基于模糊评判与状态预测的精密空调控制软件开发

刘启芬[1], 黄 虎[2], 雷学东[3]

(1. 南京师范大学 数学与计算机科学学院, 江苏 南京 210097; 2. 南京师范大学 动力工程学院, 江苏 南京 210042;
3. 南京工程学院 自动化系, 江苏 南京 210013)

[摘要] 在精密空调控制中, 由于环境温度、相对湿度等因素的相关影响, 基于模糊控制 PID、神经网络 PID 算法实现的控制系统在环境调节过程中, 可能使执行机构陷入往复操作的震荡局面, 从而浪费能源; 另一方面, 上述算法存在实现复杂、系统资源需求大、控制系统成本高的缺点. 结合精密空调控制系统的特点, 提出了基于模糊评判与状态预测的控制模型, 该模型基于模糊控制的基本原理和控制要求设计一模糊控制规则表, 将精密空调对环境的调节看成执行机构从初态到终态一系列的状态变化过程, 根据检测机制当前检测到的温湿度, 利用规则表和模糊评判函数决定对执行机构的控制操作. 该模型在单片机上得到了实现. 实验表明: 基于模糊评判与状态预测的控制模型有效克服了模糊控制 PID、神经网络 PID 模型的不足, 开发的控制系统成本低, 节能效果良好.

[关键词] 模糊评判, 模糊控制, 状态预测

[中图分类号] TU831.3 [文献标识码] A [文章编号] 1672-1292(2006)01-0009-03

The Development of High Precision Environmental Air Conditioner Control Software Based on Fuzzy Judgment and State Predictive Analysis

LIU Qifen[1], HUANG Hu[2], LEI Xuedong[3]

(1. School of Mathematics and Computer Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China;
2. School of Power Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China;
3. Department of Automation, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 210013, China)

Abstract: The fuzzy control PID algorithm and neural network algorithm are used to control air conditioners. Because of the relative influences resulting from many environmental factors such as temperature, humidity etc. in the controlling process, the executing agency may get into the trap of repeating operations, which will result in a great deal loss of energy. On the other hand, the cost is high, because the algorithms described above not only are difficult to implement, but also require a lot of system resources. To solve these problems, the fuzzy judgment and state predictive analysis control model is used to control high precision environmental air conditioners. The basic schema of this model is in accordance with the fuzzy control principle and the demand of control. A fuzzy control table and a fuzzy judgment function are designed. The conditioning process of the precise environmental air conditioner is regard as a series of transformation from the starting state to the object state. According to the environmental data detected by the detective mechanism, the fuzzy control table, the fuzzy judgment function, the control operation of the executing agency are decided. By implementing on SCM, experiment indicates that the effect is good.

Key words: fuzzy judgment, fuzzy control, state prediction

为了保障精密仪器和设备的可靠运行, 精密空调广泛应用于电信交换机房、网管中心、卫星控制中心、动力机房、标准室、洁净室、工业控制中心、精密加工中心等对环境有恒温恒湿要求的场合. 空调器的控制就是通过传感器感知空调区域的温度、相对湿度等主要参数, 根据设计的控制模型, 驱动压缩机、电子膨胀阀、风机等执行机构, 对空调区域的温度、湿度进行调节. 传统的控制模型主要采用 PID 算法, 由于精密空调的控制具有较大的惯性和迟延, 受环境影响大, 因而对象的传递函数具有非线性和时变特性. 而常规的

收稿日期: 2005-08-30.
作者简介: 刘启芬(1964-), 女, 副教授, 主要从事数据库应用、控制软件开发等方面的教学与研究. E-mail: hulqf@sohu.com

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

PID算法需要精确地确定各参数,因此采用常规的 PID算法控制精密空调很难达到满意的效果.为了提高控制效果和适应过程参数的变化对控制系统的要求,人们将模糊控制逻辑、神经网络、遗传算法与常规的PID算法相结合,克服了 PID算法的弊病,使系统的自调整性能有了一定程度的提高[1~3].

空调系统的控制在对环境温度、湿度进行调节的过程中,应尽可能节能及降低控制成本,而上述改进的 PID算法存在如下问题:算法实现复杂,计算量大,由于环境参数的相关性及迟延性,系统可能进入振荡循环,导致执行机构进入往复性的工作状态,从而浪费能源,也降低了执行部件的寿命.此外,在算法实现时需要系统资源多,控制系统配置要求高,增加了系统的成本,针对这些问题,本文将模糊评判与状态预测的控制模型用于精密空调的控制,有效克服了上述算法的不足,经实验运行,控制效果良好.

1　精密空调控制系统结构及其功能

精密空调控制系统由检测机构、变送装置、调节机构、执行机构等部件构成,其原理图如图 1所示.模糊评判与状态预测控制模型的基本思想是由系统检测部件获取空调区域温度、湿度等环境参数及环境调节的要求,利用模糊控制规则对状态转换的条件进行评判,然后根据系统当前所处的状态预测系统下一步应进入的状态,从而驱动执行机构完成相应的操作,算法实现需要的资源少,利用单片机进行控制,降低了成本.

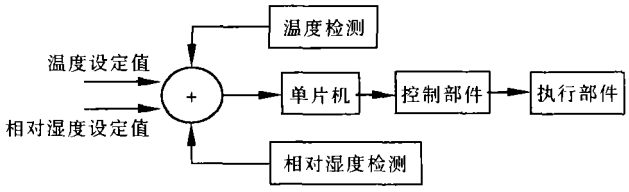

图 1　精密空调控制系统原理图

精密空调控制系统提供的主要功能有:

(1) 温度检测与控制功能;

(2) 相对湿度检测与控制功能:通过温度、相对湿度的检测与控制可实现人工环境的恒温恒湿;

(3) 来电自启动功能;

(4) 密码保护与故障诊断功能;

(5) 主备机自动切换及轮值功能;

(6) 网络通信功能:可通过标准接口将实时状态数据提交给总控机,以便用于系统监控与故障诊断.

2　基于模糊评判与状态预测的控制模型

模糊评判与状态预测控制模型基于如下方案:

(1) 根据模糊数学的基本原理和控制要求的需要,确定将数据量转化为模糊量、将模糊量转化为数据量的算法,并设计模糊控制规则表;

(2) 将精密空调系统对于环境温度、相对湿度的调节过程,看成执行机构在一定条件下,从当前状态经过一系列中间状态,向着目标状态转化的过程;

(3) 根据执行机构状态转换的条件,按照一定的算法定义一模糊评判函数;

(4) 将检测机制当前检测的温度、相对湿度数据转换为模糊量,并据此查模糊控制规则表,然后依据模糊评判函数对转换条件进行评判,将评判结果转化为数据量,并据此控制相应的执行机构.

基于上述原理,状态预测模型 M 可用如下 5元组描述: $M = (S, \sum, F, s_0, t)$,其中, S: 控制对象所处状态的集合; $\sum$: 状态转换条件的集合; F: 是一个从 $S \times \sum$ 到 S 的单值映射; s_0: 控制对象的初态; t: 控制对象的终态, $t \in S$.

执行部件的操作,分别表示如下: r: 加热, s: 加湿, l: 降温,根据空调系统对环境温度、湿度调节的特点,确定系统状态如下: $s_1 = r$, $s_2 = s$, $s_3 = l$, $s_4 = r + s$,由此, $S = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4\}$.

状态转换条件通过模糊评判函数 Fuzzy计算确定.为了定义 Fuzzy函数,分别对当前检测的温度 T、当前温度相对目标温度的差 ΔT、当前相对湿度 Φ、当前相对湿度相对目标相对湿度的差 $\Delta \Phi$ 定义模糊量 {NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB},并设计如表 1所示对温度模糊控制的规则,按照类似的方法可设计对相对湿度模糊控制的规则.

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1　对温度 T 模糊控制的规则

		ΔT						
		NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
T	NB	PM	PS	PS	ZE	NS	NM	NM
	NM	PM	PS	PS	ZE	NS	NM	NM
	NS	PM	PS	PS	ZE	NS	NM	NM
	ZE	PM	PS	PS	ZE	NS	NM	NM
	PS	PS	PS	PS	ZE	NS	NS	NS
	PM	PS	PS	PS	ZE	NS	NS	NS
	PB	PS	PS	PS	ZE	NS	NS	NS

设系统当前所处状态为 s_{t1}, 当前检测的温度为 T、当前温度相对目标温度的差为 ΔT、当前相对湿度为 Φ、当前相对湿度相对目标相对湿度的差为 $\Delta\Phi$. 分别对 T、ΔT、Φ、$\Delta\Phi$进行模糊化, 依据模糊控制规则表分别得到转换至下一状态 s_{t2} 时对温度的模糊控制条件 C_1及对相对湿度的模糊控制条件 C_2, 然后, 通过模糊评判函数 Fuzzy(C_1, C_2)计算, 得到状态转换条件的编码值 $\mu(\mu\in\sum)$. 因此有: $F(s_{t1}, \mu) = s_{t2}$. 在此, Fuzzy评判函数, 首先根据C_1、C_2得到对应的隶属度μ_1、μ_2, 利用如下的加权平均法公式计算[4], $\mu=\dfrac{\sum_{i=1}^{n} k_i \mu_i}{\sum_{i=1}^{n} k_i}$, 其中 k_i 通过实验确定.

3　模糊评判与状态预测控制模型的实现

在精密空调控制软件的设计中, 采用模块化的程序设计方法, 将模糊评判与状态预测模型用一个独立模块实现, 采用如下措施减少对单片机资源的需求:

(1) 对于模糊量和状态进行整数编码, 以减少存储需求;

(2) 以分界索引表方式实现模糊控制规则表及状态转移表, 通过索引基址及索引偏移可快速对控制规则表及状态转移表进行访问, 从而减小了控制程序实现的复杂性;

(3) 对于温度要求的精度为 0.1, 相对湿度要求的精度为 2%, 隶属度的计算也涉及到小数, 为了减小计算的复杂性, 采用扩大取整的方法将实数的计算转化为整数的计算. 图 2为模糊评判与状态预测模型实现的流程图.

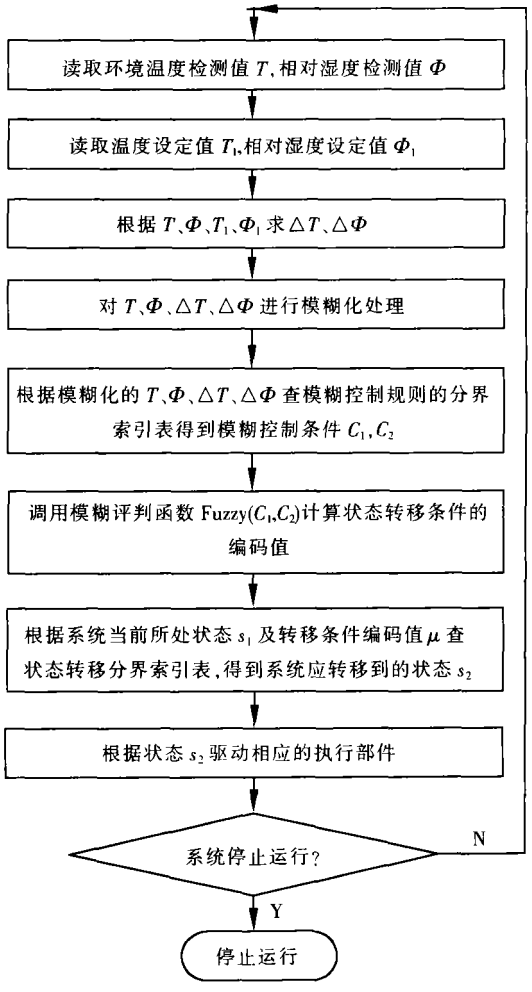

图 2　模糊评判与状态预测模型实现流程图

4　结论

按照图 2的控制流程在单片机上实现的模糊评判与状态预测精密空调控制软件经实验运行, 表明基于模糊评判与状态预测的控制模型实现简单、成本低、节能, 控制效果好. 如果根据其它类型空调的特点进行改进与扩展, 则可进一步推广该模型的使用范围.

(下转第 16页)

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 结论

用电感加开关器件构成均衡器和用电阻加开关器件构成的均衡器相比,在不增加系统复杂性的基础上,具有节能的优点.为适合微机控制,通过对蓄电池端电压的测量来估算蓄电池的充电状态,易于实际操作.通过仿真和实验,证明本均衡系统具有结构简单、控制灵活、价格低廉、工作安全可靠等特点,易在工业界推广.

[参考文献](References)

[1] CHATZAKIS J, KALAITZAKIS K, VOULGARIS N C, et al. Designing a new generalized battery management system[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2003, 50(5): 990-998.

[2] KUTKUT N H, WIEGMAN H L N, DIVAN D M, et al. Design consideration for charge equalization of an electric vehicle battery system[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 1999, 35(1): 28-35.

[3] HUNG S T, HOPKINS D C, MOSLING C R. Extension of battery life via charge equalization control[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 1993, 40(1): 96-104.

[责任编辑: 严海琳]

(上接第 11页)

[参考文献](References)

[1] 石舒健, 王江江, 王慧, 等. 神经网络 PID控制器在高精密空调系统中的应用[J]. 仪器仪表用户, 2004, 11(6): 65-67.
SHI Shujian, WANG Jiangjiang, WANG Hui, et al. The application of neural network adaptive PID controller in high precision air-conditioning control[J]. Electronics Instrumentation Customer, 2004, 11(6): 65-67. (in Chinese)

[2] 郭旭红, 芮延年, 李军涛. 基于遗传算法的模糊智能变频空调仿真系统的研究[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(5): 1237-1240.
GUO Xuhong, RUI Yannian, LI Juntao. Research on simulation system of fuzzy intelligence inverter air-conditioner based on genetic algorithm[J]. Journal of System Simulation, 2005, 17(5): 1237-1240. (in Chinese)

[3] 曹国庆, 娄承芝, 安大伟. 模糊 PID自整定控制在空调系统中的应用研究[J]. 暖通空调, 2004, 14(10): 106-109.
CAO Guoqing, LOU Chengzhi, AN Dawei. Application of fuzzy self-tuning PID control to air conditioning system[J]. Heating Ventilating and Air Conditioning, 2004, 14(10): 106-109. (in Chinese)

[4] 余永权, 曾碧. 单片机模糊逻辑控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 1995: 98-198.
YU Yongquan, ZENG Bi. Microcontroller Fuzzy Logic Control[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1995: 98-198. (in Chinese)

[责任编辑: 刘　健]

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net