

乙二醇机组的温度模糊控制器设计与仿真

刘进志, 白美静, 智效龙

(石家庄铁道大学 机械工程学院 河北 石家庄 050043)

摘要: 针对我国通信行业和计算机行业大型机房耗电量大的现状,提出了一种乙二醇机组控制系统。介绍了它的工作原理,阐述了它的总体控制方案,并重点阐述了采用温度模糊 PID 控制器对室内温度进行调节。仿真和实验结果表明:采用温度模糊控制器的系统运行稳定、可靠性高、节能效果明显,具有广阔的应用前景。

关键词: 温度模糊 PID 控制; 节能; 乙二醇机组

中图分类号: TP273.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0373(2013)04-0063-05

0 引言

随着我国通信行业和计算机行业的快速发展,大型通信设备和计算机的需求量急剧增加。这些设备通常需要工作在恒温恒湿的条件下,目前我国主要通过机房专用空调来满足这一要求,空调的用电量很大,占到了机房总用电量的 50% 以上,因而存在较大的节能潜力^[1-2]。科学地降低空调用电,减少资源浪费成为节能的主要手段。

将乙二醇节能机组应用于机房的温度湿度控制可大大降低电能消耗。乙二醇节能机组是一种可充分利用自然冷资源降温节能的设备,它利用冬季室外冷源,通过乙二醇泵的运转,将室内的热量传送到室外^[3]。由于它采用乙二醇泵的循环工作制冷,取代了空调的压缩机制冷,从而大大降低了电能消耗。

目前,我国有一部分企业已将乙二醇制冷装置应用于实际的生产中。如大庆油田在 2007 年开发了乙二醇再生系统技术,内蒙古移动在机房使用乙二醇空调系统,在生产中创造了可观的经济效益,刘进志等以 PLC 为基础开发了乙二醇空调节能控制系统^[4]。在此基础上,采用模糊 PID 控制技术研究了乙二醇机组的控制策略,取得了良好的控制效果。

1 乙二醇机组控制系统方案

液体的沸点与两个因素有关:温度和压力。故本控制系统包括温度控制和压力控制两部分。

压力控制方案如图 1 所示。在该方案中,压力传感器测到的乙二醇管道的压力值与给定的压力值的差值输入到控制器,控制器通过特定的算法用电压控制变频器的输出频率值,而交流电机的转速与电源的频率成正比,从而变频器通过改变频率来改变交流电机的转速,交流电机通过转速调节乙二醇管道中液体的压力。压力传感器检测到的压力值与给定的压力值之间的误差重新传送到控制器中,通过改变变频器的参数调整交流电机的转速,最终使得检测到的压力值与给定压力值匹配。

温度控制方案如图 2 所示。在该方案中,温度传感器测到的室内温度值与给定的温度值的差值输入到控制器,控制器通过特定的算法用脉冲控制步进电机,步进电机与电动阀连接,通过转动控制电动阀阀门的开度,进而控制管道内液体的流量,最终改变室内的温度。温度传感器将检测到的实时温度与给定温度进行比较,差值再次送入控制器,控制器通过步进电机改变管道液体流量,使温度降低的速度加快或减慢,最终使室内温度与给定温度匹配。

收稿日期: 2013-01-14

作者简介: 刘进志 男 1972 年出生 副教授

基金项目: 河北省教育厅项目(Z2010300)

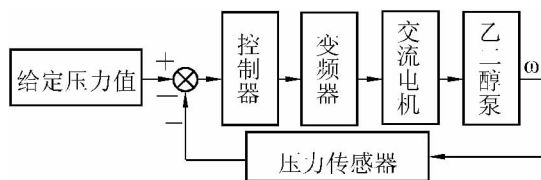


图1 压力控制方案

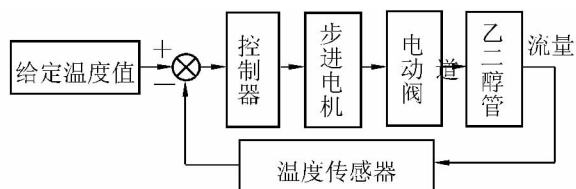


图2 温度控制方案

2 温度模糊控制器的设计

由于乙二醇机组的温度控制存在较大的非线性、参数时变性和模型不确定性等因素,普通 PID 控制器难以获得很好的控制效果,所以决定采用模糊 PID 控制来解决这个问题。

在本次设计中,把室温标准值与当前室温值的差值 e 和差值变化率 ec 作为输入值,输出值取 PID 控制器的三个参数 K_p 、 K_i 、 K_d 的偏移量,其中 K_p 为控制器的比例系数, K_i 为控制器的积分系数, K_d 为控制器的微分系数。系统模糊 PID 控制图如图 3 所示。

以误差变化量 e 为例,基本论域 $[-e, e]$ 中 e 表征误差大小的精确量, n 是 $0 \sim e$ 范围内连续变化的误差离散化后分成的档数。它是构成基本论域的元素,一般情况下,档数分的越精细控制效果就会越好,但是档数越高,计算量就越繁琐,通常取 $n = 6$ 或 7 。

本设计选取{正大,正中,正小,零,负小,负中,负大}等 7 个值来描述输入变量 e

和 ec 以及输出变量 K_p 、 K_i 、 K_d 的校正量,并简记为{PB, PM, PS, Z, NS, NM, NB}。定义误差变化量 e 、误差变化率 ec 、控制量 K_p 、 K_i 、 K_d 所取的模糊子集的论域为: $e = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$; $ec = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ 。选择 K_p 、 K_i 、 K_d 的论域均也为 7 级,即 $K_p = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$; $K_i = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$; $K_d = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ 。

为方便计算,偏差和偏差变化率的模糊集合采用三角隶属函数,由于输出量的变化范围较小,为了取得最佳的精确度,选用正态函数作为输出的隶属度函数。输入输出变量的语言赋值见表 1、表 2。

表 1 变量系统的偏差 e 、 ec 隶属度表

ec	u												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
NB	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NM	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0
Z	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0
PS	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0
PB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1

本设计选用 Mamdani 模糊控制规则,根据实际操作经验得出相应的控制规则。本设计采用的控制规则举例如下:①if (e is PB) and (ec is PB) then (K_p is NB and K_i is PB and K_d is PB); ②if (e is PB) and (ec is PM) then (K_p is NB and K_i is PB and K_d is PB); ③if (e is PB) and (ec is PS) then (K_p is NM and K_i is PB and K_d is Z)。

在 FIS Editor 中的 Rule Editor 输入模糊控制规则以后,可以通过 FIS 输出量曲面观测窗看到对应于每组输入量的输出值。所观测到的曲面越光滑,说明控制规则设计的越合理,控制效果也就越好。图 4、图 5、图 6 为 K_p 、 K_i 、 K_d 对应的曲面图形。通过图形可以看出,本设计的控制规则还是比较合理的。

经过解模糊算法得到控制系统的控制规则表 3。

表 2 变量系统的偏差 K_p 、 K_i 、 K_d 隶属度表

$K_p, K_i,$ K_d	u												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
NB	1	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NM	0	0.65	1	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0.65	1	0.65	0	0	0	0	0	0	0
Z	0	0	0	0	0	0.65	1	0.65	0	0	0	0	0
PS	0	0	0	0	0	0	0	0.65	1	0.65	0	0	0
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.65	1	0.65	0
PB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.65	1

表 3 K_p 、 K_i 、 K_d 模糊控制规则表

ec	e						
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
-6	6,-6 2	6,-6 2	6,-6,-2	5,-5,-5	4,-4,-6	4,-4,-6	4,-4,-6
-5	5,-6 2	6,-6 2	6,-6,-2	5,-5,-5	5,-4,-6	4,-4,-4	3,-3,-5
-4	6,-6 2	6,-6 1	6,-6,-2	5,-5,-5	5,-4,-6	4,-4,-4	3,-2,-4
-3	5,-6 1	6,-6 1	5,-5,-2	5,-5,-4	4,-4,-4	3,-4,-4	2,-2,-4
-2	4,-6 0	4,-5 0	4,-4,-2	4,-4,-4	4,-4,-4	3,-4,-4	2,-2,-4
-1	4,-5 0	4,-5 0	4,-4,-2	3,-4,-3	4,-3,-4	3,-4,-3	2,-1,-3
0	4,-4 0	4,-4 0	4,-4,-2	3,-4,-2	2,-2,-2	2,-3,-2	0 0,-2
1	4,-4 0	4,-4 0	4,-3,-2	3,-3,-2	2,-1,-1	1,-3,-2	0 0,-1
2	2-4 0	2,-3 0	3,-2 0	1,-2 0	0 0 0	-1 0 0	-2 2 0
3	2-3 0	2,-2 2	2,-2 0	0,-1 0	0 0 1	-2 0 1	-2 2 0
4	2 0 6	1 0 4	1 0,-2	-1 1,-1	-2 2 2	-3 2 2	-4 2 2
5	1 0 6	1 0 4	0 0,-1	-1 1 0	-3 2 2	-3 2 3	-4 3 3
6	0 0 6	0 0 5	0 0 2	-2 1 3	-4 2 4	-4 2 4	-4 4 4

ec	e					
	1	2	3	4	5	6
-6	3,-4,-6	2,-2,-6	1,-1,-6	0 0,-4	0 0,-1	0 0 2
-5	3,-4,-6	2,-2,-4	1,-1,-4	0 0,-3	0 0,-1	0 0 1
-4	3,-2,-4	2,-2,-4	1,-1,-4	0 0,-2	0 0,-2	0 0 0
-3	1,-2,-4	1,-1,-2	0 0,-2	-1 0,-2	-1 0,-2	-2 0 0
-2	1,-1,-3	0 0,-2	-1 0,-2	-2 2,-2	-2 2,-2	-2 2 0
-1	0,-1,-2	-1 0,-2	-1 0,-2	-2 3,-2	-2 3,-2	-3 3 0
-0	1 0,-2	-2 2,-2	-2 0,-2	-2 4,-2	-3 4,-2	-4 4 0
1	-1 0,-1	-3 3,-1	-2 0,-2	-2 4,-2	-3 4,-2	-4 5 0
2	-3 3 0	-4 4 0	-4 4 0	-4 4 0	-4 4 0	-4 6 0
3	-4 3 1	-4 4 0	-4 4 0	-4 4 0	-5 4 0	-5 6 0
4	-4 3 2	-4 4 2	-4 4 2	-4 6 2	-5 6 4	-6 6 6
5	-4 3 2	-4 4 2	-4 4 2	-5 6 2	-5 6 4	-6 6 6
6	-4 4 4	-4 4 2	-5 4 2	-6 6 2	-6 6 4	-6 6 6

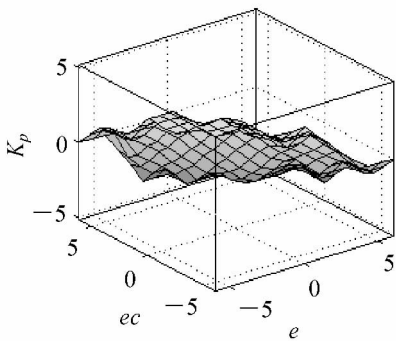


图 4 系统 K_p 曲面观测图

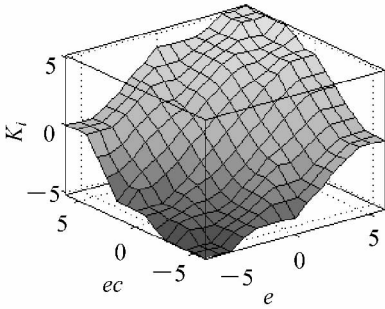


图 5 系统 K_i 曲面观测图

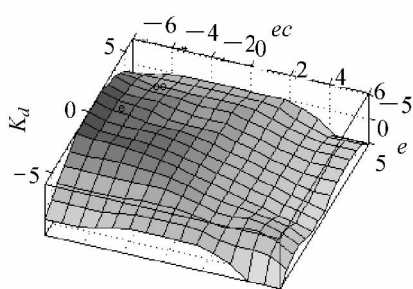


图 6 系统 K_d 曲面观测图

通过以上建立的模糊控制器,在 MATLAB 中的 Simulink 模块中建立如图 7 所示的模糊 PID 仿真框图,并把 Fuzzy Logic Controller 模块名称设置为 mhpид,实现了 FIS 与 SIMULINK 的连接。

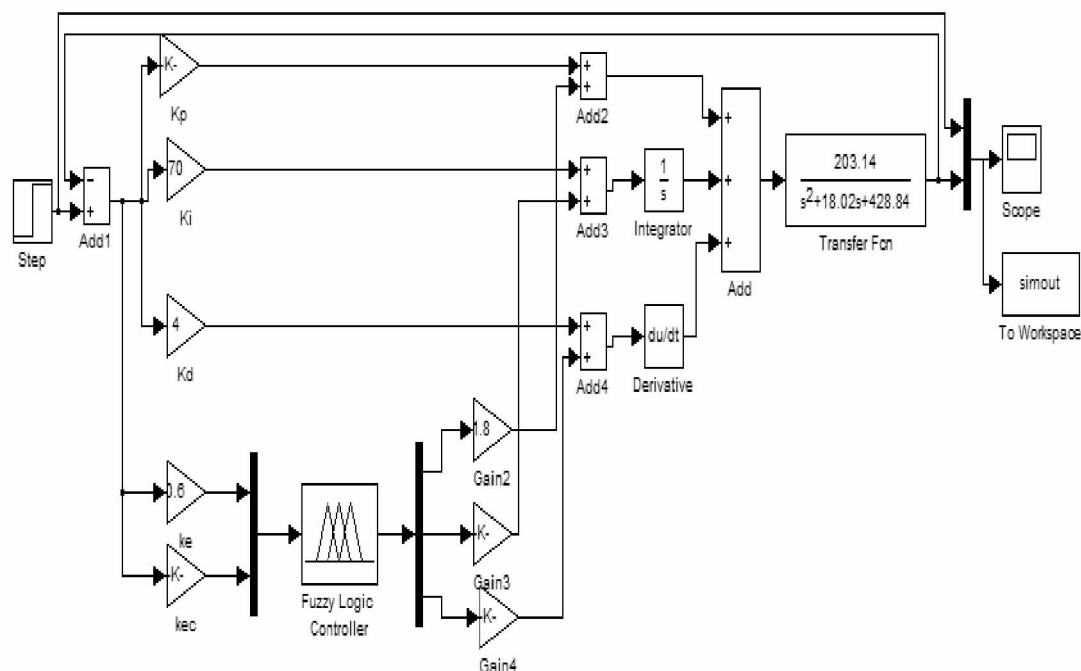


图 7 系统模糊 PID 仿真框图

对所建立的模糊 PID 系统进行仿真,取输入信号(设定温度)为阶跃信号时,经过模糊 PID 控制器调试以后得到的响应图如图 8 所示。观察图形可知,系统上升时间为 0.1 s,调节时间为 0.2 s,没有出现振荡现象,无超调量,稳态时没有静差,系统达到稳定的时间短,动态性能比较好。

3 结论

本设计主要以系统阶跃响应曲线的超调量、上升时间、稳态静差等几个参数为依据,分析了温度模

糊 PID 控制器对控制系统的调节作用,计算机仿真和实验表明:采用温度模糊 PID 控制器后,控制系统的动态性能和稳态性能得到了明显改善,采用乙二醇机组的控制系统运行稳定、可靠性高、节能效果明显,具有广阔的应用前景。

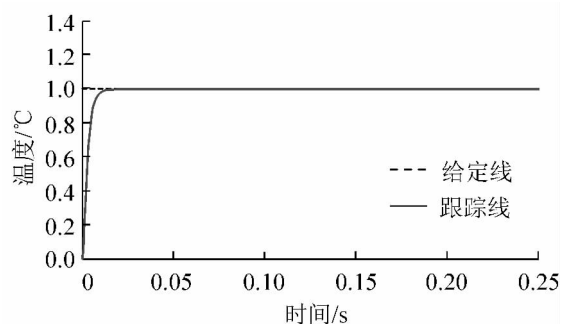


图 8 模糊 PID 控制的阶跃响应图

参 考 文 献

- [1] 孙研. 通信机房节能综合解决方案[J]. 电信工程技术与标准化, 2006(6): 2-7.
- [2] 杨茂光. 乙二醇空调在内蒙古移动节能改造中的应用[J]. 电信技术, 2008(8): 50-51.
- [3] 黄益伟. 乙二醇热回收系统节能初探[J]. 制冷空调与电力机械, 2006 21: 51-53.
- [4] 刘进志, 智小慧, 白美静. 基于 PLC 的乙二醇空调节能控制系统设计[J]. 现代机械, 2011(6): 64-65.

The Design and Simulation of Temperature Fuzzy PID Controller of Glycol Unit

Liu Jinzhi , Bai Meijing , Zhi Xiaolong

(School of Mechanical Engineering , Shijiazhuang Tiedao University , Shijiazhuang 050043 , China)

Abstract: Aiming at the current situation that large computer room for communication industry and the computer industry has been consuming a large quantity of power , the control system of glycol unit is put forward in this paper. Its working principle and overall control scheme is introduced , besides , temperature fuzzy PID controller is adopted to adjust the indoor temperature. The computer simulation and experiment results show that the control system which adopt temperature fuzzy PID controller has an extensive application prospects because of its stable performance , high reliability , and remarkable energy saving effect.

Key words: temprature fuzzy PID control; energy saving; glycol unit

(责任编辑 车轩玉)

(上接第 56 页)

本次仿真采用了不同于以往的全新的仿真方法 , 主要通过各仿真软件之间的协调 , 将仿真巧妙地分为 4 个阶段 , 每个阶段都采用最擅长的软件来进行处理 , 各软件的优势得到充分发挥 , 同时也使本仿真得以顺利进行。事实证明 , 这种仿真手段的应用可以极大的提高设计效率 , 节省人力物力 , 为今后同行进行类似的仿真提供了有利的参考。

参 考 文 献

- [1] 钟自峰. 基于 Workbench 的全液压凿岩钻机有限元分析[J]. 煤矿机械 2012 , 33(11) : 84-86.
- [2] 国家标准化管理委员会. GB150—2011 压力容器[S]. 北京: 中国质检出版社 2011.
- [3] 张洪才 , 何波. 有限元分析——ANSYS 13.0 从入门到实战[M]. 北京: 机械工业出版社 2011: 267-278.
- [4] 马睿 , 胡晓兵 , 万晓东. 基于 ANSYS 的小型机器人小臂的有限元静态分析[J]. 机械设计与制造 2012(9) : 4-6.
- [5] 高健峰. 某电子产品仿真架 ANSYS 有限元分析[J]. 兰州交通大学学报 2012 , 31(3) : 146-148.
- [6] 白金泽. LS-DYNA3D 理论基础与实例分析[M]. 北京: 科学出版社 2005: 167-174.
- [7] 杨玻. 基于 ANSYS/LS-DYNA 的铜板矫直有限元分析[J]. 宁波职业技术学院学报 2012 , 16(2) : 73-76.

Dynamic Impact Simulation Analysis for Mobile Pressure Vessel Based on ANSYS/LS-DYNA

Hao Liang , Liu Yongqiang , Liao Yingying

(School of Mechanical Engineering , Shijiazhuang Tiedao University , Shijiazhuang 050043 , China)

Abstract: The theories and methods of finite element and transient dynamics are used to study the safety of post-collision mobile pressure vessel. The physical model of mobile pressure vessel transporter is established by using Solidworks 3D-modeling software , and then pre-treat analyses are performed by ANSYS finite element analysis software and LS-DYNA transient dynamic software. The dynamic impacting stress response of vehicle frame , pressure vessel , combined supports and other auxiliary components is obtained at the speed of 60 km/h. The results show that though vehicle frame and connecting bolts are destroyed , the impact to pressure vessel is effectively decreased. The safety of pressure vessel is guaranteed and these analyses provide theoretical supports for future optimization design.

Key words: ANSYS-LSDYNA; pressure vessel; nonlinear; dynamic impact; FEA

(责任编辑 车轩玉)