

文章编号: 1008-1542(2005)02-0150-03

基于模糊 PID 控制的过程控制 实验系统的研究

王 军, 韩建兵, 付占稳, 王春梅

(河北科技大学电气信息学院, 河北石家庄 050054)

摘 要: 针对温度过程控制实验系统, 引入模糊控制理论, 建立模糊 PID 控制系统。利用 MATLAB 软件的动态系统仿真工具箱 SIMULINK 进行动态的系统仿真, 将模糊 PID 控制器用于温度过程控制实验系统中。

关键词: 模糊 PID 控制; 过程控制实验; 仿真

中图分类号: TP29 文献标识码: A

Study of process control experiment based on Fuzzy PID control

WANG Jun, HAN Jian-bing, FU Zhan-wen, WANG Chun-mei

(College of Information Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050054)

Abstract: This paper introduces the Fuzzy control theory and establishes Fuzzy PID control system in the process of temperature control experiment. Through processing the dynamic system simulation by the dynamic system simulation tool SIMULINK in MATLAB, the Fuzzy PID controller is used in the process of temperature control experiment system.

Key words: Fuzzy PID control; process control experiment; simulation

过程控制实验是一个综合的设计性大实验, 它是针对自动化本科学生开设的。它有独立的控制对象和完整的数据采集系统以及多功能的执行器。在硬件上学生通过实验和动手调试, 可以对硬件的工作原理和设计思想有一定程度的了解。在软件上, 学生可以学习数据处理方法和 PID 控制的 P, I, D 参数调整方法, 充分理解 PID 控制思想。随着技术的进步与发展, 模糊控制的应用越来越广泛, 把模糊控制理论引入到过程控制综合大实验中, 使学生对模糊控制在工程中的应用有一个感性认识, 同时学会构建模糊 PID 控制器。

1 过程控制实验的系统结构

该系统的设置是以工控机为系统的核心, 在硬件上, 控制对象为 1 000 mL 电热杯, 温度采样用一个铂电阻 pt100, 使温度信号经变送器产生 0~5 V 电压信号, 经(研华 PCL-818)数据采集卡转换成数字信号送入工控机。工控机(利用自编的运算程序)根据实测信号与给定信号的差值和温差变化率发出控制信号, 经 PCL-818 的 D/A 转换, 变成 0~5 V 的模拟信号控制可控硅的触发角来改变

加热器的输出功率, 其系统结构见图 1。在软件上, 首先利用 MATLAB 做模糊 PID 控制仿真, 再将模糊控制方

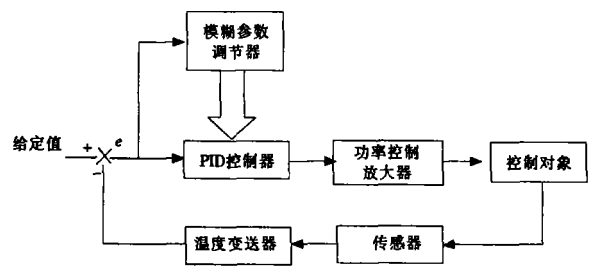


图 1 模糊 PID 过程控制系统结构图

Fig. 1 Structure of Fuzzy PID process control system

法引入 PID 过程控制实验中。

2 构建模糊控制器及仿真

2.1 构建模糊控制器

用 MATLAB 的工具箱构建模糊自整定 PID 控制系统, 模糊控制器是以温度偏差的绝对值 $|e|$ 和温度偏差变化率的绝对值 $|e_c|$ 作为输入, 修正参数 Δk_p (比例)、 Δk_i (积分)、 Δk_d (微分) 为输出, 即模糊控制器采用的是两输入 ($|e|$ 和 $|e_c|$) 三输出 (ΔR_p , Δk_i , Δk_d) 的形式。输入语言变量的语言值均取为“大”(B)、“中”(M)、“小”(S) 3 种。输出语言变量取值均为“大”(K_{p5})、“中大”(K_{p4})、“中”(K_{p3})、“中小”(K_{p2})、“小”(K_{p1}) 5 种。各模糊语言变量的隶属函数取三角形函数。温度偏差的绝对值 $|e|$ 和温度偏差变化率的绝对值 $|e_c|$ 的模糊区间划分是: e_1 为 5 °C, e_2 为 15 °C, e_3 为 25 °C; e_{c1} 为 2 °C, e_{c2} 为 4 °C, e_{c3} 为 8 °C。 k_p 的模糊区间划分为 $[0, 1]$ 。由经验和实际情况总结并制定出以下模糊控制规则:

- 1) if [e is m] and [e_c is b] then [Δk_p is k_{p2}] [Δk_i is k_{i2}] [Δk_d is k_{d2}];
- 2) if [e is m] and [e_c is m] then [Δk_p is k_{p3}] [Δk_i is k_{i3}] [Δk_d is k_{d3}];
- 3) if [e is m] and [e_c is s] then [Δk_p is k_{p4}] [Δk_i is k_{i4}] [Δk_d is k_{d4}];
- 4) if [e is s] then [Δk_p is k_{p5}] [Δk_i is k_{i5}] [Δk_d is k_{d5}];
- 5) if [e is b] then [Δk_p is k_{p1}] [Δk_i is k_{i1}] [Δk_d is k_{d1}]。

为了充分利用模糊控制量所取得的信息, 在解模糊的过程中采用了加权平均法。在此基础上, 设计的模糊自整定 PID 控制系统既能发挥模糊控制鲁棒性强、动态响应好、上升时间快、超调小的特点, 又具有 PID 控制器的动态跟踪品质和稳态精度。

2.2 MATLAB 仿真

利用 MATLAB 的动态仿真工具箱对模糊 PID 控制系统进行仿真, 系统仿真模型见图 2 (包括输入输出模块、模糊控制器模块、PID 模块、控制对象模块等组成)。根据实际对象建立 1 个一阶时滞传递函数进行仿真, 对特定传递

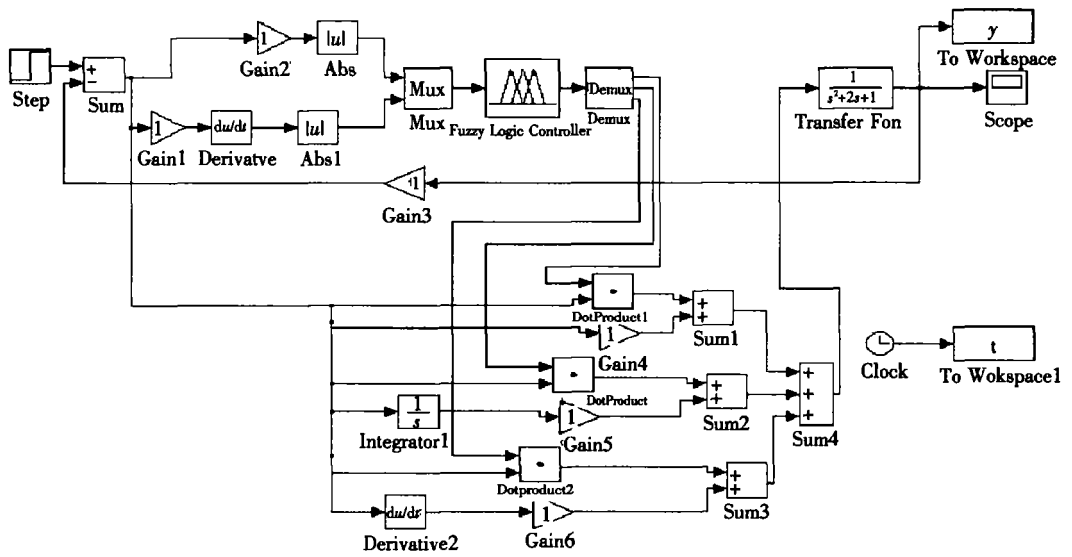


图 2 模糊 PID 控制系统仿真模型
Fig. 2 Fuzzy PID control system simulation model

函数仿真后, 通过修改控制对象参数观察模糊 PID 控制系统的控制效果。记录模糊控制器的规则表, 以备引入过程控制实验。

3 将模糊控制引入过程控制实验

3.1 模糊控制和 PID 控制的比较

过程控制综合大实验, 控制方法为 PID 控制, 通过对 PID 参数调整, 来控制电热杯中水的温度。PID 控制是工业上应用最普遍最成熟的一种控制方法, 它依赖于对被控对象的精确数学模型描述, 其控制具有结构简单、稳定性好、可靠性高等优点, 但适应性较差。PID 参数的整定是 PID 控制的关键问题。实际的工业控制过程中一些控制系统存在着时变性、非线性和模型不确定性, 此时 PID 控制系统的性能变差, 甚至不稳

定,因此一般的PID控制是无法实现对这样的过程的精确控制。

模糊控制思想是仿照人的思维方法,对一组变量进行模糊判断,通过模糊推理得到一组模糊的决策,用一种模糊语言对系统进行控制。描述单一的模糊控制系统,控制精度低,但适应性好。模糊控制方法依赖于人和专家的经验,无须建立被控对象的数学模型。它对时滞、非线性、时变的系统有良好的控制能力。

模糊控制在工业上的成功应用,推动了模糊控制方法的发展,把模糊控制和PID控制结合到一起,可以在一定程度上增加控制系统的适应性,同时又能保证控制精度。

3.2 模糊PID控制

在PID控制实验中PID参数是通过PID控制程序在工控机上进行调节的,经过现场反复调整后,才能调出符合要求的控制曲线,将仿真过程中模糊控制器引入PID过程控制实验中,首先做PID控制实验,调节P, I, D参数,作出符合控制要求(超调量 $< 15\%$,过渡过程时间 $< 3t$,偏差 $< 2\%$)的PID控制曲线。在PID控制实验中, PID参数是通过PID控制程序在工控机上修改P, I, D参数进行调节的,经过反复调整和控制失败后,才能调出符合要求的控制曲线。利用MATLAB仿真后得到的模糊控制规则表加入到

PID控制程序中,用查表方法控制P, I, D参数的变化量,如上面的 Δk_p , Δk_i , Δk_d ,模糊PID控制程序流程图见图3,或者将仿真程序代替PID控制程序,完成模糊PID控制实验,做出模糊PID控制曲线,见图4(a)。改变被控对象,如不同功率或容量的电热杯(或电热锅),再次做模糊PID控制,可以看到模糊PID控制在对象结构发生较大变化的情况下仍可得到较好的实验效果。验证了模糊PID控制的适应性。在实验室以电热锅为被控对象做温控实验,得到阶跃响应曲线见图4(b)。

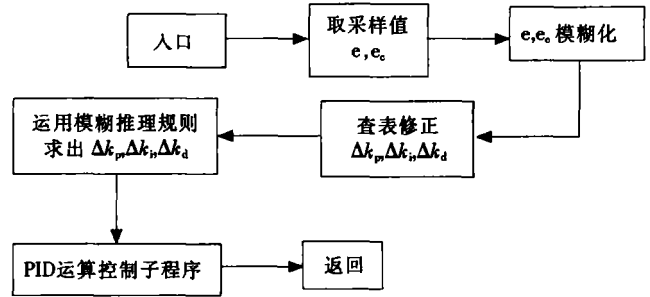


图3 模糊PID控制程序流程图

Fig. 3 Flow chart of the Fuzzy PID control

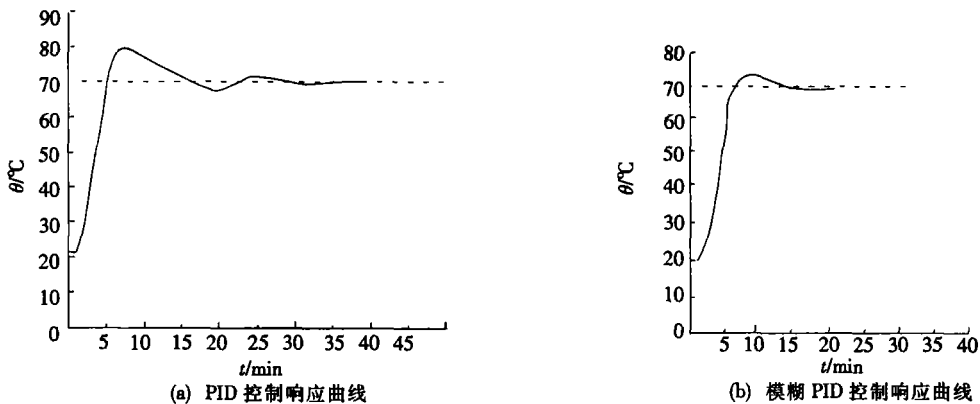


图4 实验控制响应曲线

Fig. 4 Experiment control response curve

4 结束语

基于模糊PID控制的过程控制实验系统,实现了PID控制参数的在线整定,提高了系统控制效果。模糊PID控制器是实现PID控制智能化的一种具有实际应用价值的控制方法。同时,该系统丰富了实验内容,拓宽了实验思路,加深了学生对模糊控制理论的理解与应用,对学生能力的培养具有积极的促进作用。

参考文献:

- [1] 田淑杭,姜丽鹃. 一种参数自整定模糊PID控制器的研究[J]. 电气传动自动化, 2003, (6): 28-30
- [2] 李界家,付萍,片锦香,等. 参数自调整模糊控制在炉温控制中的应用[J]. 控制工程, 2004, (1): 14-16
- [3] 李友善,李军. 模糊控制理论及其在控制理论中的应用[M]. 北京:国防工业出版社, 1993
- [4] 郝立军,赵晓东,吴涛. 递推辨识参数自整定PID控制器[J]. 河北科技大学学报, 2001, 22(3): 62-65.