

文章编号: 1671-6612 (2021) 02-254-04

全空气系统中央空调温度控制仿真研究

田 野 张晨晨 马永志

(青岛大学机电工程学院 青岛 266022)

【摘 要】 全空气系统中央空调可完全控制建筑物的湿热环境和空气质量。它集成了冷却、加热、中央新鲜空气、PM0.3 过滤、加湿除湿、紫外线杀菌、低能耗和低噪音等功能,是真正意义上的能实现人类舒适空气环境的中央处理系统。利用 Matlab/simulink 软件对一全空气系统中央空调进行建模仿真研究,重点利用了模糊 PID 控制器对房间温度进行仿真研究,研究表明,传统的 PID 控制虽然鲁棒性较强,但是存在一定的误差。将模糊控制与 PID 控制相结合,设计自适应模糊 PID 控制器能够使全空气系统中央空调实现更小的超调,温度控制效果更好。

【关键词】 模糊 PID; simulink; 全空气空调; 仿真

中图分类号 TU831.6 文献标识码 A

Simulation Research on Temperature Control of Central Air Conditioning in All-air System

Tian Ye Zhang Chenchen Ma Yongzhi

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Qingdao University, Qingdao, 266022)

【Abstract】 The central air conditioning system of the all-air air system realizes the overall control of the building's hot and humid environment and air quality. It integrates the functions of refrigeration, heating, central fresh air, PM0.3 filtration, humidification, dehumidification, UV sterilization, low energy consumption, low noise and so on. It is a real human comfortable air environment central processing system. Matlab software is used to model and simulate an all-air air conditioning system, and the fuzzy PID controller is used to simulate the room temperature. The results show that the traditional PID control has strong robustness, but there are some errors. The adaptive fuzzy PID controller can achieve smaller overshoot by combining fuzzy control with PID control.

【Keywords】 Fuzzy PID; Simulink; All-air air conditioning; Simulation

基金项目: 山东省 2018 年重点研发计划(公益性科技攻关类)项目(2018GGX105007)

作者简介: 田 野(1995-),男,硕士研究生, E-mail: 975699949@qq.com

通信作者: 马永志(1972-),男,博士,副教授, E-mail: hiking@@126.com

收稿日期: 2020-08-10

0 引言

随着人们生活水平的提高,传统的壁挂式空调越来越不能满足人们对室内空气品质的需求,全空气空调在舒适和健康方面的优越性逐渐体现出来,受到人们的广泛青睐,在大型商场、办公楼等场所应用越来越广泛^[1]。温度调节是空调系统的重要功能之一,传统的温度控制方法和 PID 控制方法对于温度变化的调节能力不足,控制效果达不到人们的

预期,且能源消耗多^[2]。

为了提高全空气系统中央空调的温度控制效果,国内外专家学者们在这方面进行了很多研究,提出了许多改进措施。文献[3]针对空调模型的不确定性,提出了一种鲁棒 PID 控制方法。文献[4]提出了一种 PID 控制器自整定方法来对积分过程进行处理。文献[5]用模糊控制对空调机组进行了实验。这些研究虽然一定程度上提高了控制效果,

但是, 对于难以建立精确数学模型的系统不能形成有效的控制。目前国内外在全空气系统中央空调方面的研究较少, 本文在前人研究的基础上, 将模糊控制与 PID 相结合, 并且利用 Matlab 中的 Simulink 工具箱建立了全空气系统中央空调温度控制的仿真模型, 仿真结果证明了该控制策略的有效性与优越性, 为改善空调控制性能提供了一定的基础。

1 自适应模糊 PID 控制器策略

1.1 传统控制方法

传统的全空气系统中央空调温度控制原理是根据安装在房间内的温度传感器检测温度^[6], 当温度发生改变时, 温度传感器将检测量反馈给温度设定值, 然后二者进行对比, 如果产生的误差超过了设定范围, 这时对控制器就会接收对比信号, 开始调整送风量, 室内温度得以控制。这种控制方法虽然简单, 但是存在一定的问题, 比如无法实现温度的精准控制。空调房间内的人员不是固定的, 室内温度会受到人员数量的影响, 除此之外, 空调运行时也会对室内温度产生影响, 增加了温度控制难度。

1.2 PID 控制

相比于传统的温度控制方法, PID 控制能够加快系统的调节速度, 同时能够减少误差和消除静差^[7]。控制规律为^[8]:

$$u(t) = K_p[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt}]$$

式中, $u(t)$ 为控制器的输出; K_p 为比例系数; $e(t)$ 为偏差信号; T_i 为积分时间常数; T_d 为微分时间常数。

若用传递函数表示, 则为:

$$G(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s)$$

1.3 模糊 PID 控制理论

PID 控制具有结构简单、稳定性能好等优点, 在建立精确数学模型方面具有重要作用^[9]。但是全空气系统中央空调是一个复杂的系统, 具有非线性、耦合性、滞后、多变量等特性^[10], 采用传统的 PID 控制算法很难达到较好的控制效果^[11]。模糊控制作为传统控制发展的高级阶段, 能够有效解决控制对象参数在大范围变化的问题。模糊 PID 控制就是将

模糊控制思想和 PID 控制器结合起来, 兼有二者的优点^[12]。全空气系统中央空调温度控制原理如图 1 所示。

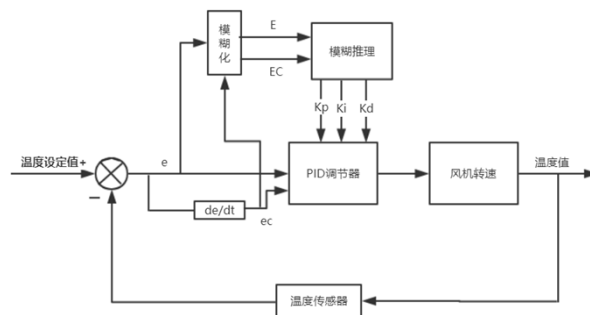


图 1 温度模糊 PID 控制原理图

Fig.1 Temperature Fuzzy PID control principle diagram

1.4 模糊控制器设计

模糊控制器 (或称模糊推理系统) 的设计是模糊 PID 控制策略的重要内容。模糊控制器的设计主要包括模糊化、建立模糊推理规则、确定权与规则信度、设定隶属函数、反模糊等环节^[13]。在本文的控制策略中, 推理方法选择 Mamdani 型推理。在温度模糊 PID 控制系统中, 选择误差 e 和误差变化率 e_c 作为输入量, 输出量为 PID 的三个参数 ΔK_p , ΔK_i , ΔK_d 。输入输出量的隶属函数都选三角隶属函数, 按照模糊 PID 控制器的整体设计方法, 得到输入输出量的具体参数如表 1 所示。

表 1 输入及输出量参数表

| Table 1 Input and output parameters | | | |
|-------------------------------------|--------------|-----------------------------------|------|
| 输入及输出量 | 基本论域 | 模糊论域 | 量化因子 |
| e | [-6,6] | {-3,-2,-1,0,1,2,3} | 0.5 |
| ec | [-10,10] | {-3,-2,-1,0,1,2,3} | 0.3 |
| ΔK_p | [-0.3,0.3] | {-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5,6} | 0.05 |
| ΔK_i | [-0.06,0.06] | {-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5,6} | 0.01 |
| ΔK_d | [-3,3] | {-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5,6} | 0.5 |

模糊控制规则的建立主要依靠专家的知识经验和 PID 控制原理。一般来说, 当偏差较大时, 选择控制量的目的是尽快消除偏差, 当偏差较小时, 保持系统的稳定更为重要。基于实际情况和专家经验, 得出的模糊规则表如表 2 所示。

表 2 模糊规则表
Table 2 Fuzzy rules

| $\Delta K_p, \Delta K_i, \Delta K_d$ | e_c | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | NB | NM | NS | ZO | PS | PM | PB |
| NB | PB,NB,PS | PB,NB,NS | PM,NM,NB | PM,NM,NB | PS,NS,NB | ZO,ZO,NM | ZO,ZO,PS |
| NM | PM,NB,PS | PB,NB,NS | PM,NM,NB | PS,NS,NM | PS,NS,NM | ZO,ZO,NS | NS,ZO,ZO |
| NS | PM,NB,ZO | PM,NM,NS | PM,NS,NM | PS,NS,NM | ZO,ZO,NS | NS,PS,NS | NS,PS,ZO |
| ZO | PM,NM,ZO | PM,NM,NS | PS,NS,NS | ZO,ZO,NS | NS,PS,NS | NM,PM,NS | NM,PM,ZO |
| PS | PS,NM,ZO | PS,NS,ZO | ZO,ZO,ZO | NS,PS,ZO | NS,PS,ZO | NM,PM,ZO | NM,PB,ZO |
| PM | PS,ZO,PB | ZO,ZO,NS | NS,PS,PS | NM,PS,PS | NM,PM,PS | NM,PB,PS | NB,PB,PB |
| PB | ZO,ZO,PB | ZO,ZO,PM | NM,PS,PM | NM,PM,PM | NM,PM,PS | NB,PB,PS | NB,PB,PB |

2 模糊 PID 仿真研究

2.1 系统数学模型及参数

全空气系统中央空调是个相对复杂的系统^[14], 要建立较为精确的数学模型比较困难。通过查阅相关的资料文献^[15], 并结合实际的工程特点, 将房间模型进行简化处理, 得到房间模型的传递函数为:

$$G_1(s) = \frac{10e^{-23}}{60s + 1}$$

空调箱末端传递函数为:

$$G_2(s) = \frac{e^{-7s}}{s + 1}$$

由此可以得到整个仿真系统的传递函数为:

$$G(s) = \frac{10}{(60s + 1)(s + 1)} e^{-30s}$$

在 Matlab 中的 simulink 工具箱中建立仿真模型, 将传统 PID 控制系统和模糊 PID 系统进行了比较^[16], 得到系统结构如下:

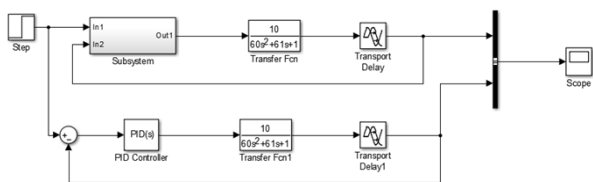


图 2 模糊 PID 与 PID 对比图

Fig.2 Comparison of fuzzy PID and PID

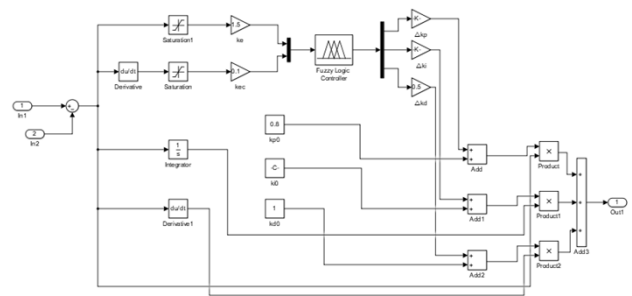


图 3 模糊 PID 控制子系统结构图

Fig.3 Structure of fuzzy PID control subsystem

系统的输入采用阶跃信号, 初始参数设置为温度 $T=25^{\circ}\text{C}$, $K_{p0}=0.8$, $K_{i0}=0.00156$, $K_{d0}=1$ 。

2.2 仿真结果分析

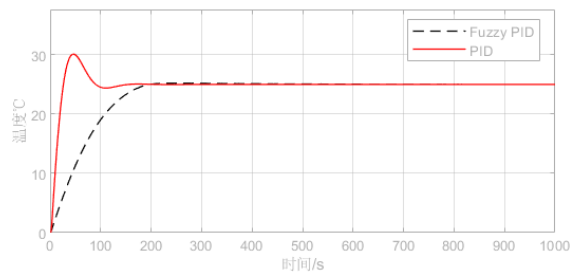


图 4 仿真结果图

Fig.4 Simulation results

仿真后的结果如图 4 所示, 从仿真结果可以看出, 在一定误差范围内, 没有外界干扰的情况下, PID 和模糊 PID 两种控制方法都可以较好的满足温度控制的要求, 不过在全空气系统中央空调温度控制方面, 模糊 PID 反应时间比传统 PID 控制更短,

可以很快的达到温度设定值, 而且系统超调也有了显著的降低, 而且模糊 PID 控制方法更加适合全空气系统中央空调这种负荷变化大的系统, 鲁棒性更好, 因此在全空气系统中央空调温度控制方面, 模糊 PID 相较于传统 PID 控制效果更加优越。

3 结论与展望

本文针对全空气系统中央空调原有的 PID 控制方式响应较慢等问题, 将模糊控制与 PID 控制相结合, 实现了全空气系统中央空调更快的动态响应。首先分别介绍了 PID 控制和模糊 PID 控制原理, 然后建立了系统的数学模型, 在 Matlab 中的 simulink 工具箱中建立了两种控制方式的模型进行对比, 仿真结果表明, PID 控制由于受到滞后影响, 超调较大, 调节时间较长, 控制效果达不到预期。模糊 PID 结合了模糊控制与 PID 控制的优点, 提高了系统的响应速度, 且超调量显著降低, 为进一步改善全空气系统中央空调的控制性能提供了一定的基础。

参考文献:

- [1] 周利黔,王路安,王梦宇.新型中央空调控制系统设计[J].自动化仪表,2020,41(1):65-68.
- [2] 王丽珍,郑晟.中央空调系统温度控制器优化设计[J].计算机仿真,2018,35(2):266-269.
- [3] M Kasahara,T Matsuba. Design and tuning of robust PID control-ler for HVAC system[J]. ASHRAE Transactions, 1999,105(2):154-166.
- [4] 赵永国. 过程辨识与 PID 自整定理论及其在暖通空调系统中的应用[D].济南:山东大学,2008.
- [5] HUANG S, NELSON R M. Rule development and adjustment strategies of a fuzzy logic controller for an HVAC system[J]. ASHRAE Transactions, 1994b,100(1): 841-856.
- [6] 单鑫.公共建筑中央空调系统控制优化及仿真研究[D].保定:华北电力大学,2014.
- [7] 张义. 变风量空调系统控制的优化[D]. 重庆: 重庆大学,2010.
- [8] 张宝峰,张耀,朱均超,等.基于模糊PID的高精度温度控制系统[J].传感技术学报,2019,32(9):1425-1429.
- [9] 曹振华. 变频空调房间温度模糊控制的仿真研究[J]. 制冷与空调,2019,(4):433-436.
- [10] 王延年,张帅.内模解耦控制在中央空调系统的应用[J].电子设计工程,2015,(12):61-63.
- [11] 于瀛,杨世忠,衡丽帆.遗传模拟退火整定PID算法的应用仿真研究[J].自动化应用,2018,(3):67-69.
- [12] 彭珊,于靖华,杨清晨,等.高大空间空气处理单元气流组织特性分析[J].制冷与空调,2020,20(3):40-44.
- [13] 戴晓嘉.模糊PID控制器的研究及其PLC实现[D].锦州:辽宁科技大学,2016.
- [14] 马季. 内冷式双冷源温湿度独立控制空调系统的优化研究[D].重庆:重庆大学,2016.
- [15] 吴虎彪. 寒冷地区学校建筑空调系统设计[J]. 制冷与空调,2020,20(4):64-67.
- [16] 岳芳.中央空调系统优化控制研究[D].唐山:华北理工大学,2019.