

一种基于 WinCC 的 PD 型自适应模糊控制系统的设计

刘微容,李二超,李炜

(兰州理工大学 电气与信息工程学院,兰州 730050)

摘要:利用组态软件 WinCC 完成数据采集、控制信息输出以及人机交互等工作,利用 MATLAB 完成 PD 型自适应模糊控制算法运算,在 MATLAB 和 WinCC 之间通过动态数据交换 (DDE) 协议对过程变量、控制变量和设定值实时更新。通过对水箱液位控制实验,结果表明,该方法在实际过程中是切实可行和值得推广的。

关键词:自适应模糊; PD 控制; WinCC

中图分类号: TP273+.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0682(2009)02-0029-03

Implementation of PD type adaptive fuzzy control algorithm based on WinCC

LIU Weirong, LI Erchao, LI Wei

(College of Electrical and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract:Data acquisition, control action and human machine interface are designed with WinCC, and the adaptive fuzzy PD control arithmetic is designed with MATLAB. The process variables, manipulations variables and set points are updated real timely between WinCC and MATLAB by dynamic data exchange (DDE) protocol. Experiment result shows that it is conscientiously feasible and deserves to be widely applied in the process of controlling industry.

Key words: adaptive fuzzy; PD control; WinCC

0 引言

在工业控制领域,传统的 PD 控制策略已经无法满足日益提高的工艺精度要求和质量要求。同时,各主要 DCS 控制系统提供商都没有及时推出经济有效的、具有复杂控制算法的新产品。这一矛盾促使各生产厂家和控制系统设计人员积极探求折中的设计方案。该文就是在这样的背景下,结合实际控制项目,基于 DDE 机理的 WinCC 和 MATLAB 的网络通信,将改进 PD 控制方法用在实验设备上。

众所周知,当被控对象参数未知,或者由于环境条件影响,参数发生较大变化时,最有效的控制方法就是采用自适应控制。但是传统的自适应一般只适用于低阶数系统。阶数一旦超过三阶,其复杂程度将成倍增加。另外,由于传统的自适应控制一般难以满

足所要求的严格假定条件,而且自适应控制本质上是一个非线性时变系统,其控制器特别复杂。因此采用传统的自适应控制方式很难满足实时性控制的要求。

与此同时,对于复杂系统若采用模糊控制,为了获得良好的控制效果,必须要求模糊控制具有较完善的控制规则。然而,由于被控过程的非线性、高阶次、时变性以及随机干扰等因素,造成模糊控制规则或者粗糙或者不够完善,都会不同程度的影响控制效果。为了弥补这个不足,自然就考虑到模糊控制器应向着自适应、自组织、自学习方向发展,使得模糊控制参数和规则在控制过程中自动地调整、修改和完善,从而使系统的控制性能不断完善,达到最佳的控制效果。

1 PD 型自适应模糊控制器

假设模糊控制器有两个输入和一个输出,两个输入是误差 e 和误差变化率 \dot{e} ,模糊控制器的输出是 u_0 。 e 、 \dot{e} 、 u 的论域分别为 $E \subset R$ 、 $\dot{E} \subset R$ 及 $U \subset R$,分别将 e 和 \dot{e} 的大小量化为 $A_i \{i \in I = [-m, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, m]\}$ 和 $B_j \{j \in J = [-n, \dots, -2, -1,$

收稿日期:2008-04-08

基金项目:甘肃省自动控制原理精品课程资助项目;兰州理工大学电信学院教学研究资助项目

作者简介:刘微容(1976),男,湖南省永州市人,讲师,主要从事冶金自动化、容错控制等方面的研究。

0, 1, 2, ..., n]], 模糊控制规则以下面的形式给出:

如果 e 是 A_i , e 是 B_j , 则 u 是 u_{ij}

其中 $u_{ij} \in U(i \in I, j \in J)$ 是确切值而非模糊集。

将误差 e 和 \dot{e} 的模糊子集的隶属函数均取为三角形隶属函数。

传统 PD 控制器的特性由比例项 K_p 、积分项 K_i 和微分项 K_d 决定, 一个设计恰当的 PD 控制器可以使系统产生快速上升时间, 小超调以及零稳态误差。然而, 在受控系统为零型系统时, P 型或 PD 型控制器会使系统阶跃响应产生稳态误差。由于图 1 所示的模糊系统与传统的 PD 控制在局部线性段内的行为特性相似^[1-3], 在应用于零型系统时也会产生稳态误差, 控制性能不能令人满意。下面可以把积分控制律加进模糊控制器以提高模糊控制器的性能。

一个简单的实现办法是把一个积分器串联到 PDFC 的输出端, 图 1 中, K_1 和 K_2 分别是 e 和 \dot{e} 的量化因子, β 是积分常数。

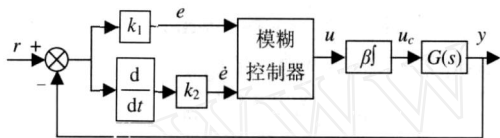


图 1 P型模糊控制系统简图

这种模糊控制器的性能类似于一个参数时变 P 控制器, 其阶跃响应稳态误差为零, 但是当积分因子 β 很小时, 系统响应很慢; 当积分因子 β 很大时, 系统响应有大的超调, 甚至振荡。

如果把以上两种模糊控制系统简单的并联在一起就可以形成一种新的控制器结构, 如图 2 所示, α 是 PDFC 的权重, β 是 PIFC 的权重。

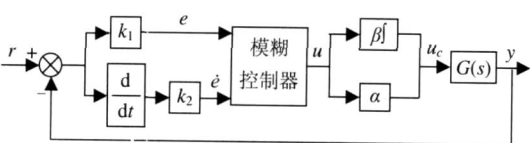


图 2 PD型模糊控制系统简图

这样, 模糊控制器的特性类似于一个时变 PD 控制器, 把这种新的控制器结构称为 PD 型模糊控制器 (PDFC)。

PDFC 的积分部分在模糊控制系统的控制作用中占有重要地位, 如果积分部分很弱, 响应会很慢; 如果积分部分很强, 系统会变得不稳定, 因此要进一步改善 PDFC 的控制性能。可以假设模糊控制器的等效积分部分是时变的, 在响应的初期阶段, 让的数值取的大一点, 随着时间逐渐降低以增加系统

阻尼使系统更稳定, 这样就可以得到系统响应的快速上升时间, 同时系统可以快速稳定下来。

注意到比例控制部分同时包括参数 K_1 和 K_2 , 降低参数 K_1 值时会降低整个比例控制部分, 这样控制系统响应将会变慢, 如果在降低 K_1 的同时以相同比例增加 K_2 , 则等效比例部分的控制能力不变, 系统仍然能够快速响应误差; 如果 K_2 增加了, 等效微分部分会同时增加, 这对系统特性不会有任何影响, 因为微分部分的增加可以抵抗系统振荡与超调。依照这个思路, 设计了参数自适应 PD 型模糊控制器 (PAPDFC)。PAPDFC 是一种参数自调整模糊控制器, 由 PDFC 和一个参数自调整机构组成, 如图 3 所示。参数自调整机构同时调整参数 K_1 和 K_2 , 其算法为 $K_2 = K_{2s} / \alpha$, $K_1 = \beta \cdot K_{1s}$ 。其中 K_{2s} 和 K_{1s} 分别是 K_2 和 K_1 的初始值, α 是调整因子。

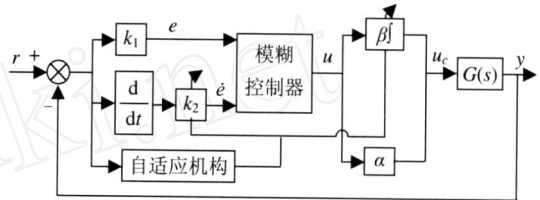


图 3 PD型参数自适应模糊控制系统简图

2 实验研究

采用兰州理工大学 FESTO 液位控制系统完成算法的验证工作。液位控制流程如图 4 所示。

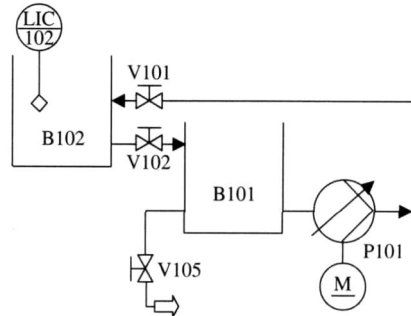


图 4 液位控制示意图

图 4 中, 被控对象为 B102, 被控参数为 B102 的水位。执行器为水泵 P101, 测量变送器为模拟式超声波液位传感器, 调节器为电机调速器。水泵将水箱 B101 里的蒸馏水送到 B102, 水箱 B102 的水在重力作用下流到水箱 B101, 为保持水箱 B102 的水位在设定值, 水箱 B102 上方的超声波液位传感器测得水箱 B102 水位, 并将水位信号传到控制器。实验过程中由 WinCC 软件测量和记录水位高度数据和控制器控制信号, 并将数据通过 DDE 传到 MAT-

LAB 中进行运算。

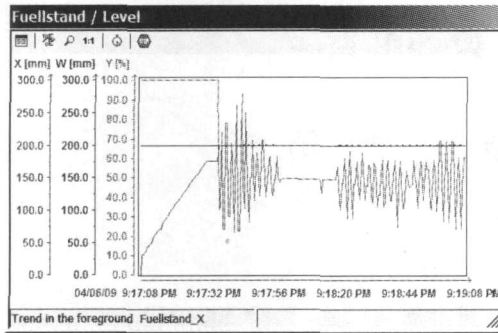


图5 PID自适应模糊控制系统的实验结果

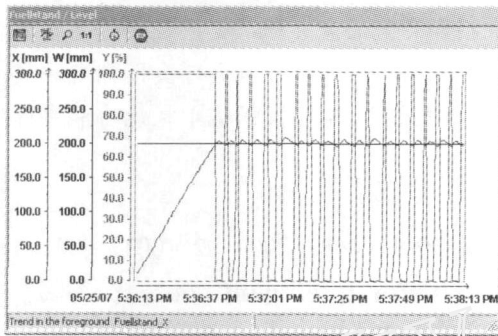


图6 水位常规PD控制系统的实验结果

由于使用了 MATLAB 和 WinCC,因此控制系统的软件设计非常简单。首先,在 WinCC 下完成画面组态、设备组态、实时数据库、主控菜单和运行策略组态,并且建立相关变量的 DDE 连接^[4];然后在 MATLAB 中建立模糊控制的语言变量、隶属函数和推理规则;最后用 MATLAB 编写控制器程序,生成

控制量输出,并将结果通过 DDE 返回 WinCC。

WinCC 下的趋势曲线如图 5 所示。X 表示液位实际输出, W 表示液位设定值, Y 为图 4 中电机 P101 输入电压的百分比。其中电机 P101 输入电压限定范围为 0 ~ 10 V。

与常规 PD 实验结果(图 6 所示)比较, WinCC 下的自适应控制系统性能更加稳定。

3 结论

该文实现 MATLAB 与 WinCC 的 DDE 通信。该方法具有程序实现简单、方便的特点。只要更换仿真模型中的控制算法,即可实现各种复杂的工业控制过程,通用性较强。这种结构使得监控系统软件的开发可由多人分工进行。其高效、易扩充等突出优点,使其成为开发各种监控软件平台的一种很好的方法。

参考文献:

- [1] Li H X A comparative design and tuning for conventional fuzzy control[J]. IEEE Trans System Man Cybernet PB: Cybernetics, 1997, 27(5): 884 - 889.
- [2] H A Malki New Design and Stability Analysis of Fuzzy Proportion - Derivative Control System s[J]. IEEE Trans Fuzzy Syst, 1994, 2(3): 245 - 254.
- [3] Ming Liu Decentralized control of robot manipulators nonlinear and adaptive approaches[J]. IEEE Transactions on Automatic control, 1999, 44(2): 357 - 363.
- [4] 王克平,王宪.基于 DDE 技术的 MATLAB 与 WinCC 通信设计[J]. 自动化仪表, 2006, 27(4): 23 - 26.

(上接第 28 页)

已确定为 $T_c - T_j = 5$, 考虑到动态过程中超调 30%, 得关联约束为 $3.5 \leq T_c - T_j \leq 6.5$ 。

也可写成 $T_c - T_j - 6.5 \leq 0, -T_c + T_j + 3.5 \leq 0$

水泵系统 T_c 的静态设计值为 37, 得约束式为 $T_c - 48.1 \leq 0, -T_c + 25.9 \leq 0$ 。

风机系统 T_j 的静态设计值为 32, 得约束式为 $T_j - 41.6 \leq 0, -T_j + 22.4 \leq 0$ 。

4 结论

(1)通过分析中央空调系统的运转过程,研究被控对象的动态特性,运用分解协调方法对系统整体过程按功能分解成为空调主机、冷冻泵、冷却泵和风机等 4 个子过程,对各子过程之间的关联进行了分析;

(2)分析了各子过程的运转过程,研究被控对象的动态特性,给出了传递函数模型并规定了主要

温度变量的约束范围,为控制规律提供了依据。

参考文献:

- [1] 陈幸祥. 中央空调水系统变流量节能控制技术[J]. 混合微电子技术, 2004, 15(3): 44 - 46.
- [2] 黄健华. 变频调速装置在空调水系统中的节能应用[J]. 制冷, 1998, (1): 77 - 79.
- [3] 邱黎辉. 模糊 PD 控制在中央空调系统中的应用研究[J]. 计算机测量与控制, 2004, 12(1): 57 - 59.
- [4] Hongli LU, Lei J IA, Shulan KONG Predictive functional control based on fuzzy T - S model for HVAC systems temperature control[J]. Journal of Control Theory and Applications, 2007, 5(1): 94 - 98.
- [5] 杨磊. 制冷原理与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [6] 张祉佑. 制冷原理与设备[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [7] 聂玉强. 中央空调系统的二级最优控制方法及其理论分析[J]. 中山大学学报自然科学版, 2008, 47(3): 57 - 61.