

文章编号:1000-582X(2007)05-0079-04

# 基于模糊推理算法的燃气热水器恒温控制系统

林景栋,刘苗苗

(重庆大学自动化学院,重庆 400030)

**摘要:**讨论了模糊推理算法在燃气热水器中的应用,此算法不依赖于被控对象精确的数学模型,主要是通过控制燃气流量即控制燃气蝶阀来达到恒定温度的目的。从理论上阐述了燃气热水器的工作流程,以及采用的最新节能气阀——蝶阀的特点;着重讨论了模糊控制器的设计过程、原理及参数的整定方法,以及分离式PID模块的启用规则。成功案例的结果表明,该系统控制精度高,稳定性良好,气阀跟踪及时快速,尤其是在水流量一定而改变设定温度的情况下恒温效果良好,充分验证了该设计的有效性与实用价值。

**关键词:**模糊推理;恒温控制;燃气热水器

**中图分类号:**TP273

**文献标志码:**A

随着人们生活条件的改善,使用热水器的舒适性和方便已经成为现代人的追求,舒适性主要是对热水器的恒温控制提出了严格的要求。针对这一问题,出现了很多恒温控制的方法,如:采用智能技术的PID恒温控制器,基于仿人智能控制原理的温度控制器等。但由于种种因素,这些方法未能得到广泛的应用<sup>[1-2]</sup>。于是,会很自然的想到在采用直观判断来进行控制阀的操作时,往往能得到良好的水温控制效果。因此提出一种新的控制算法——模糊推理控制算法。此算法不依赖于被控对象精确的数学模型,是在总结操作经验基础上实现自动控制的一种手段<sup>[3]</sup>,主要是通过控制燃气流量即控制燃气蝶阀来达到恒定温度的目的。基于实际案例的结果表明,与常规PID温控系统相比,该设计能获得更优的温控效果。

## 1 恒温燃气热水器的工作原理

首先,分析燃气热水器的工作原理,进而提出其恒温控制的模糊推理算法。恒温燃气热水器的工作过程主要可归纳为3个阶段:上电初始化、恒温运行、停机状态。具体工作流程如下图1所示。

在恒温运行阶段,为达到燃气热水器恒温效果,主

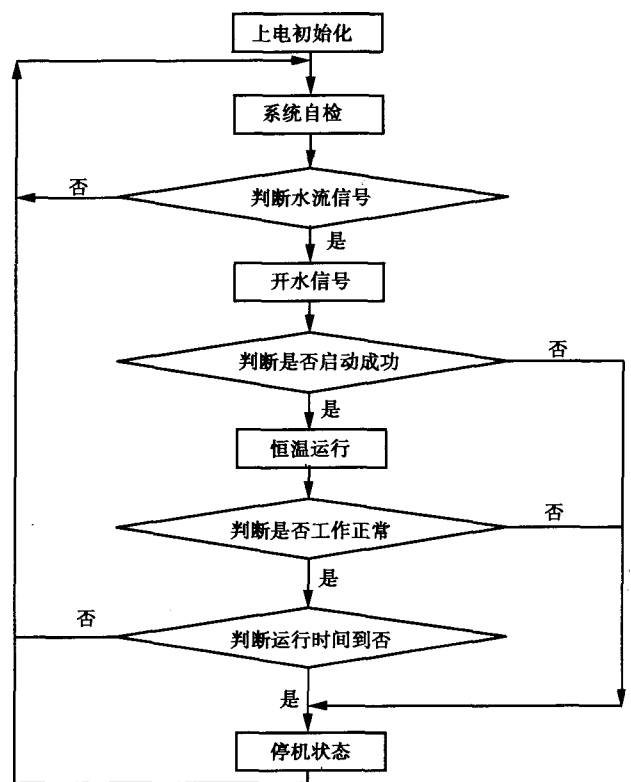


图1 恒温燃气热水器的工作原理图

要是通过控制气阀来实现的。此控制难点就在于单片

收稿日期:2007-01-09。

作者简介:林景栋(1966-),男,重庆大学副教授,主要从事变电站综合自动化系统和配电网自动化系统,人工智能在电力系统中应用及可编程控制的研究(E-mail)linzhanding@163.com。

机如何利用设定温度与出水温度的差值和差值变化率来进行模糊识别,并对不同的温度误差,根据分离成原则合理输出气阀电压,然后转变成气阀电流对气阀合理控制,以达到恒温控制的目的。可见控制温度的执行器件——气阀,是一个至关重要的环节。目前大部分燃气热水器普遍采用的是比例阀,但由于其磁隙大,回差很大,再加上由于其橡胶鼓膜的快速反应受气体阻力影响,阀芯动作相对驱动信号有很明显的迟滞,所以使得现如今大部分的燃气热水器都没能很好的达到快速恒温的控制效果。在这里采用的是电磁蝶阀作为气阀,它采用全对称封闭磁路结构,磁隙很小,且恒定不变,故有磁阻小、效率高、功耗低(2 W)、回差小(50 Pa)、线性好、定位准等优点;并且蝶阀将电磁驱动机构的优良线性与蝶阀的指数特性有机结合,使输出压力曲线上弯,从而使其流量特性实现了真正意义的线性调控。基于蝶阀的以上特点,实际应用中实现了真正意义上的快速恒温控制。

## 2 基于模糊推理算法的恒温控制系统

### 2.1 模糊推理算法原理

为实现对热水器蝶阀的线性、快速调控,以达到温度控制的稳定和快速,恒温系统的算法采用模糊推理

技术。又由于温度过程对象变化比较缓慢且带有纯滞后环节,若采用单纯的 PID 加模糊控制,当有较大扰动或大幅度改变给定值时,会产生较大的偏差,此时在积分项的作用下,往往会产生较大的超调和长时间的温度波动<sup>[3]</sup>。因此在此恒温系统中采用模糊推理加分离式 PID 控制的算法,控制算法的过程为:单片机经过中断采样获取被控制量的(参数)精确值,然后将此量与给定值比较得到温度偏差  $e$  以及温度偏差变化率  $ec$ ,再考虑水温自身的波动等因素,将温度偏差、偏差变化率利用模糊规则进行模糊推理后,根据分离式原则进行  $k_p, k_i, k_d$  3 个参数的整定<sup>[4]</sup>。具体控制方案如图 2 所示。

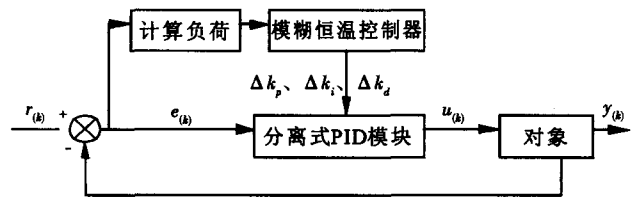


图 2 模糊控制方案的简图

其中,计算负荷 = 流量 × 温升 = 流量 × (设定温度 - 进水温度)。

分离式 PID 模块的控制方案如图 3 所示。

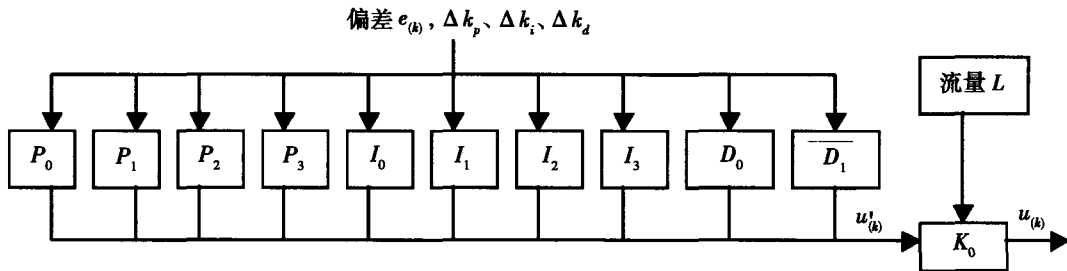


图 3 分离式 PID 控制方案图

其中

$P_0: k_p = 1.0$  比例小;  $I_0: k_i = 0.0$  积分停;  $D_0: k_d = 2$  倍/3s 微分小;

$P_1: k_p = 1.5$  比例中;  $I_1: k_i = 1.0$  积分小;  $D_1: k_d = 3$  倍/3s 微分大;

$P_2: k_p = 2.5$  比例大;  $I_2: k_i = 2.0$  积分中;  $K_0: u'(k) \times L = u(k)$

$P_3: k_p = 4.0$  比例强;  $I_3: k_i = 4.0$  积分大;

### 2.2 模糊恒温控制器的设计

根据模糊 PID 基本原理,为了计算机处理和实现的方便,输入偏差  $e$ 、输入偏差率  $ec$  和输出的隶属函数均采用线性函数。比例系数  $k_p$  作用在于提高系统调

节精度;积分系数  $k_i$  作用在于消除系统的稳态误差;微分系数  $k_d$  作用在于改善系统的动态特性<sup>[5]</sup>。设  $e, ec$  和  $k_p, k_i, k_d$  均服从正态分布,可得出参数模糊控制模型,为

$$u(k) = k_c \left\{ e(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{i=0}^k e(i) + \frac{T_d}{T} [e(k) - e(k-1)] \right\}$$

设偏差  $e$  的基本论域为  $[-20 \text{ }^\circ\text{C}, +20 \text{ }^\circ\text{C}]$ ,若选定  $\bar{E}$  的论域  $X = \{-5, -4, -3, -2, -1, -0, +0, 1, 2, 3, 4, 5\}$ ,则得偏差  $e$  的量化因子  $K_e = 5/20 = 1/4$ ,其模糊子集为:  $\bar{E} = \{PB, PM, PS, PO, NO, NS, NM, NB\}$ 。



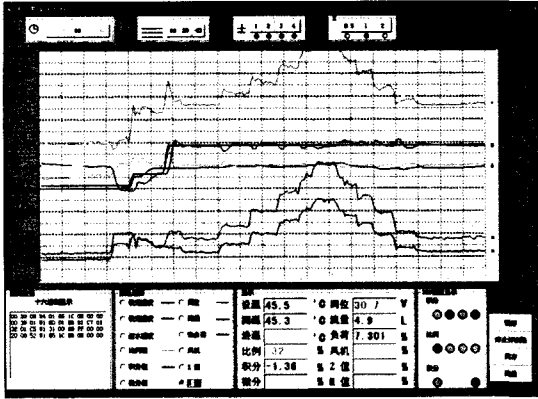


图5 设定温度不变,流量变化效果图

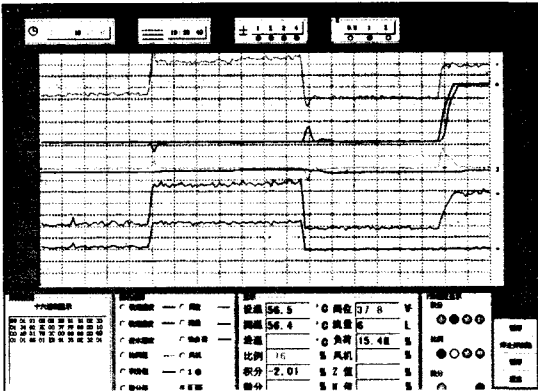


图6 热水器实际工作效果图

性与适应性都很好,输出水温与设定水温呈同一趋势变化,并且外界环境对热水器的影响很小,热水器基本上可以保持恒定的输出水温。同时也可以看出系统调节时间快,超调小,流量平稳,气阀跟踪及时快

速。综上所述,说明此恒温控制系统稳定性好,扰动小,跟踪性好,控制快速。

#### 4 结语

基于模糊推理算法实现的水热水器恒温控制系统具有控制精度高、稳定性良好、气阀跟踪及时快速等优点,充分体现了模糊推理控制是具有智能特点的控制,同时也验证了该设计具有一定的实用价值和推广价值<sup>[8]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 朱荣明,戴冠中. 燃气热水器水温智能控制系统[J]. 西北工业大学学报,2001,19(1):69-71.
- [2] 李祖枢,曾成,张华,等. 仿人智能控制在双功能燃气热水器中的应用[J]. 自动化技术与应用,2004,23(8):4-7.
- [3] 窦振中. 模糊逻辑控制技术及其应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1995.
- [4] 熊朝晖. 模糊逻辑在温度控制中的应用[J]. 计量与测试技术,2002,29(5):16.
- [5] 章卫国,杨向忠. 模糊控制理论与应用[M]. 西安:西北工业大学出版社,1999.
- [6] PASSINO K M, YURKOVICH S. Fuzzy control[M]. Bering: Tsinghua university press,2001.
- [7] TONG R M. A control engineering review of fuzzy systems. Automatic,1977,13:559-569.
- [8] MALKI H A. New design and stability analysis of proportional derivative control system. IEEE Trans on fuzzy systems,1994,2(4):336-344.

## Constant Temperature Control System for Gas Water Heater Based on Fuzzy Reasoning Arithmetic

LIN jing-dong, LIU miao-miao

(College of Automation, Chongqing University Automation Chongqing, 400030, China)

**Abstract:** Basing on Fuzzy reasoning technology, this paper introduces the work flow of Gas water heater, and the trait of papilionaceous valve. It also describes the designing process of Fuzzy controller, its theory and the method of making parameter. The experiment results show that this temperature control system has better characteristics such as high-precision, good dynamic performance, excellent control effect, and so on. The design shows its validity and practicability.

**Key words:** Fuzzy reasoning; constant temperature control; gas water heater

(编辑 陈移峰)