

含调整因子的模糊技术在变频计量泵上的应用^{*}

程 超, 吴江江, 余世明

(浙江工业大学信息与工程学院, 浙江 杭州 310023)

摘 要: 工业上常用的变频计量泵是一个时滞、非线性的复杂系统, 传统PID等算法难以适应这类系统。根据计量泵的运行特点, 本文采用模糊控制技术, 并加入一个调整因子, 针对不同的误差值, 自动调整模糊规则, 使之有更好的调节特性和鲁棒性, 可减少超调量, 提高稳态精度。经过MATLAB软件仿真验证后发现, 效果明显。将其应用于变频计量泵, 发现发热量明显降低, 运行良好。

关键词: 调整因子; 模糊; 计量泵

中图分类号: TP273.4 文献标识码: B 文章编号: 1003-7241(2010)02-0009-03

The Application of Fuzzy Technology Including Adjusting Gene to The Metric Pump of Frequency Conversion

CHENG Chao, WU Jiang-jiang, YU Shi-ming

(College of Information Engineering Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023 China)

Abstract: The metric pump of the frequency conversion is popular in the industry, it is a complicated system with nonlinear units and time lag units. Algorithm as conventional PID can't do well when it deals with these systems. Based on the working peculiarity of the metric pump, this job advances the fuzzy control to improve the controlling algorithm. And it adds an adjusting gene to adjust the fuzzy rule aiming at the new value of error, so that the system has a good characteristic and Robustness, it can reduce overshoot and improve the precision of the stable state. The algorithm is validated well by the software of Matlab. When applied to the metric pump of frequency conversion, the heat dissipated of the pump is less evidently, and the pump runs in good condition.

Key words: adjusting gene; fuzzy; metric pump

1 引言

变频隔膜计量泵因为结构简单、无泄漏、工作稳定、维护工作量少等优点, 而在化工行业中被广泛应用。

目前工业计量泵上运用较多的是传统的PID控制, PID控制具有算法简单、整定方便, 鲁棒性强等特点^[1], 但是对于有延迟、非线性、参数时变的系统, PID控制的控制性能就有所欠缺^[2, 3]。隔膜计量泵的工作原理为: 通过导向柱塞的左右移动来驱动上下膜片的开合, 当上膜片开的时候, 下膜片合, 液体进入泵腔内, 当下膜片开的时候, 上膜片合, 液体被推出泵腔, 以此来传输液

体。导向柱塞的左右移动则通过一个三相异步电机的转动来完成, 通过对三相异步电机的变频调速就可以改变计量泵的流速。由于计量泵外部的液体压力一直在变化, 内部的膜片驱动存在一定的延迟时间, 而柱塞在左右移动又没有固定的线性规律, 因此计量泵系统是一个时滞、非线性的复杂系统^[4], 在这种情况下, 用PID控制技术就存在着一定的弊端, 所以本文采用模糊控制对计量泵进行控制, 控制系统结构如图1所示。



图1 计量泵模糊控制系统框架图

^{*} 基金项目: 浙江省教育厅重点项目 (Z200803521)

收稿日期: 2009-08-13

2 模糊控制器的组成

模糊控制器的基本结构如图2所示:

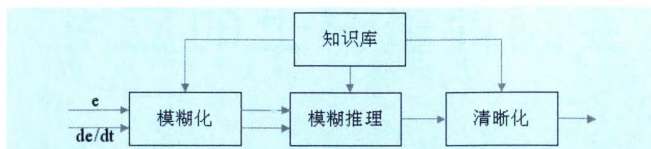


图2 模糊控制器的基本结构

由上图可以看出,模糊控制器主要由模糊化接口、知识库、模糊推理、清晰化(解模糊接口)四部分组成^[5],各部分的作用概述如下。

(1)模糊化(Fuzzification)

模糊化接口接收的输入只有误差信号 e ,由 e 再生成误差变化率。模糊化接口主要完成以下两项功能。

①论域变换: e 和 de/dt 都是非模糊的普通变量,他们的论域是实数域上的一个连续闭区间,称为真实论域。在模糊控制器中,真实论域要变换到内部论域。论域变换后相当于乘了一个比例因子。

②模糊化:论域变换后仍是非模糊的普通变量,对它们分别定义若干个模糊集合,如:“负大”(NO,“负中”(NM),“负小”(NS),“零”(Z),“正小”(PS),“正中”(PM),“正大”(PL),……,并在其内部论域上规定各个模糊集合的隶属函数。

(2)知识库(Knowledge base)

知识库中存贮着有关模糊控制器的一切知识,它们决定着模糊控制器的性能,是模糊控制器的核心。知识库分为两部分:

①数据库:存贮着有关模糊化、模糊推理、解模糊的一切知识,如模糊化论域变换的方法、隶属函数、模糊推理算法、解模糊算法等。

②规则库:包含模糊控制规则,即以“IF—二, THEN—二”形式表示的模糊条件语句。

(3)模糊推理机(inference engine)

模糊控制应用的是广义前向推理,它具有模拟人的基于模糊概念的推理能力。

(4)解模糊(defuzzification)

由模糊推理结果产生模糊控制器的输出,解模糊接口主要完成以下两项工作:解模糊和论域反变换。

3 模糊控制器的设计

模糊控制器先对电机速度的偏差 E 和偏差变化 EC 按照隶属度函数^[6,7],并加入一个加权调整因子 α 之后

按照模糊规则进行调整,再将模糊量经过反模糊化处理之后,把速度信号转化为频率信号传送到变频调速模块进行调速控制。将模糊控制器细化之后的系统框图如图3所示。

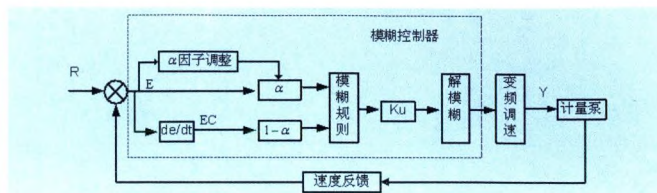


图3 模糊控制器内部框架图

通过调整修正因子改变控制规则,再用优化的控制规则进行控制,即通过对模糊规则的调整从根本上提高模糊控制器的性能^[8]。当误差较大时,控制系统的主要任务是消除误差,相反,当误差较小时,系统已接近稳态,控制系统的主要任务是使系统尽快稳定^[9]。这样就要求误差的变化率在控制规则中起较大的作用,故而针对不同的误差等级取不同的调整因子 α 值^[10]。这样的模糊控制器解析程度更高,鲁棒性更好。

3.1 隶属度函数

本文把速度误差 E 、速度误差变化率 EC 和速度给定 V 量化总等级为 $d=(2n+1)=11$,其中 $n=5$ 。在误差和误差变化率为5的区域,采用分辨率较低的隶属度函数,隶属度函数的形状为半梯形,控制稳定度高。而在其他区域,则采用分辨率较高的隶属度函数,隶属度函数形状为三角形,控制灵敏度好^[11,12]。本文中, E , EC , U 三者采用相同的隶属度函数,如图4所示。

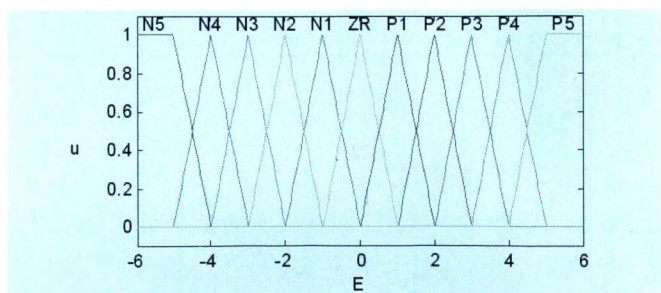


图4 输入输出的隶属度函数

3.2 模糊控制表生成

采用调整因子 α 的转速 V 表达式为 $V=-\text{int}(\alpha E+(1-\alpha)EC)$,公式中 $\text{int}(y)$ 表示对 y 取整。另外,根据不同的误差值,本文按下表取不同的 α 值。

表1 调整因子取值表

E	0, +1, -1	+2, -2	+4, +3, -3, -4	+5, -5
α	0.2	0.3	0.4	0.5

表2 模糊控制规则表

E \ V	EC										
	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5
5	-5	-4	-4	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0
4	-4	-4	-3	-2	-2	-1	-1	0	1	1	2
3	-4	-3	-3	-2	-1	-1	0	0	1	2	2
2	-4	-3	-2	-2	-1	0	1	1	2	3	3
1	-4	-3	-2	-1	-1	0	1	2	3	3	4
0	-4	-3	-2	-1	0	0	1	2	3	4	4
-1	-3	-3	-2	-1	0	1	1	2	3	4	5
-2	-2	-2	-1	0	0	1	2	2	3	4	5
-3	-1	-1	0	0	1	2	2	3	3	4	5
-4	-1	0	0	1	1	2	3	3	4	4	5
-5	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5

则由此生成的模糊控制表见表2。

4 各种控制方式的仿真比较

仿真对象的数学模型为 $G(s) = \frac{20e^{0.02s}}{2.1s^2 + 5.2s + 1}$ ，控制执行机构具有0.08的死区和0.9的饱和区，本文分别用PID控制、常规模糊控制和含自调整因子的模糊控制三种方式对控制对象进行控制仿真，得到阶跃响应仿真曲线如图5所示。从图中可以看出模糊控制比PID控制具有更短的调节时间，更小的超调量。再比较模糊控制的

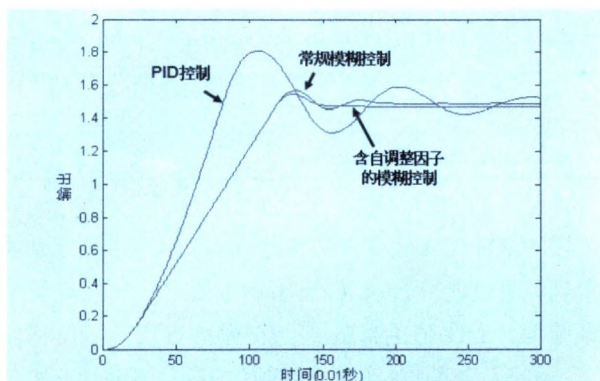


图5 三种控制方式阶跃响应

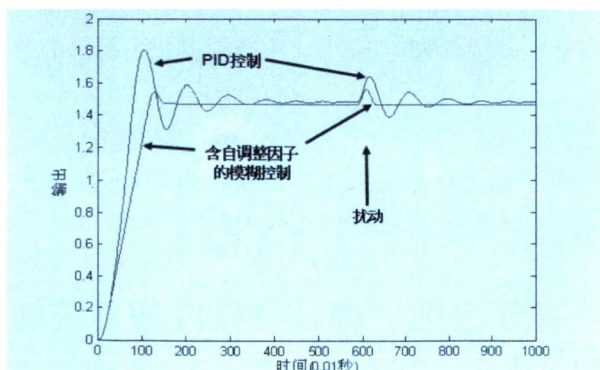


图6 两种方式的抗干扰能力

两条曲线，可以看出含自调整因子的模糊控制比常规模糊控制拥有更为出色的动态性能。

当系统存在阶跃扰动的时候，控制曲线如图6所示。从图中可以看出，含自调整因子的模糊控制和常规PID控制相比，抗干扰能力更为明显。

5 结束语

对于计量泵系统这些较为复杂的控制系统来说，含有自调整因子的模糊控制比常规PID控制有更好的性能指标，通过MATLAB仿真，我们可以很直观的看到这一点。笔者已将自调整模糊控制应用于750W小型工业变频计量泵系统中，经测试表明，计量泵的发热量降低，运行更加稳定。

参考文献:

- [1] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统 (第三版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003, 7.
- [2] 诸静. 模糊控制原理与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004-8.
- [3] 刘燕, 夏建全, 明正峰. 基于在线自整定参数的智能温控器的研究[J]. 工业仪表与自动化装置, 2006(5): 17-20.
- [4] WANG H S. Automatic design of fuzzy rule base for model-ing and control using evolutionary programming [J]. IEEE Proc-control Theory, 1999, 146(1): 11-15.
- [5] WEN-SHYONG. Model reference fuzzy adaptive control for uncertain dynamical systems with time delays [J]. 2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2004, 6(10): 5246-5251.
- [6] 陈霞. 自调整模糊控制系统在风机调速的应用[J]. 煤矿机电, 2007, (6): 39-41.
- [7] 蒋飞, 刘实现. 基于模糊控制的矿井通风机变频调速系统[J]. 江西煤炭科技, 2008, (4): 17-19.
- [8] 叶金虎, 王育桥. 基于自适应模糊控制的变频调速恒压供水系统[J]. 机电技术, 2008, (4): 66-68.
- [9] 毕云峰, 王宪. 基于模糊控制的多电机同步控制[J]. 机械与电子, 2008, (1): 52-54.
- [10] 奚国华, 张艳存, 胡卫华等. 基于模糊DSVM控制策略的异步电机直接转矩控制[J]. 中南大学学报, 2008, (1): 166-171.
- [11] 罗钧, 钱强. 基于模糊网络的炉温控制系统的研究[J]. 现代电子技术, 2007, (15): 155-157.
- [12] 宋春华, 胡丹, 柯坚等. 感应电机模糊预测控制策略的研究[J]. 系统仿真学报, 2008, (6): 1639-1641.

作者简介: 程超(1985-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 检测技术与自动化装置。