

# 模糊 PID 控制在电液伺服系统中的应用

娄磊, 杨逢瑜, 王顺, 王其磊, 陈君辉

## Fuzzy PID Control on Electro-hydraulic Servo Systems

LOU Lei, YANG Feng-yu, WANG Shun, WANG Qi-lei, CHEN Jun-hui

(兰州理工大学 流体动力与控制学院, 甘肃 兰州 730050)

**摘要:** 由于电液伺服系统中存在扰动和干扰, 一般的控制器很难在各种条件下都取得良好的输出响应。为了解决此类问题, 我们提出了模糊控制策略。模糊 PID 控制器有不依赖于被控对象的数学模型和可适用于非线性时变系统的优点, 因此它被广泛用于电液伺服系统中。该文通过试验和仿真<sup>[5]</sup>的方法说明, 使用模糊 PID 控制器的伺服系统具有良好的动态性和鲁棒性。

**关键词:** 电液伺服系统; 模糊 PID 控制; 非线性

中图分类号: TP271 文献标识码: B 文章编号: 1000-4858(2009)07-0052-03

### 1 引言

电液伺服系统在工业上应用广泛, 因为它能提供大的扭矩和力<sup>[1]</sup>。电液伺服系统<sup>[6]</sup>需要快速和准确的响应。但是, 液压系统是复杂和非线性的, 参数的不确定性, 外部干扰和负载变化严重影响了系统的快速响应和准确性。

模糊控制<sup>[4,7]</sup>可以有效地解决非线性问题。模糊控制是模仿人的思维方式来进行的, 它根据工程技术

人员的实际工作经验, 运用模糊逻辑推理, 并借助计算机来实现的一种控制方法。在模糊控制中, 总结人的行为正是遵循了控制理论中的反馈和反馈控制的思想, 人们可将操作者用自然语言表达的控制策略归纳

收稿日期: 2008-12-13

作者简介: 娄磊 (1985—), 男, 河南南阳人, 硕士, 主要从事流体传动与智能控制方向的研究工作。

表 2 不同劈形对射流元件自由切换的影响

编号	喷嘴宽度	排空道面积	劈形	劈高	试验现象
1	0.5	2×3	平	1	溢流、分流严重, 不切换
2	0.5	2×3	平	2	溢流、分流严重, 不切换
3	0.5	2×3	平	3	溢流、分流严重, 不切换
4	0.5	2×3	凸	1	分流严重, 不切换
5	0.5	2×3	凸	2	分流严重, 不切换
6	0.5	2×3	凸	3	分流严重, 不切换
7	0.5	2×3	尖	1	分流严重, 不切换
8	0.5	2×3	尖	2	分流严重, 不切换
9	0.5	2×3	尖	3	分流严重, 不切换

### 7 试验结论

(1) 劈形对射流自由切换有决定性的影响, 只有当劈形为凹劈时, 才有可能实现切换。平劈、凸劈、尖劈无须考虑;

(2) 当劈形为凹劈时, 劈高对射流自由切换起决

定性的作用, 只有当劈高较小时, 才有可能实现切换;

(3) 排空道面积与喷嘴宽度对射流自由切换有影响, 但不是主要因素;

(4) 要获得较佳的自由切换, 排空道面积与喷嘴宽度要相匹配 (同时大或同时小);

(5) 要获得自由切换射流, 必须破坏元件工作室内的漩涡。

### 8 结束语

传统射流元件在改变结构参数的情况下, 能获得自由切换射流元件, 但要大量的试验。要获稳定的无溢流的自由切换元件, 建议重新设计元件内部结构。

### 参考文献:

- [1] 王人杰, 蒋荣庆, 韩军智. 液动冲击回转钻探 [M]. 北京: 地质出版社, 1988. 1-24.
- [2] 熊青山, 彭振斌, 殷琨, 等. 射流元件损坏机理试验研究及分析 [J]. 水文地质工程地质, 2004. 31(5): 97-100.
- [3] 熊青山, 孙震, 刘加旭. 深宽比及劈高对气动射流元件射流切换影响模拟试验研究 [J]. 液压与气动, 2007(3).

为一系列条件语句,即控制规则,在描述这些控制规则的语句中所用的一些词,如“较大”“较小”等都具有一定的模糊性。因此,用模糊集合来描述这些条件语句就构成了模糊控制器。文献[2]从考虑电液伺服系统的非线性和参数的时变性出发,建立电液伺服系统的完整模型并采用一种改进的变尺度多调整因子模糊控制器控制,仿真结果证明效果较好。本文针对电液伺服系统的复杂和非线性,采用模糊 PID 控制器对电液伺服系统中液压缸的位移进行控制,并在实验室的试验台上进行了试验,取得了较好的效果。

### 2 系统描述和数学模型

实验室电液伺服试验台如图 1,该系统主要由单向液压缸,伺服阀,线性可变位移传感器(LVDT)以及模糊控制器组成。传感器主要检测液压缸的位移  $y(t)$ ,  $r(t)$  为参考位移,它和实际位移  $y(t)$  进行比较得出误差信号  $e(t)$ 。模糊控制器通过模糊规则对误差信号  $e(t)$  和  $de(t)$  进行处理,处理结果通过 D/A 变换后控制伺服阀的动作,从而控制液压缸的位移使其按期望的轨迹移动。

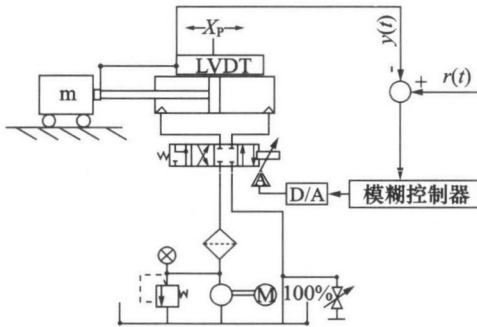


图 1 试验台伺服系统图

假定伺服阀是零开口四边滑阀,液压油不可压缩,则液压缸的传递函数可以描述为:

$$G(s) = \frac{K}{\left(\frac{s^2}{w_h^2} + \frac{2\xi_h}{w_h}s + 1\right)} \quad (1)$$

### 3 模糊控制器的设计

模糊控制器<sup>[3]</sup>具有:①不依赖于被控对象的数学模型;②可适用于非线性时变的控制对象,且具有一定的鲁棒性等优点,使其应用于液压伺服系统,有很强的吸引力。但是一般的模糊控制器不能保证系统的稳态精度,提高输入输出变量的量化等级和进行非线性量化方式虽然有助于模糊控制系统的控制精度的改善。但是由于量化等级的增加势必导致模糊规则库的急剧增加,从而对规则库的完备性、兼容性、一致性等

都带来巨大的困难。因此通过增加量化等级并不是最佳方法。模糊 PID 控制是解决这一问题的有效方法之一。模糊 PID 控制器结构如图 2,本实验的模糊控制规则库如表 1。

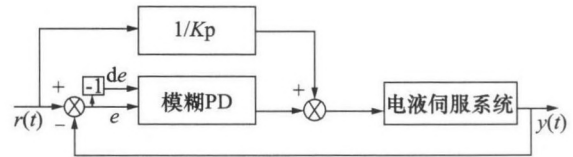


图 2 模糊 PID 控制器

表 1 模糊控制规则表

$e$ \ $de$	负	零	正
负	PB	P	Z
零	P	Z	N
正	Z	N	NB

注:PB——正大,P——正,Z——零,N——负,NB——负大

### 4 试验结果

为了验证模糊控制器在实际应用中的有效性,我们在实验室的电液伺服试验台上(如图 3)进行了试验。试验采用实时控制策略,实时控制程序在工控机上用 VC 语言进行编制,用于 D/A 和 A/D 转换的数据采集卡采用 PCL-818L。模糊逻辑控制规则可以在 MATLAB 中建立并转换成程序代码然后移植到控制器中。

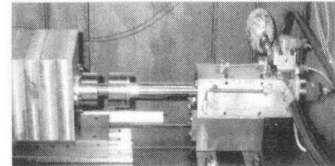


图 3 实验室电液伺服试验台

为了和传统的 PID 控制进行比较,用阶跃信号作为参考信号,液压缸的输出位移和时间的关系见图 4。对比 PID 控制,模糊 PID 控制在响应时间和超调量上显示了优越性。

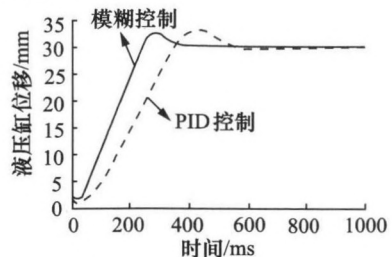


图 4 阶跃响应的比较

### 5 结论

本文设计了模糊 PID 控制器,把它应用在实验室的电液伺服试验台上,并通过仿真表明了电液伺服系

## 履带车辆差速转向机构转向过程动态特性的试验研究

荆崇波, 魏超, 刘丁华

## Experimental Investigation on Steering Characteristic of Tracked Vehicle with Hydraulic Steering Mechanism

JING Cong-bo, WEI Chao, LIU Ding-hua

(北京理工大学, 北京 100081)

**摘要:**阐述了履带车辆转向过程的转向特性以及液压无级差速转向机构的工作原理,提出了用液压次级动态仿真试验台模拟履带车辆转向过程的试验方案,在此基础上,完成了液压无级转向机构的转向性能试验。结果表明:利用恒压网络中二次元件可四象限工作的能力,可模拟出履带车辆转向过程中内侧履带由输出功率到输入功率,以及外侧履带输出功率进一步增大的变化特性。此试验方法成功解决了履带车辆转向性能试验的台架实现问题。

**关键词:**履带车辆;转向机构;试验研究

中图分类号:TH137.7 文献标识码:B 文章编号:1000-4858(2009)07-0054-03

## 引言

差速式转向机构为履带车辆上最常用转向机构,其是依靠减小内侧履带转速和增大外侧履带转速来实现转向的。履带车辆差速转向的特点是:随着转向半径由大到小变化,内侧履带将会由向地面输出功率状态变到从地面吸收功率状态,而外侧履带的功率将为发动机功率与内侧履带所吸收功率之和<sup>[1-3]</sup>。鉴于转向过程中内侧履带与外侧履带的工作特点,若要在试验台架上对差速转向机构进行转向特性模拟是非常困难的,为此,目前通常采用装车试验的方法对转向机构的工作特性进行试验研究,这种方法大大增加了试验成本,而且试验周期也 longer、复杂性也更大<sup>[4]</sup>。本文基于液压恒压网络中二次元件具有四象限工作能力的特点,提出了在恒压网络试验台上进行差速式转向机构的转向特性试验,本试验可模拟出转向过程中内、外侧履带的转矩和功率流动特性,其将对履带车辆试验

技术的发展起到推进作用。

## 1 履带车辆转向过程特性描述

履带车辆转向过程中,内侧履带所受到的制动力 $F_1$ 和外侧履带所受到的牵引力 $F_2$ 的表达式为:

$$F_1 = -\frac{fG}{2} + \frac{\mu GL}{4B} \quad (1)$$

$$F_2 = \frac{fG}{2} + \frac{\mu GL}{4B} \quad (2)$$

式中: $f$ 为地面变形阻力系数, $G$ 为车重, $\mu$ 为转向阻力系数, $L$ 为履带接地长度, $B$ 为两侧履带的中心距,其中转向阻力系数的表达式可进一步写为:

收稿日期:2008-12-03

基金项目:车辆传动国家重点试验室基金项目(9140C34020-50702)

作者简介:荆崇波(1970—),男,山东烟台人,讲师,博士研究生,主要从事履带车辆液压技术方面的科研工作。

统的模糊 PID 控制比传统的 PID 控制有较小的超调量和较快的响应速度。

## 参考文献:

- [1] Hongren Li. Hydraulic control system[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1990.
- [2] 贺云波,等. 电液伺服系统的完整建模及变尺度多调整因子解析模糊控制[J]. 机床与液压, 2000(5).
- [3] 李士勇,模糊控制和智能控制理论与应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1990.

- [4] 韦巍. 智能控制技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2007.
- [5] 李国勇. 智能控制及其 MATLAB 实现[M]. 北京:电子工业出版社, 2005.
- [6] 顾瑞龙. 控制理论及电液控制系统[M]. 北京:机械工业出版社, 1984.
- [7] Corbet T., Sepehri N., Lawrence, P. D.. Fuzzy control of a class of hydraulically actuated industrial robots[J]. IEEE Transactions on Control Systems Technology 1996, 4(4): 419-429.