

水泥养护室温度 参数自整定模糊 PID 控制算法研究

孙君曼, 郭庭海, 周琼, 牛云龙

(郑州轻工业学院 电气信息工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要:针对水泥养护室温度控制自动化程度低、温度控制很难达到国标要求的现状,提出参数自整定模糊 PID 控制算法.该算法通过实时修正 PID 参数来确保系统精度及稳定性. Matlab 仿真结果表明,参数自整定模糊 PID 控制系统比传统的 PID 控制具有更好的稳定性和鲁棒性.

关键词:模糊 PID 控制;参数自整定;温度控制;水泥养护室

中图分类号:TP29;TU521 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2014.06.021

Parameter self-tuning fuzzy PID control algorithm of concrete curing room temperature

SUN Jun-man, GUO Ting-hai, ZHOU Qiong, NIU Yun-long

(College of Electric and Information Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to solve the problems such as the low degree of automation of concrete curing room temperature control, the difficulty for the temperature control to meet the requirements of national standard, the parameter self-tuning fuzzy PID control algorithm was put forward. The algorithm through the real-time correction PID parameters to ensure the system accuracy and stability. The Matlab simulation results showed that the parameter self-tuning fuzzy PID control system has better stability and robustness than the traditional PID.

Key words: fuzzy PID control; parameter self-tuning; temperature control; concrete curing room

0 引言

随着社会的进步及建材行业的不断发展,水泥试件的养护变得越来越重要.水泥试件的养护环境对试件强度和早期性能有明显的影响,在水泥养护室各项环境指标中,对温度的监控最为重要.长期以来,水泥试件养护室的温度都是靠人工来控制,其控制精度低,养护质量不稳,而且操作麻烦、管理不便、能耗和水耗都很大,无法满足国家标准 GB/T 17671—1999 及 GB/T 50081—2002 对水泥产品和

混凝土制品等建筑材料试样养护条件的要求,即标准养护温度为 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$,相对湿度 $>95\% \text{RH}$.

近年来,随着质检部门对建材质量管理的加强和自动化技术的发展,很多水泥试件养护室温度自动控制的方法和设备应运而生^[1].但是这些方法和设备都存在或多或少的缺点,例如稳定性差、控制精度低、操作麻烦、无法实现养护室的自动化管理、人机交互不够直观等.因此,本文拟提出基于参数自整定模糊 PID 控制算法的水泥养护室温度监控系统,以提高温度控制的稳定性和鲁棒性.

收稿日期:2014-07-27

基金项目:河南省科技厅重点科技攻关项目(122102210071)

作者简介:孙君曼(1969—),女,河南省驻马店市人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为复杂对象测控.

1 系统总体设计

本系统以温度作为控制对象、空调作为执行机构,对水泥养护室温度进行监控.系统结构框图如图 1 所示.

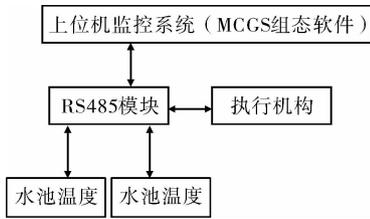


图 1 系统结构图

利用 DS18B20 温度传感器作为温度检测元件,将检测到的水池内温度数据上传到组态软件中,通过组态软件内部参数自整定模糊 PID 控制算法运算后,将计算所得的数据下传到执行模块内部,由执行机构实现对温度的控制.主程序流程图如图 2 所示.

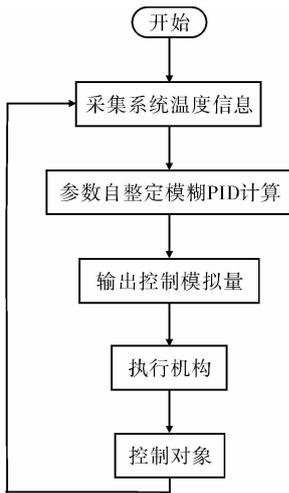


图 2 主程序流程图

该系统上位机采用的 MCGS 组态软件具有良好的人机界面及强大的数据计算功能,能够清楚地将温度传感器采集到的温度呈现在用户面前.用户还可以利用特定的算法在 MCGS 中对数据进行计算、处理,得到用户自己需要的数据.

2 参数自整定模糊 PID 控制算法设计

要针对水泥养护室温度进行控制,就要考虑温度本身所具有的参数变化缓慢、滞后现象严重等特点.本系统采用参数自整定模糊 PID 控制算法^[2],通过 Matlab 软件对其仿真研究.

2.1 PID 控制器

PID 控制是工业控制中较早发展起来的控制策略之一^[3],由于其算法简单、鲁棒性好、可靠性高,被广泛应用于工业过程控制,尤其适用于可建立精确数学模型的确定性控制系统.

PID 控制器由比例单元、积分单元和微分单元组成,将连续生产过程中产生的控制偏差由比例、积分和微分通过线性组合构成控制量,进而对被控对象进行控制.其原理如图 3 所示.

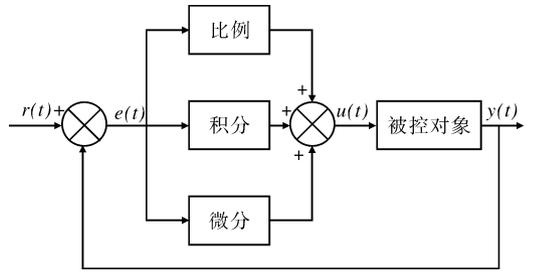


图 3 PID 控制系统原理图

设定值 $r(t)$ 与测量实际值 $y(t)$ 之间构成偏差 $e(t)$,当 $e(t) \neq 0$ 时,比例控制器就立即产生控制作用以减少偏差^[4].积分控制主要用于消除静差,其作用主要取决于积分时间.微分控制主要反映偏差信号的变化趋势,以便在偏差信号值变大以前加入一个早期修正信号,从而加快系统动作速度,减小调节时间.PID 控制器的控制规律为

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right]$$

写成传递函数形式为

$$G(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right)$$

其中, K_p 是比例系数, T_I 是积分时间常数, T_D 为微分时间常数.

2.2 参数自整定模糊 PID 控制器

PID 控制的关键^[4-6]是用模糊控制原理来确定 PID 参数,也就是通过系统偏差和偏差变化率,依据模糊规则对 PID 参数进行在线整定^[5].具体方法是:先找出 PID 各个参数与偏差和偏差变化率之间的模糊关系,在运行过程中不断计算偏差与偏差变化率,再根据模糊控制原理对各参数进行修改,以满足系统在处于不同偏差和偏差变化率时对控制参数的不同要求.实施 PID 控制后的控制对象具有良好的动态性能和静态性能,计算量小,易于用单片机实现.图 4 是模糊 PID 控制系统原理图.

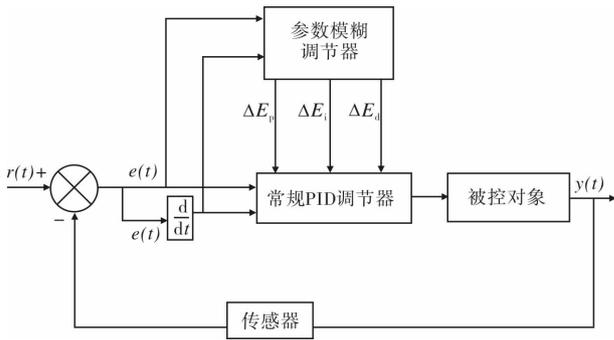


图 4 模糊 PID 控制系统原理图

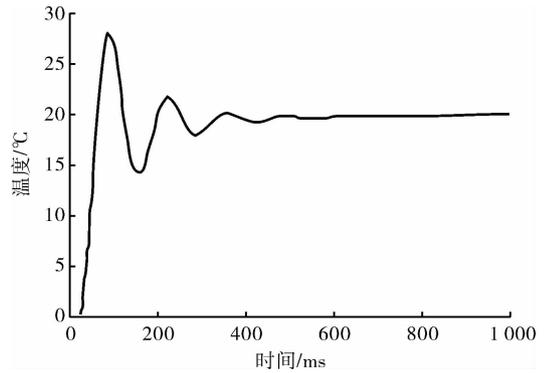


图 6 PID 控制器仿真结果

在实践应用中,模糊控制操作人员易于通过人的自然语言进行人机界面联系,这些模糊条件语句很容易加入控制环节.采用模糊控制后,过程的动态响应品质优于常规 PID 控制,且系统对过程参数的变化具有较强的适应性.

3 仿真结果与分析

在工业控制中,温度是一阶惯性滞后系统,因此其传递函数

$$G(s) = \frac{K \cdot e^{-\tau s}}{Ts + 1}$$

其中, K 为对象的静态增益, T 为对象的时间常数, τ 为对象的纯滞后时间.笔者用科恩 - 库恩算法 (Cohn-Coon) 来确定近似传递函数

$$G(s) = \frac{0.92}{144s + 1}$$

3.1 PID 控制器仿真

在 Simulink 中创建的养护室温度 PID 控制系统结构图如图 5 所示.

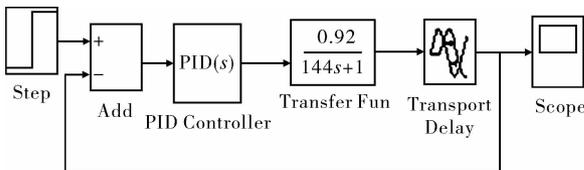


图 5 养护室温度 PID 控制系统仿真图

对 Simulink 中各模块参数进行设定,在 Transport Delay 中设定滞后时间为 40 s.在 PID Controller 中设定参数 $K_p = 3, K_i = 0.2, K_d = 0.01$,给定的温度为 20 ℃,得到的 PID 控制器仿真结果见图 6.由图 6 可以看出,调节时间为 800 ms,超调量为 40%,稳态误差为零.

3.2 参数自整定模糊 PID 控制系统仿真

首先利用 Matlab 设计名为 a. fis 的 Mamdani 型

模糊控制器,输入变量为 e 和 ec ,输出变量为 K_p 和 K_i .对参数自整定模糊 PID 控制系统进行仿真设计(见图 7),再运用模糊合成运算对 e 和 ec 进行综合考虑和分析,采用与操作来完善模糊合成方法.本文采用的模糊合成方法是中心法 Centroid.

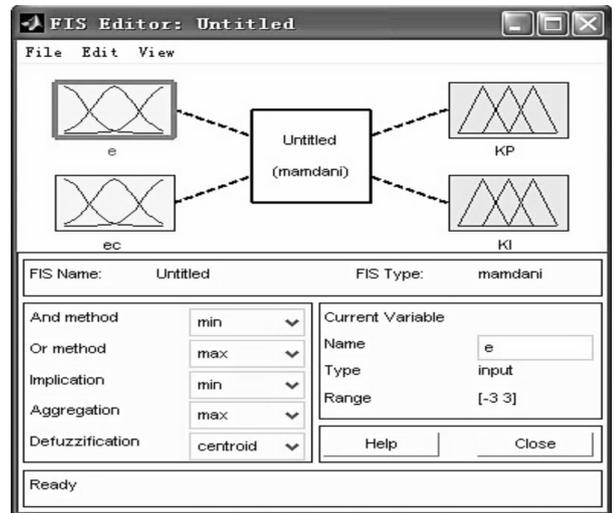


图 7 模糊控制器仿真设计图

在 Rule Editor 窗口输入模糊控制器的控制规则,其形式为 if $e \sim$ and $ec \sim$, then $K_p \sim, K_d \sim$ (\sim 代表各变量的模糊值), K_p, K_i 的模糊控制规则见表 1 和表 2.

表 1 K_p 的模糊控制规则

e	ec						
	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	Z	Z	M	B	M	S	Z
NM	Z	Z	B	B	B	S	Z
NS	Z	Z	B	B	B	Z	Z
Z	Z	Z	B	B	B	Z	Z
PS	Z	Z	B	B	B	Z	Z
PM	Z	S	B	B	B	S	Z
PB	Z	S	M	B	M	S	Z

表 2 K_1 的模糊控制规则

e	ec						
	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	M	S	M	M	M	S	M
NM	B	M	B	B	B	M	S
NS	B	M	B	B	B	M	S
Z	B	M	B	Z	B	M	S
PS	B	M	B	B	B	M	S
PM	B	M	B	B	B	M	S
PB	B	S	M	M	M	S	M

利用该模糊控制器在 Simulink 中构架参数自整定模糊 PID 控制系统仿真设计如图 8 所示,在 Simulink 中给定不同的参数值,可以得到不同的仿真曲线图^[6].将得到的仿真图进行对比分析,能够直观地看出超调量及达到温度平稳所需的时间.

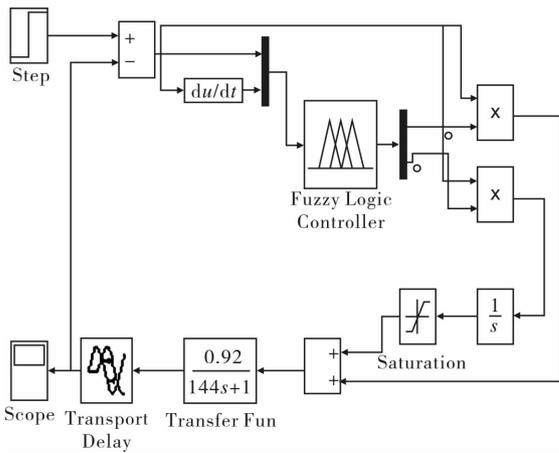


图 8 参数自整定模糊 PID 控制系统仿真设计图

给定温度为 20 °C 时,参数自整定模糊 PID 控制系统仿真曲线如图 9 所示.

通过图 6 与图 9 比较可以看出,参数自整定模糊 PID 控制在 400 ms 时达到 20 °C,而单纯的 PID 控制在 800 ms 时才达到 20 °C,并且参数自整定模糊 PID 算法没有超调量,可以迅速、稳定地达到 20 °C.

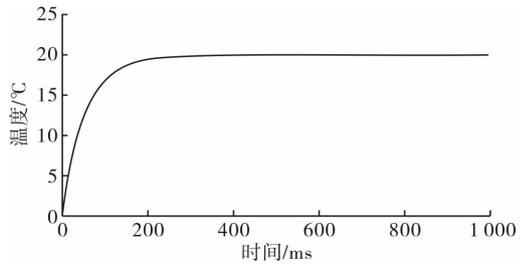


图 9 参数自整定模糊 PID 控制系统仿真曲线图

4 结语

本文针对水泥养护室温度控制自动化程度低、温度控制很难达到国标要求的现状,构建了基于参数自整定模糊 PID 算法的控制系统.理论分析和 Matlab 仿真结果表明,参数自整定模糊 PID 算法相比传统的 PID 算法,具有响应速度快、超调量小、抗干扰能力强等优点,同时还可以应用于后续的 MCGS 开发.

参考文献:

- [1] 张海艳.影响水泥强度的因素及控制措施[J].中国建材科技,2011(5):1.
- [2] 章浩伟,刘海刚,刘颖,等.模糊自适应 PID 控制在灭菌隧道烘箱温度控制系统中的应用与仿真[J].中国医学物理学志,2013(2):4027.
- [3] 王麟,张科.基于 MATLAB 的自整定模糊 PID 控制系统[J].探测与控制学报,2008(2):73.
- [4] 路康,闫文科.模糊 PID 在真空干燥箱温度控制系统中的应用[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2008,23(2):50.
- [5] 苟轩,谢华,程玉华,等.模糊 PID 算法在双闭环温控系统中的应用[J].中国测试,2011(4):76.
- [6] 蔡钟山,张认成,杨建红.沥青砂浆车液压系统的辨识与 PID 参数整定[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2011,26(5):27.