

基于 PLC 的中央空调模糊自适应 PID 监控系统

周靖靖,徐 健,张能伟,聂银燕
(西安工程大学 电子信息学院,陕西 西安 710048)

摘要: 针对中央空调系统存在非线性、不确定性和干扰性等问题,提出了利用 MATLAB 实现模糊自适应 PID 控制,并对系统进行了编程仿真实验。仿真结果表明,将该方法应用在中央空调系统中是可行的,但是 MATLAB 不能与现场设备进行直接数据通信。因此将 MATLAB 和 PLC 控制相结合,利用 OPC 技术实现 MATLAB 和 PLC 之间的动态数据交换,达到智能控制的目的。

关键词: 中央空调系统;模糊自适应 PID 控制;PLC;OPC;智能控制

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)17-0053-04

Research of fuzzy adaptive PID control for central air conditioning based on PLC

Zhou Jingjing, Xu Jian, Zhang Nengwei, Nie Yinyan
(College of Electronic Information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: Aiming at the problems of nonlinear, uncertainty and multi-disturbance in central air-conditioning system, the paper proposes a fuzzy adaptive PID controller and dose simulation experiment through MATLAB programming. The simulation results show that this method in the application of the central air conditioning system is feasible, but MATLAB can not communicate data directly with the field equipment. So, it combines MATLAB with PLC, and realizes dynamic data exchange between MATLAB and PLC by using OPC technology, finally achieves intelligent control.

Key words: central air-conditioning system; fuzzy adaptive PID; PLC; OPC; intelligent control

常规 PID 控制是过程控制中应用最为广泛的一种控制规律,具有原理简单、使用方便和稳定等特点。但常规 PID 在控制过程中的参数都是固定不变的,若用于调节中央空调这样具有非线性、不确定性、滞后性和干扰性等问题的系统^[1],常规 PID 控制很难达到控制精度。

因此,本文针对中央空调系统将 PID 和模糊控制相结合,提出了模糊自适应 PID 控制。模糊控制是用语言归纳操作人员的控制策略,运用语言变量和模糊集合理论形成控制算法的一种控制。模糊控制不需要建立对象的精确数学模型,只要求把现场操作人员的经验和数据总结成比较完善的语言控制规则,因此它能绕过对象的不确定性、不精确性、噪声、非线性、时变性以及时滞等影响。模糊控制系统的鲁棒性强,尤其适用于非线性、时变、滞后的系统的控制^[2]。但是传统的模糊自适应 PID 控制初始参数是人为给定的,不能从系统中自动得到^[3],因此本文的创新点在于在传统模糊自适应 PID 控制基础

之上增加辨识结构和 Bang-Bang 控制,对传统的模糊自适应 PID 控制初始值进行优化。

然而模糊自适应 PID 算法不能与现场设备进行直接连接和控制,因此,将模糊自适应 PID 控制和 PLC 进行结合,利用两者的优势进行智能控制,使系统达到较为理想的控制效果。

1 系统的控制策略

利用 MATLAB 实现模糊自适应 PID 控制,Step 7 进行 PLC 编程,组态软件 WinCC 监控,对系统实现智能控制。系统的控制策略为:PLC 采集到的实时数据通过数据交换传给 MATLAB 进行计算处理,再将运算处理的结果传给下位机 PLC,由 PLC 输出模块输出控制信号,实现过程控制,利用 WinCC 监控实现远距离自动、手动控制。充分发挥 3 种控制规律的优点,达到较为理想的控制效果。

2 中央空调的组成及原理

中央空调系统由冷冻水循环系统、冷却水循环系统

网络与通信 Network and Communication

和制冷剂回路组成,其工作原理如图 1 所示^[4]。

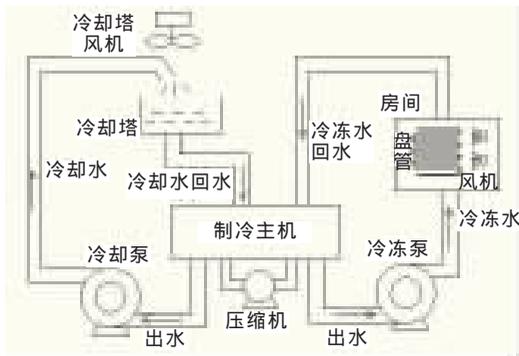


图 1 中央空调的工作原理图

(1) 冷冻水循环系统

冷冻水泵将冷冻水送到各风机风口的冷却盘管中,由风机吹送冷风,达到的冷却空气的目的。

(2) 冷却水循环系统

冷却水泵将吸收热量后的冷却水送到冷却塔上,由冷却塔风机对其进行喷淋冷却,与大气进行热交换。冷却后的冷却水被送到冷凝器去吸收制冷剂释放出的热量。

(3) 制冷剂回路

制冷剂回路是中央空调系统的核心。在蒸发器中,制冷剂和冷冻水发生热量交换,将冷冻水制冷,制冷剂吸收热量后蒸发;在冷凝器中,蒸发后的制冷剂和冷却水发生热量交换,制冷剂释放热量,被冷却循环水带走。

3 模糊自适应 PID 控制器的设计

3.1 模糊自适应 PID 控制系统的设计

本文提出的模糊自适应 PID 控制是在传统模糊自适应 PID 控制基础之上添加 Bang-Bang 控制和辨识结构。通过对中央空调系统的分析,设计的模糊控制自适应 PID 控制器的结构图如图 2 所示。

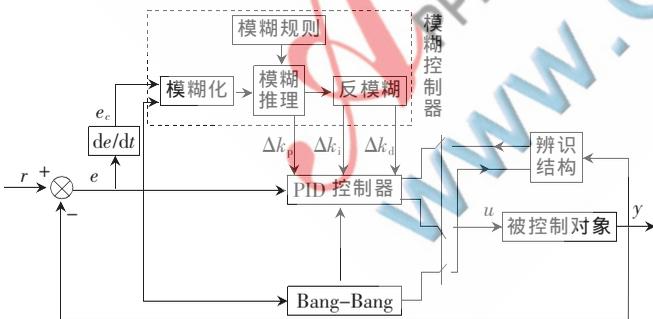


图 2 模糊自适应 PID 控制结构图

在系统控制的初始阶段, Bang-Bang 控制作为引导控制,辨识结构在该阶段得到的信息对被控对象进行辨识,在此阶段结束时,辨识出系统模型参数整定出 PID 控制参数的初始值,然后切换控制开关(开关切换的规则是:如果 $|e(t)| > \alpha \times \gamma$,则由 Bang-Bang 控制,否则由 Fuzzy PID 控制,其中 γ 为系统设定值, $\alpha (0 < \alpha < 1)$ 的选取保证 Bang-Bang 控制能为辨识结构提供足够的信息^[5-6],转

换到模糊自适应 PID 控制。以当前系统误差 $e(t)$ 和误差变化率 $e_c(t)$ 作为模糊控制器的 2 个输入,利用模糊控制器(包括模糊化、模糊规则、模糊推理和反模糊)对 PID 参数 k_p, k_d, k_i 进行在线调整,满足不同 e 和 e_c 对控制器参数的要求,从而使被控制对象具有良好的动态性能和静态性能。

模糊自适应 PID 控制的算法为:

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(t) dt + k_d \frac{de(t)}{dt} = k_p' e(t) + k_i \sum_{i=0}^t e_i(t) + k_d' e_c(t)$$

其中, $u(t)$ 为控制器的输出量; $e(t)$ 为误差; $e_c(t)$ 为误差变化率; k_p 为比例系数,其作用是减小偏差; k_i 为积分系数,其作用是消除静差,提高系统的无差度; k_d 为微分系数,其作用是加快系统的动作速度,减少调节时间。

3.2 模糊化

将输入变量数值用模糊语言变量的语言模糊化处理,以实现调节和控制作用。将语言变量 e 和 e_c 的论域为 $(-3, 3)$, 温差 e 和 e_c 定义 7 个模糊子集{负大(NB), 负中(NM), 负小(NS), 零(0), 正小(PS), 正中(PM), 正大(PB)}, 即划分 7 个等级。

设 e, e_c, k_p, k_i, k_d 均服从正态分布,因此可得出各模糊子集的隶属度,根据各模糊子集的隶属度复制表和各参数模糊控制模型,应用模糊合成推理设计 PID 参数的模糊矩阵表,查出修正参数代入下式计算。

$$\begin{cases} k_p = k_p' + \Delta k_p \\ k_i = k_i' + \Delta k_i \\ k_d = k_d' + \Delta k_d \end{cases}$$

其中 k_p, k_i, k_d 是 PID 3 个控制器参数的当前取值, k_p', k_i', k_d' 是 PID 控制器的初始值, $\Delta k_p, \Delta k_i, \Delta k_d$ 是 PID 控制器的修正值。

3.3 模糊规则的设计

模糊控制设计的核心是建立合适的控制规则表,得到 k_p, k_i, k_d 3 个参数的控制规则表,如表 1 所示。

表 1 模糊控制规则表 ($\Delta k_p / \Delta k_i / \Delta k_d$)

e_c	e						
	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	PB/NB/ PS	PB/NB/ NS	PM/NM/ NB	PS/NS/ NM	PS/NS/ NM	ZO/ZO/ NS	ZO/ZO/ ZO
NS	PM/ NB/ZO	PM/NM/ NS	PM/NS/ NM	PS/NS/ NM	ZO/ZO/ NS	NS/PS/ NS	NM/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
PM	ZO/ZO/ PB	ZO/ZO/ PM	NM/PS/ PM	NM/PM/ PM	NM/ PM/PS	NB/PB/ PS	NB/PB/ PB

网络与通信

Network and Communication

模糊控制规则表建立之后,根据模糊控制器的原理,对PID参数在线自校正。

在线运行过程中,系统通过对模糊逻辑规则的结果处理、查表和运算,完成对PID参数的在线调整,其工作流程图如图3所示。

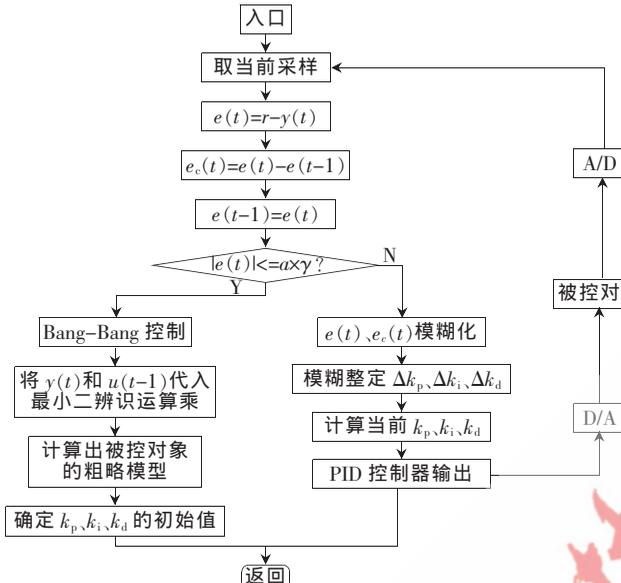


图3 在线自校正工作流程图

4 系统仿真

4.1 系统函数

在中央空调的控制过程中,通过泵和风机调节室内的温度和湿度,而对温度和湿度的控制又受到很多因素的影响,存在着非线性、不确定性、滞后性和干扰性等问题。

因此设系统的传递函数为:

$$G(s) = \frac{1600}{s^2 + 60s + 1600}$$

根据建立的数学模型,运用MATLAB中的S函数编制仿真程序。采样时间为1ms,输入信号为阶跃信号,在第500个采样时间时控制器输出1.0的干扰,运用MATLAB7.0工具对系统进行仿真。

4.2 仿真结果分析

模糊自适应PID控制仿真图如图4所示,常规PID控制仿真图如图5所示, k_p 的自适应调整如图6所示, k_i 的自适应调整如图7所示, k_d 的自适应调整如图8所示。

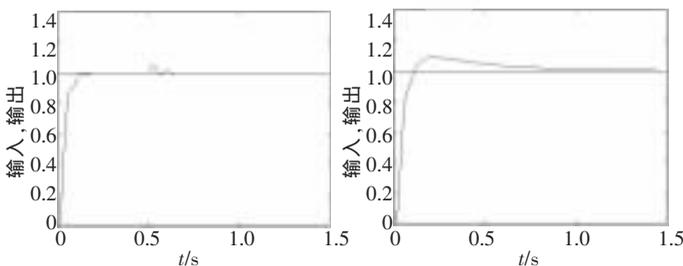


图4 模糊自适应PID控制仿真图

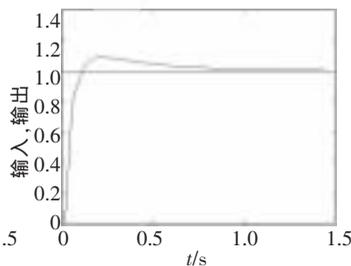


图5 常规PID控制仿真图

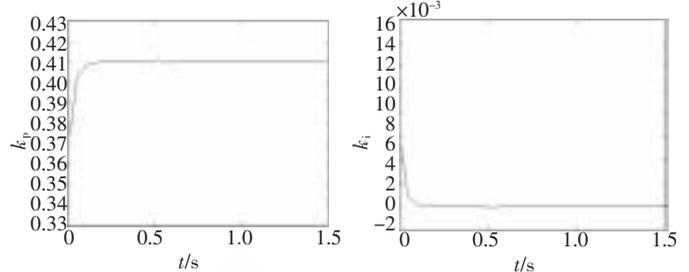


图6 k_p 的自适应调整

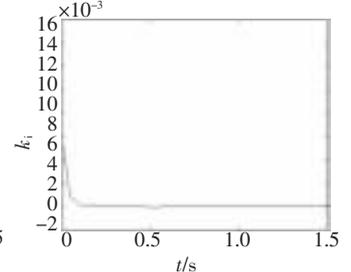


图7 k_i 的自适应调整

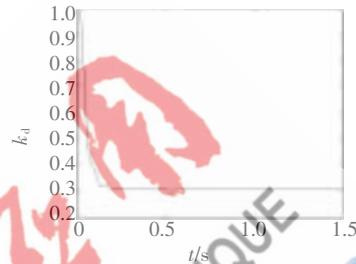


图8 k_d 的自适应调整

从图4可以看出,在第500个采样时间时控制器输出有一定的波动,但是很快地使系统恢复到稳定状态,说明模糊自适应PID控制具有较强的抗干扰能力和很强的鲁棒性,使系统的调速性能大大提高,在一定程度上克服了常规PID控制的弊端,从而提高了系统的控制效果。

从图4、图5的仿真结果可以得出,模糊自适应PID控制的优点比较明显,系统的上升时间较短,超调量较小,调整的时间相对缩短,震荡次数较少。

从图6、图7、图8完成了对PID参数在线调整,满足要求,将本方法用于中央空调这个滞后、不确定、多干扰系统的控制是可行的。

5 软件的设计

5.1 下位机的设计

下位机的程序系统包括冷/热水系统控制程序、新风机组控制程序、空调机组控制程序和风机盘管控制程序4大部分。利用Step 7 5.4进行编程,由于有很多算法在功能和结构上是非常相似的,因此编程时尽量使用结构化编程思想,把各种功能相同的程序封装成标准的功能模块(FC/FB)后共用,从而优化程序。

5.2 上位机的设计

根据系统的要求,本文选用组态软件WinCC,它支持TCP/IP协议和OPC(OLE for Process Control)标准。利用WinCC的变量管理器、图形编辑器和报警记录等各种功能组态监控系统的人机界面,界面主要包括登录界面、主控系统和水泵界面等。

从系统首页界面可以进入其他监控画面,各个界面之间也可以相互切换。从上位机的监控画面可直观观察现场设备的运行状态,直观地观看到数据的变化。

6 MATLAB和PLC之间的通信

MATLAB 7.0以上的软件含有OPC工具箱,OPC是

网络与通信 Network and Communication

一种用于过程控制的对象链接与嵌入 OLE (Object Linking and Embedding) 接口, OPC 以其独有的开放性、互联性、高效性在产业控制中占有主导地位。OPC 采用客户/服务器体系 (C/S), 在客户和服务器之间建立通信, 实现动态数据的交换。

针对中央空调系统, 选用 MATLAB 作为 OPC 的客户端, 组态软件 WinCC 作为 OPC 的服务器, 由于现场设备的分散性, 控制室和现场设备距离较远, 上位机和下位机之间选用过程现场总线 (Profibus)。MATLAB 与 PLC 的过程控制结构如图 9 所示^[7]。

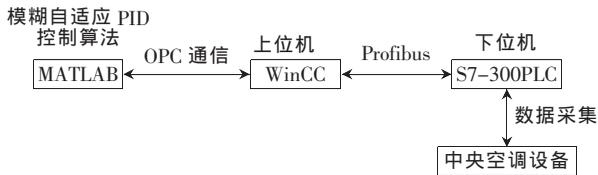


图9 MATLAB与Wincc过程控制结构图

本系统以西门子 PLC S7-300 作为下位机对现场数据进行采集, 以组态软件 WinCC 为下位机数据总控平台, 通过 OPC 接口和 Profibus 总线把现场信号和 MATLAB 方便地连接起来, 实现 PLC 采集到的实时数据通过数据交换传给 MATLAB 进行计算处理, 再将运算处理的结果传给下位机 PLC, 由 PLC 输出模块控制信号, 实现过程控制, 利用 WinCC 监控实现远距离自动和手动控制。

针对中央空调系统存在非线性、不确定性和干扰性等问题, 本文提出了模糊自适应 PID 控制, 克服了常规 PID 的缺点, 并通过 MATLAB 进行了仿真。仿真结果表明, 模糊自适应 PID 控制具有响应速度快、超调量比较小、抗干扰能力较强和鲁棒性较好的优点, 将该方法用于中央空调系统是可行的。但是 MATLAB 不能与现场

设备直接连接, 因此将 MATLAB 和 PLC 控制相结合, 利用 OPC 技术实现 MATLAB 和 PLC 之间的动态数据交换, 达到智能控制的目的。其为实践奠定了坚实的基础, 对中央空调的舒适和节能运行具有指导意义。

参考文献

- [1] 李宗强, 张九根. 基于模糊 PID 控制的中央空调冷温水系统的研究[J]. 楼宇自动化, 2011, 2(2): 1-3.
- [2] 李均. 模糊自适应 PID 控制器在水轮机调节系统中的应用[J]. 中国水能及电气化, 2011, 75(4): 53-57.
- [3] 郑卓. 自适应模糊控制和 PLC 在中央控制系统中的应用[J]. 自然科学, 2011, 25(1): 74-77.
- [4] 陈剑萍, 王坚敏, 钟晓波, 等. 变频节能技术在中央空调中的应用[J]. 轻工机械, 2009, 27(2): 101-103.
- [5] 陶永华. 新型 PID 控制及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [6] 李丙才, 魏泰, 胡静萍, 等. 模糊自适应 PID 控制在阳极焙烧中的应用[J]. 科学技术与工程, 2011, 11(5): 1062-1065.
- [7] 王树东, 毕作文, 王红波, 等. OPC 技术下 PLC 与 MATLAB 相结合的实时模糊控制系统[J]. 计算机技术及应用, 2011, 33(5): 12-4.

(收稿日期: 2012-03-06)

作者简介:

徐健, 男, 1963 年生, 副教授, 主要研究方向: 电子信息及控制系统。

周靖靖, 女, 1984 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 检测技术与现场总线方向。

张能伟, 男, 1988 年生, 本科, 主要研究方向: 电力电子技术及应用。