

文章编号:1007-2985(2013)04-0055-04

基于模糊 PID 算法的液压机压边力系统设计*

邹 莉

(安徽国防科技职业学院,安徽 六安 237011)

摘 要:针对液压机压边力控制系统的特点,采用自适应模糊 PID 算法,在 Matlab/Simulink 中建立模糊逻辑控制器,设计出自适应模糊 PID 液压机压边力控制系统。仿真结果表明,自适应模糊 PID 算法使系统具有良好的动静态特性,增强了系统的鲁棒性。

关键词:压边力;模糊 PID 控制;自适应;Simulink

中图分类号:TP211

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.1007-2985.2013.04.012

液压机压边力控制系统的性能参数直接影响产品成形工艺,压边力过大,材料流动困难,材料拉破趋势增加,模具和材料容易受损;压边力过小,材料的流动又无法控制,容易起皱^[1],对液压机压边力的合理控制调节是保证产品质量的重要手段。

在目前工业控制中,使用最多的方法是 PID 控制,但 P, I, D 这 3 个参数是针对特定对象而设定的,完全依赖于系统建立精确的数学模型,且参数整定方法复杂^[2]。由于液压机压边力控制系统中存在液压时间常数较大和局部可能漏油等非线性干扰因素的影响,所以选用自适应模糊 PID 算法,将模糊控制算法与 PID 控制相结合,将相关的专家知识和经验进行综合,转换成模糊语言,建立模糊规则,通过模糊推理实现对复杂对象的控制,从而建立液压机压边力模糊 PID 智能控制系统。

1 液压机压边力控制系统的工作原理

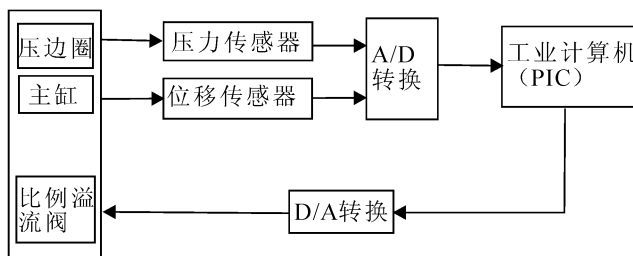


图 1 液压机压边力控制系统原理方框

液压机压边力控制系统原理如图 1 所示^[3]。在材料拉深成形过程中,采用光栅式位移传感器检测拉深位移,压力传感器检测压边力,两者经 A/D 转换输入计算机,然后按照预先测定好的压边力与位移的关系,利用液压油的不可压缩特性,通过调节比例溢流阀的开度,从而实现压边力的调节。

2 自适应模糊 PID 控制器的设计

2.1 自适应模糊 PID 控制器结构

文中的自适应模糊 PID 控制器主要由 PID 调节器和模糊控制器组成,采用 2 输入 3 输出模糊逻辑控

* 收稿日期:2013-04-10

基金项目:安徽省人才培养模式创新实验区“自动化类卓越技能型人才培养计划”资助项目

作者简介:邹莉(1982-),女,湖北五峰人,安徽国防科技职业学院讲师,硕士,主要从事自动化控制研究。

制器,马丹尼(Mamdani)推理法进行模糊推理如图 2 所示。

压边缸的压边力信号经检测、转换送到比较器输入端与给定信号相比较,得到误差 E ,将误差 E 及其变化率 EC 作为模糊控制器的输入信号。通过量化因子进行模糊化处理,转换为模糊集合,然后利用编制好的模糊控制规则进行模糊推理,产生模糊结论,最后将其清晰化为确切的输出修正量 $\Delta Kp, \Delta Ki, \Delta Kd$,并分别输入到 PID 调节器进行实时在线修正,从而实现良好的动态性能。^[4] 自适应模糊 PID 控制结构如图 3 所示。

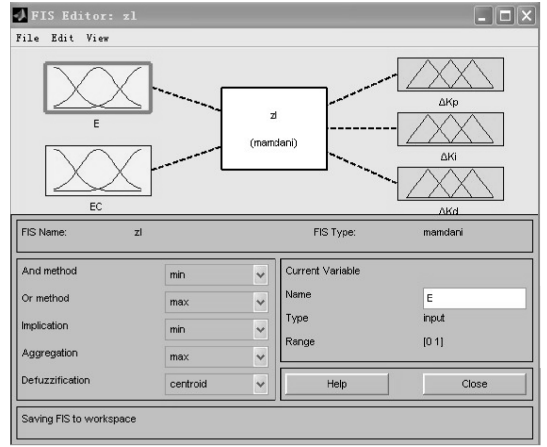


图 2 模糊逻辑控制器模型

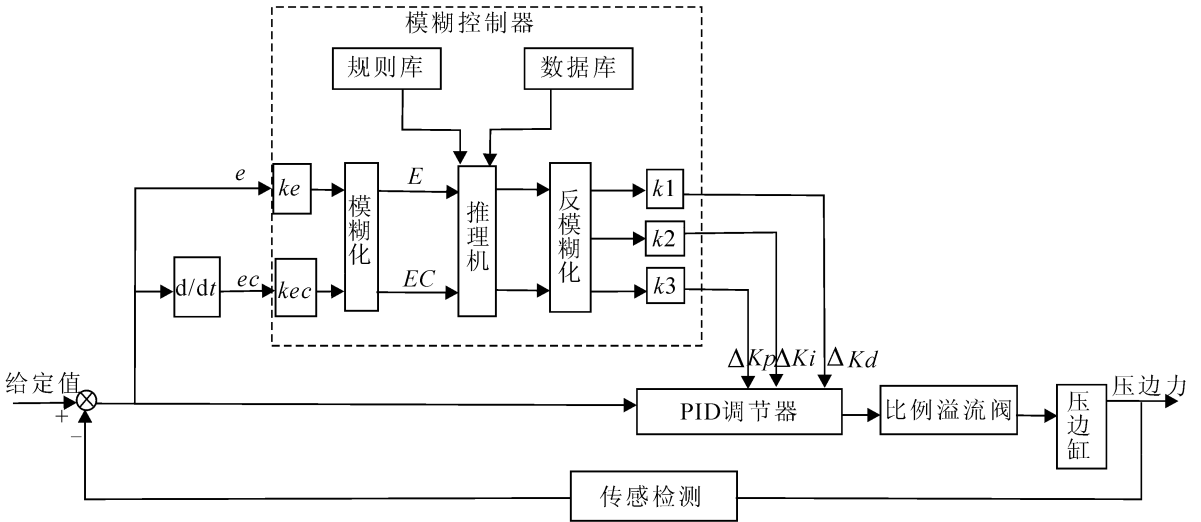


图 3 自适应模糊 PID 控制结构

2.2 隶属度函数的确定

文中的隶属度函数采用对称三角形函数^[5]。设输入变量误差为 E , 误差变化率为 EC , 输出变量 $\Delta Kp, \Delta Ki, \Delta Kd$ 的模糊子集均为 $\{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB\}$ 。选择输入输出变量的基本论域分别为 $E = [-10, 10], EC = [-50, 50], \Delta Kp = [-10, 10], \Delta Ki = [-100, 100], \Delta Kd = [-0.6, 0.6]$, 模糊论域均选择为 $\{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ 。图 4 为变量 E 的隶属度函数, 其他模糊子集的隶属度函数与之相同。

误差量化因子 K_e , 误差变化的量化因子 $K_{ec}, \Delta Kp$ 的比例因子 $K_{up}, \Delta Ki$ 的比例因子 $K_{ui}, \Delta Kd$ 的比例因子 K_{ud} 分别定义如下^[6]：

$$K_e = 6/10 = 0.6, K_{ec} = 6/50 = 0.12, K_{up} = 10/6 = 1.67, K_{ui} = 100/6 = 16.67, K_{ud} = 0.6/6 = 0.1.$$

2.3 模糊控制规则的确定

结合设计人员和现场操作人员的工作经验,根据 PID 参数模糊自整定的原则,建立模糊控制规则表,使 $\Delta Kp, \Delta Ki, \Delta Kd$ 能够根据 E 和 EC 的变化作出实时调整。

将设计好的规则输入到模糊规则编辑器中,用“if(E is NB)and(EC is NB)then(ΔK_p is PB)(ΔK_i is NB)(ΔK_d is PS)”的形式来描述,如图 5 所示^[7],共构成 49 条模糊规则,形成 3 个独立的子规则表。

2.4 模糊推理

图 6 为模糊规则浏览器图形界面,通过该界面可以对模糊推理出的各种情况进行详细观察,改变 E 和 EC 中竖直线的位置,即改变 E 和 EC 2 个输入量的值,可以看到 $\Delta Kp, \Delta Ki, \Delta Kd$ 表现出不同的输出值,非常直观。模糊推理后 3 个输出量 $\Delta Kp, \Delta Ki, \Delta Kd$ 的三维立体图如图 7 所示。

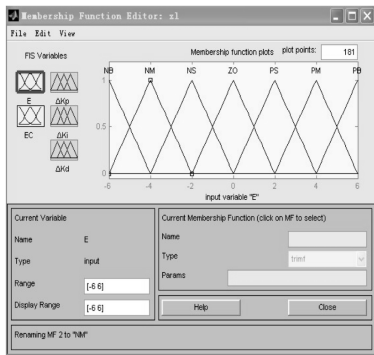


图 4 变量 e 的隶属度函数

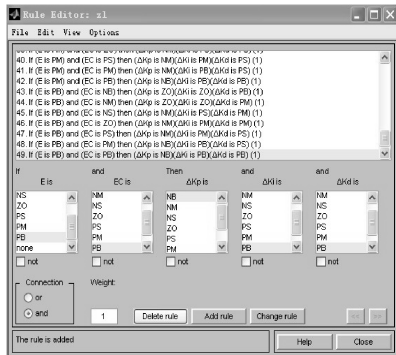


图 5 模糊控制规则

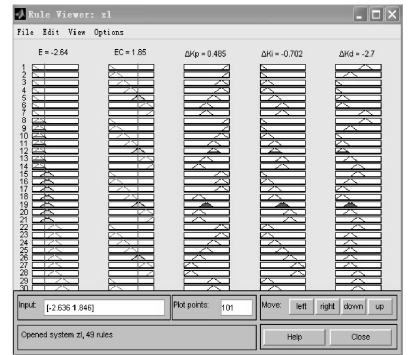
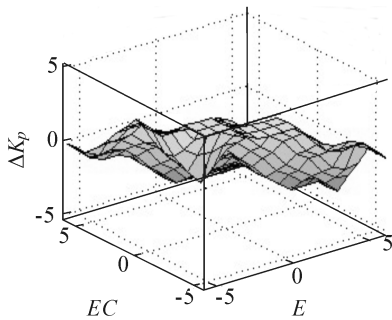
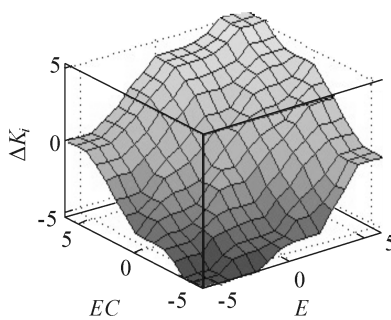


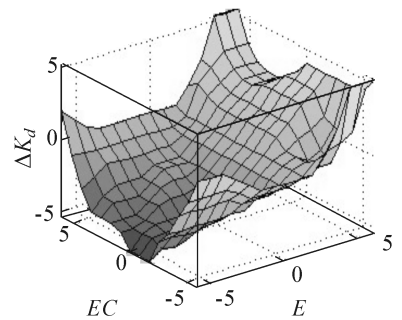
图 6 模糊规则浏览器图形界面



a ΔK_p 模糊推理



b ΔK_i 模糊推理



c ΔK_d 模糊推理

图 7 $\Delta K_p, \Delta K_i, \Delta K_d$ 的模糊推理三维立体图

3 仿真分析

3.1 仿真模型的建立

首先建立比例溢流阀的传递函数,一般情况下可将其看成一个 2 阶环节,经整理可得

$$G(s) = \frac{P(s)}{U(s)} = \frac{3.2}{0.0067s^2 + 0.03s + 1}$$

然后在 Simulink 环境下创建仿真模型,如图 8 所示。

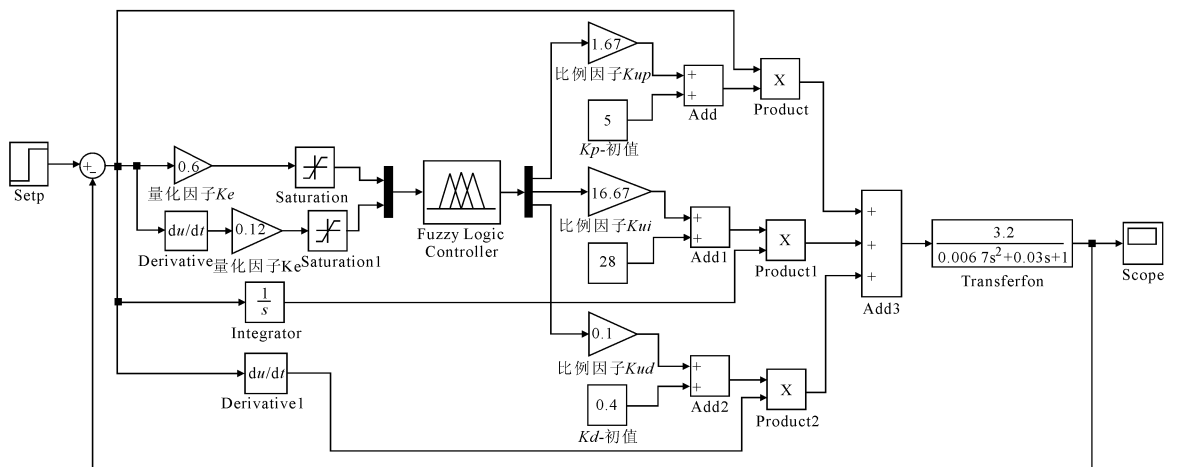


图 8 Simulink 仿真模型

3.2 仿真结果

进行仿真时,将保存模糊逻辑控制器的文件加载进来,其仿真结果如图 9 所示。

分别对未校正系统、常规 PID 校正系统和自适应模糊 PID 校正系统进行测试,可以看到,常规 PID 校正系统在性能上较校正前的系统有很大改进,但仍存在超调量大、调整时间长等缺点,而自适应模糊 PID 校正系统上升时间短、调整时间短、超调量小、振荡次数少且无静差,使系统具有较好的动态性和稳态性,从而提高了控制效果^[8]。

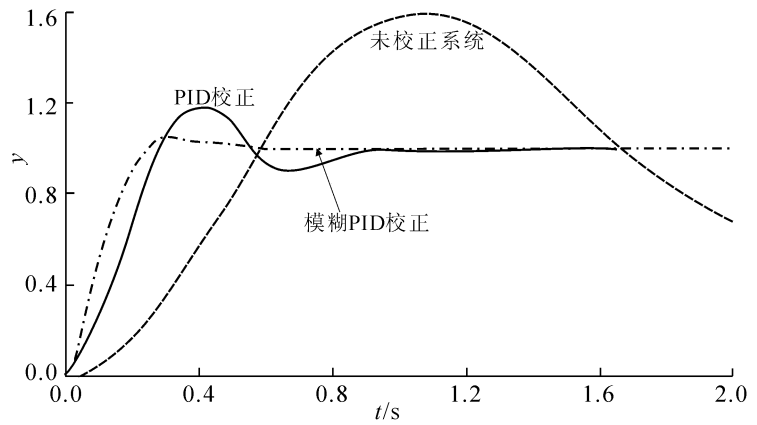


图 9 系统阶跃响应曲线

4 结语

文中设计了自适应模糊 PID 液压机压边力控制系统,该系统可以根据误差的实时变化实现 PID 参数 K_p, K_i, K_d 的在线自整定,确保系统始终处于最优状态。仿真结果表明,该系统能够实现快速响应,精准调节,超调量小,改善了系统的动静态特性,具有较强的鲁棒性。

参考文献:

- [1] 张晓斌,孙宇,樊红梅,等.板料成形压边力控制技术现状及发展趋势[J].锻压技术,2007,32(6):6-12.
- [2] 刘金琨.先进PID控制MATLAB仿真[M].北京:电子工业出版社,2007:43-45.
- [3] 刘礴,王仲奇,张旭东,等.基于模糊控制算法的多点压边力控制系统的设计与实现[J].科学技术与工程,2006,17(6):2697-2701.
- [4] 刘骏跃.PID参数的模糊整定器研究[J].机电工程,2001,18(4):65-67.
- [5] 牛秦洲,张宗喜.基于模糊推理PID参数自整定在鼓风机曝气控制中的应用[J].制造业自动化,2011,33(9):101-104.
- [6] 邹莉.板料拉深成形液压机压边力智能控制系统的实现[J].云南民族大学学报:自然科学版,2013(3):56-61.
- [7] 邢春芳.螺纹桩机智能控制系统仿真设计[J].安阳工学院学报,2008(4):4-6.
- [8] 韩江,余仲元,何高清,等.模糊自适应整定PID控制在数控精密校直机电液伺服系统中的应用研究[J].组合机床与自动化加工技术,2009(8):54-56.

Application of Simulink-Based Adaptive Fuzzy PID Algorithm in the BHF Control System of Hydraulic Machines

ZOU Li

(Anhui National Defence Vocational College, Lu'an 237011, Anhui China)

Abstract: According to the characteristics of BHF control system of hydraulic machines, this essay applies the adaptive fuzzy PID algorithm to establish fuzzy logic controller in MATLAB/Simulink, works out the adaptive fuzzy PID hydraulic machines BHF control system. The simulation result shows that with the adaptive fuzzy PID algorithm, the system has good dynamic and static characteristics and good robustness.

Key words: blank holder force; fuzzy PID control; self-adjusting; Simulink