盾,同时系统能够严格按照给定的控制曲线变化。

1 称重系统结构

配料称重系统可以实现对粉粒或液

体物料的称重,并且能够按照工业所设的配方进行混合。在实验过程中,以液体为例对称重系统进行设计。液体物料称重结构如图1所示。系统由以下几部分组成:①给料部分;②称重部分,由SM6型拉力传感器、标准连接线、接线盒和称料斗组成;③排料设备;④配料称重控制部分,由称重仪表、PLC和工控机等组成。

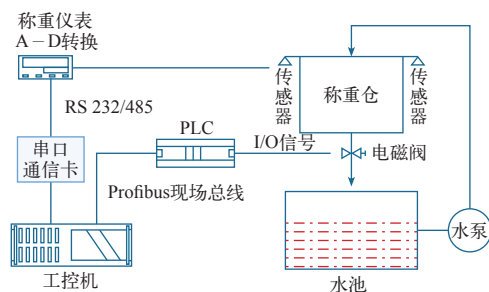


图1 系统结构

2 模糊自适应PID控制算法设计

模糊自适应PID控制是将模糊数学引入到PID控制算法中,利用一些规则、信息构建知识库,分析系统的控制输出并作出相应的响应,从而实现对PID参数的最佳调整^[2]。本文采用的模糊自适应PID控制系统结构如图2所示。在算法的具体实现过程中,首先挖掘PID参数与控制误差 e 以及控制系统的误差变化率 ec 间的内在联系,从而不断对PID参数进行在线修改和调整,逐步降低控制系统的 e 和 ec ,最终使 e 和 ec 达到实际应用的要求。离散PID控制算法为

$$u(k) = k_p e(k) + k_i T \sum_{j=0}^k e(j) + k_d \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \quad (1)$$



刘文秀/讲师

关键词/Keywords

模糊·
自适应·
配料称重·
PID控制·
PLC·

式中, k 为采样序号; T 为采样时间。

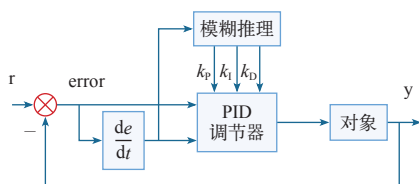


图2 模糊自适应PID控制结构

系统采用PI控制器即可达到良好的控制效果。在控制器的设计过程中, 必须考虑不同时刻两个参数的作用以及相互之间的关系。在PI算法的基础上, 通过计算当前系统的误差 e 和误差变化 ec , 利用模糊规则进行模糊推理, 并通过查询模糊矩阵表进行参数调整。针对 k_p 、 k_i 两个参数分别整定的模糊规则如表1、表2所示。

表1 k_p 整定的模糊规则

$k_p \backslash ec$	N	Z	P
$e \backslash$			
N	N	N	N
Z	N	P	P
P	P	P	P

表2 k_i 整定的模糊规则

$k_i \backslash ec$	N	Z	P
$e \backslash$			
N	Z	Z	Z
Z	P	P	P
P	Z	Z	Z

1) k_p 整定原则: 当响应在上升过程时 (e 为 P), Δk_p 取正, 即增大 k_p ; 当超调时 (e 为 N), Δk_p 取负, 即降低 k_p 。当误差在零附件时 (e 为 Z), 分三种情况: ec 为 N 时, 超调越来越大, 此时 Δk_p 取负; ec 为 Z 时, 为了降低误差, 此时 Δk_p 取正; ec 为 P 时, 正向误差越来越大, Δk_p 取正。

2) k_i 整定原则: 采用积分分离策略, 即误差在零附近时, Δk_i 取正, 否则 Δk_i 取零。

将系统误差 e 和误差变化率 ec 变化范围定义为模糊集上的论域, 即 $e, ec = \{-1, 0, 1\}$; 其模糊子集为 $e, ec = \{N, Z, P\}$; 子集中元素分别代表负, 零, 正。设 e, ec 和 k_p, k_i 均服从正态分布, 可以得出各模糊子集的隶属度, 根据各模糊子集的隶属

度赋值表和各参数模糊控制模型, 应用模糊合成推理设计 PI 参数的模糊矩阵表, 查出修正参数并代入式 (2) 计算^[3-5]

$$\begin{aligned} k_p &= k_{p0} + \Delta k_p \\ k_i &= k_{i0} + \Delta k_i \end{aligned} \quad (2)$$

3 系统仿真分析

模糊自适应整定 PID 参数是一个动态调整参数的过程^[6]。配料变化十分复杂, 变化特点可以采用二阶惯性加滞后模型进行描述^[7], 即采用如下传递函数

$$G(s) = \frac{K_0 e^{-\tau s}}{T_0 s^2 + T_1 s + 1} \quad (3)$$

为了验证模糊自适应整定 PID 控制算法的有效性, 将该算法与 PID 算法分别在此模型上进行仿真。传递函数的参数取值如下: $K_0 = 20$, $T_0 = 1.6$, $T_1 = 4.4$, $\tau = 10$, 采样时间取 1 ms, 位置信号采用单位阶跃信号。对于模糊自适应整定 PID 控制算法的实现, 首先利用 Matlab 语言建立模糊推理系统, 并将此系统调入内存中; 然后运行模糊控制程序实现系统仿真, 在建立模糊推理系统时, 根据模糊规则表1、表2分别对 e, ec, k_p 和 k_i 进行隶属函数设计; 最后根据位置指令、初始误差和经验设计 e, ec, k_p 和 k_i 的范围, 建立出系统的模糊规则。

仿真过程中得到模糊系统的结构及模糊推理系统的动态仿真环境如图3、图4所示。

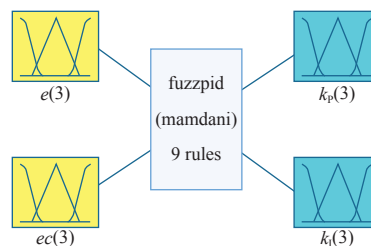


图3 系统的基本结构

模糊自适应整定 PID 控制算法与传统的 PID 算法分别在此模型上进行仿真, 得到的系统响应曲线如图5所示。从图5中可以看出, 与传统的 PID 控制器相比, 模糊自适应整定 PID 控制算法超调量减小, 配料准确度提高, 系统的响应速度加快, 控

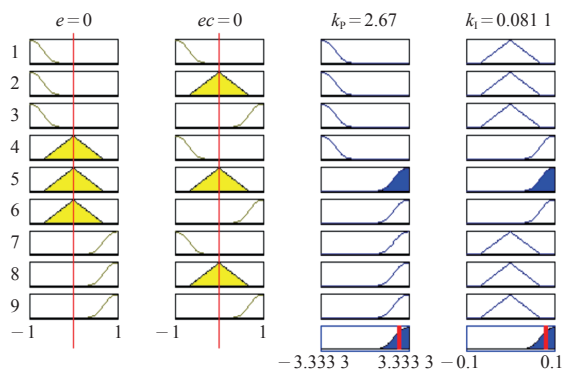


图4 仿真环境

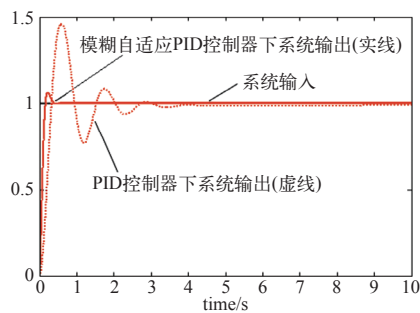


图5 模糊自适应整定PID控制算法与传统PID的系统响应曲线
制效果得到了明显的改善^[8]。

4 系统实现

系统主控制模块选用西门子S7-200系列CPU226，同时选用SM6型压力传感器，称重范围为0~100 kg，利用PT650C称重变送器将压力传感器的模拟信号转换为数字信号，并通过串口传送给工控机。采用VB编程实现与PLC的实时通信，并对执行机构水泵等进行控制，从而实现配料重量的控制。

系统硬件实物如图6所示，工控机界面如图7所示。采用模糊自适应整定PID控制器的配料称重实验数据如表3所示。

5 结束语

在动态配料称重控制系统中，因为系统明显

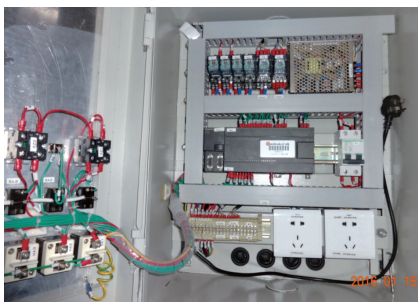


图6 系统硬件实物图

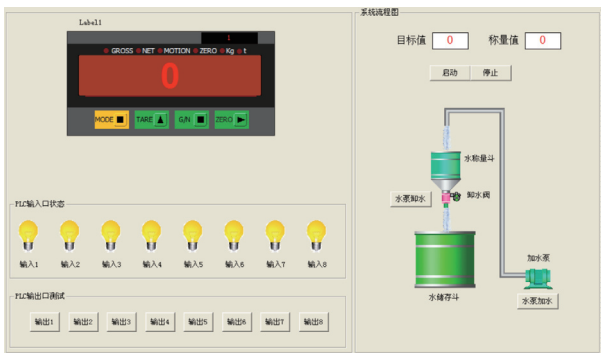


图7 工控机界面图

表3 配料实验数据

配料次数N	期望值/kg	最终实际值/kg	误差/%
1	20	19.9	0.5
2	40	39.4	1.5
3	50	49.6	0.8
4	60	59.1	1.5
5	70	69.2	1.1

的滞后特性，所以采用将传统的PID控制算法和模糊控制算法结合起来，取长补短，充分发挥两种算法的优势，在实验的过程中，这种算法得到了很好的验证。这种控制算法思想简单新颖，且系统有自学习自适应的特点。配料控制系统采用这种算法后，提高了系统响应的速度，同时动态响应的过程更加平稳，超调量明显减小，且系统的抗干扰能力明显增强，滞后特性要明显优于当前控制系统，具有广泛的应用前景。

(收稿日期：2015-08-10) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告