

基于模糊逻辑的液力减速器智能控制的研究

张玉玺¹, 程秀生¹, 李辉², 刘维海¹

(1. 吉林大学, 吉林 长春 130025; 2. 内蒙古交通职业技术学院, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要: 液力减速器是车辆传动系统中重要的辅助制动装置, 液力减速器的制动扭矩大、制动平稳、散热好以及结构体积小, 在现代车辆上得到了广泛地应用. 本文分析了液力减速器的结构及工作原理, 提出了以实验数据为依据、以制动踏板的开度、制动踏板变化率作为输入, 通过模糊推理对液力减速器进行智能控制的控制方法. 经过在实车上进行验证, 实验表明该控制方法具有更好的控制性能.

关键词: 液力缓速器; 模糊控制; 车辆传动

中图分类号: U463 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2007)05-0014-04

Research of the Hydraulic Retarder Intelligentized Control Based on Fuzzy Logic

ZHANG Yu-xi, CHENG Xiu-sheng¹, LI Hu², LIU Wei-hai¹

(1. Jilin University, Changchun 130025, China; 2. Neimenggu Transportation College, Chifeng, Neimenggu 024000, China)

Abstract As an important assistant brake system accessory of vehicle transmission system, the hydraulic retarder is widely used in the modern vehicle because of its merits such as great brake torque, good stability, good emanate heat and small cubage. The structure and principle of the hydraulic retarder are analyzed. Through the analysis of fuzzy inference and on the basis of the test data, a kind of intelligentized control system is put forward, which takes brake pedal opening and change rate as input. Through the experiment on the real vehicle, it is found that the intelligentized control has better control performance compared with the ordinary control method.

Key words hydraulic retarder; fuzzy control; vehicle transmission

0 引言

液力减速器是车辆传动系统中一种重要的辅助制动装置. 用减速器制动取代主制动器的频繁制动, 可以防止主制动器过热而导致制动效果失灵. 减速器可以提高车辆制动系统的可靠性, 延长制动系统的使用寿命, 液力减速器具有高速制动力矩大、性能可靠、散热好、结构简单等优点^[1]. 国外液力减速器研究和应用开展得比较早, 技术成熟, 结构类型多样, 目前在车辆上应用比较普遍. 我国液力减速器研究和应用开展得比较晚, 主要用于内燃机车和工程机械上, 在军用车辆、重型货车及大型客车上也有一些应用^[2].

1 液力减速器的结构及工作原理

液力减速器系统主要由减速器本身、电子控制单元、操纵装置和诊断电脑(非车载)等部分组成. 液力减速器本身主要由动轮、定轮、快速充放油机构、减少空转损失机构以及电子单元控制系统等组成. 动轮和定轮共同组成工作腔, 液力减速器工作时, 工作腔内充入工作液体, 工作液体在动轮叶片带动下在工作腔中循环冲击, 动量矩发生变化, 产生制动力矩, 将旋转机械的机械能转化为工作液体的热能, 通过散热系统将热量带走从而实现车辆减速制动. 当解除减速制动时, 工作液体释放到油槽里, 保证减速器不会在车辆

收稿日期: 2007-04-06 基金项目: 吉林省科技发展计划项目(项目编号: 20050317-1)

第一作者简介: 张玉玺(1979.1-), 男, 在读博士研究生. 主要研究方向: 汽车自动变速理论与控制技术.

E-mail: yuxi980@163.com

行驶时产生阻力, 消耗燃料^[3].

减速器的减速力矩的大小取决于工作腔内介质(减速器制动油)的压力和数量以及传动轴的转速, 液力减速器的制动扭矩公式为:

$$M = OYD^5 n^2$$

其中: D , n , O 和 Y 分别为工作轮有效循环直径、工作轮转速、效率系数和工作液的密度. 由上式可见工作轮转速 n 越高, 所获得的制动扭矩就越大. O 是一个无因次物理量, 对于具有直线型叶轮的减速器而言, 它的大小约在 $0.006 \sim 0.009$ 之间^[4].

减速器的控制系统通常为手动分级液压控制, 减速器工作时通过操纵手柄将减速器的减速制动能力分为 4 级即 25%、50%、75%、100%, 减速器的减速能力依次增加. 手动控制还具有恒速档控制模式, 可以使汽车在长距离下坡时实现恒速控制, 但是常规的手动控制模式不能实现反映驾驶员意图的智能化控制. 所以本减速器的控制系统还设置了脚动控制模式. 脚动控制操纵装置与制动踏板联动, 在驾驶室的操纵面板上安装了一个手动脚动操纵控制选择按钮. 脚动控制模式可以实现适应外界道路环境情况、适应驾驶员主观驾驶意图和车辆运动状态的智能化最佳制动无级减速控制, 并且可以克服传统的液力减速器的减速制动响应和解除减速制动响应慢的缺点.

2 模糊控制策略的设计

本文结合汽车整车及动力传动与制动系统的特点, 根据模糊控制逻辑建立了一种能够自动适应外界道路情况、适应驾驶员主观驾驶意图和车辆运行状态的一种智能化的液力减速器控制方法.

2.1 模糊控制器系统的基本结构

模糊控制系统由以下几个部分组成: 模糊控制器、输入输出接口、检测装置、执行机构和被控对象. 模糊控制器需要 A/D、D/A 转换接口, 以实现控制器与模拟环节的连接. 它也是一个闭环反馈控制系统, 被控制量要反馈到控制器,

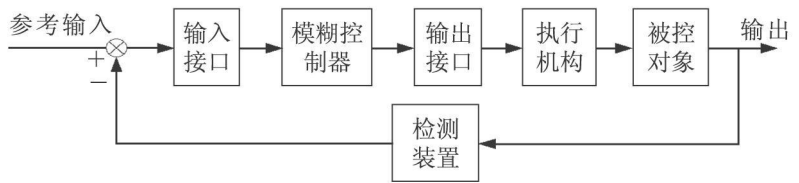


图1 模糊控制系统框图

Fig.1 Frame drawing of the fuzzy control system

与设定值相比较, 根据误差信号进行控制如图 1 所示. 模糊控制器主要由模糊化、模糊逻辑推理和去模糊化处理 3 部分组成. 本文采用的是由单片机组成的控制器, 用自己编程的方法来实现模糊化、模糊逻辑推理、去模糊化等过程. 单片机选用的是 16 位 Infineon XC164CS 芯片, 用 C 语言编写控制程序.

2.2 模糊控制参数的确定

由于液力减速器的智能化控制的目标是能够根据驾驶员的意图以及路面条件来实现减速器制动扭矩的智能控制, 在制动过程中, 路面环境条件的不同可以根据驾驶员制动踏板的意图反映出来, 为了能够较好的反映驾驶员制动时的驾驶意图, 我们选用制动踏板位移量和制动踏板位移变化率作为模糊控制的输入参数. 驾驶员制动时驾驶意图以及路面状况可以根据驾驶员制动踏板的动作来决定. 制动踏板位移量较大, 即制动踏板踏的深, 说明驾驶员需要车辆较快的减速制动, 制动系统要产生较大的制动力矩; 反之则需要汽车较轻的减速制动, 制动系统需要的制动力矩较小. 制动踏板位移的变化率也是反映汽车减速制动时驾驶员意图的重要参数, 制动踏板力度的大小和急缓与驾驶员是否需要紧急制动, 汽车制动时驾驶员所需要的力矩也与路面状况相对应. 因此选择制动踏板位移量和位移变化率作为模糊控制的 2 个输入参数, 认为它们是并列关系, 但前者略比后者重要.

在液力减速器的脚动智能控制模式中, 其控制方法是通过测量制动踏板位移量和变化率 然后根据模糊控制逻辑算法进行逻辑推理和计算后, 由电控单元发出相应的脉宽调制信号来控制比例阀的电流, 进而控制比例阀的出口开度来控制流入减速器工作腔里面工作液的质量, 从而达到控制液力减速器的减速力矩的目的. 当制动过程结束后, 电控单元还要控制比例电磁阀使工作液从工作腔中迅速排出. 所以该模糊控制方法以液力减速器的减速力矩为模糊控制输出参数^[5].

2.3 模糊控制过程分析

在模糊控制过程中,首先是进行模糊化处理,将制动踏板的位移、制动踏板位移变化率以及减速器制动力矩等精确的数字量分别转换为模糊量,将输入的精确量转换成为与之相应的隶属函数.在模糊量划分设计时,将制动踏板位移以及位移变化率和车速分别分成小、较小、中、较大、大 5 个模糊状态量,则系统就有 25 个模糊状态;将减速器的制动力矩划分为小、较小、中、较大、大 5 个模糊状态量.

其次将模糊量转换为与之相应的隶属函数,常见的隶属函数有正态分布形、梯形、三角形等形状,一般认为正态分布形最好,但计算复杂;三角形次之,然后是梯形.在本文中,为了计算方便,选用三角形隶属函数.则制动踏板位移、制动踏板位移变化率、车速和减速器制动力矩的隶属函数如图 2~ 图 4 所示.

图中 L_1 为制动踏板位移隶属度, L_2 为制动踏板位移变化率的隶属度; X 为制动踏板位移量的大小, Y 为制动踏板位移变化率的大小; X 和 Y 均取 0 到 100

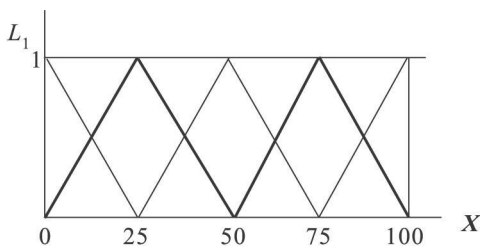


图2 制动踏板位移隶属函数
Fig.2 Subjection function of brake pedal amount

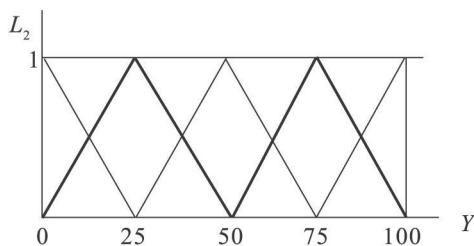


图3 制动踏板位移变化率隶属函数
Fig.3 Subjection function of brake pedal amount velocity

之间变化为了计算隶属度方便,具体计算模糊控制输出时再将它们换算成为实际值. L_4 为液力减速器制动扭矩隶属函数, P 为液力减速器制动扭矩的值.同样道理,为了计算隶属度的方便,制动扭矩的值也取为从 0 到 100 之间变化,具体计算最后输出时再换算过来.然后建立起一系列模糊推理规则.在这里有两个输入参数,各种不同输入参数的组合将得到不同的输出.

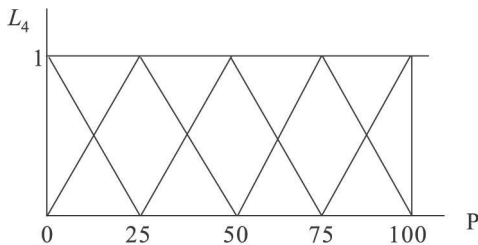


图4 液力减速器制动扭矩隶属函数
Fig.4 Subjection function of vehicle speed velocity

模糊推理规则根据优秀驾驶员的经验得出,表 1 是输入输出参数规则表.模糊推理常采用的是 Mamdani 法.首先在同一规则中取两个输入变量隶属度的最小值作为规则前件的隶属度,然后与规则后件的隶属度进行最小运算得出各规则的结论,再对各规则的结论作最大运算得出推理结果.

表 1 模糊控制规则

Table 1 Fuzzy control rule

		制动踏板位移				
		小	较小	中	较大	大
制动踏板位移变化率	小	小	小	较小	较小	中
	较小	小	较小	较小	中	较大
	中	较小	较小	中	较大	较大
	较大	中	中	较大	较大	大
	大	中	较大	较大	大	大

在模糊控制系统中,模糊控制算法和控制规则有直接的关系.根据不同的系统情况可以采用不同的控制算法.控制算法一般可分成查表法,解析式法,自校正算法等.其中查表法是目前最常用的方法.查表法的计算速度快,其精度取决于语言变量论域元素的数目.论域元素越多,控制精度则越高.由于查表法运算简单,在实时应用中有着不可忽视的优点,由于液力减速器的精度要求不高而实时性要求较高,所以本控制系统的控制算法采用查表法.

在模糊控制计算中最后一步就是反模糊化处理,通过反模糊化,将模糊推理结果转换为实际控制量.本文采用重心法进行反模糊化处理^[6,7].

3 实验结果分析

本试验以福伊特 133-2 型液力减速器为试验样机,把原来样机的控制系统换成自己开发的控制系统后,将减速器安装在某重型载重汽车上进行平坦道路减速制动试验.数据采集系统的采样时间间隔为 50 ms,汽车制动时的初始速度为 80 km/h 制动试验分为两组:缓慢制动(制动踏板的开度为 15%)和正常

制动试验(制动踏板开度为 50%)。在每组试验中, 分别进行制动器单独工作和减速器与制动器联合工作的制动试验。我们得到不同情况下车速的变化关系如图 6 和图 7 所示。

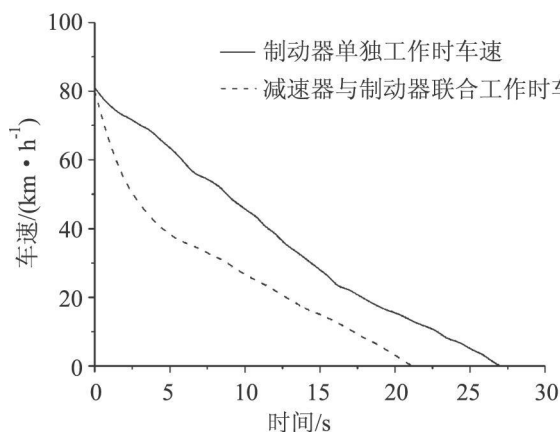


图5 缓慢制动时车速的变化关系
Fig 5 Change of vehicle speed when slow braking

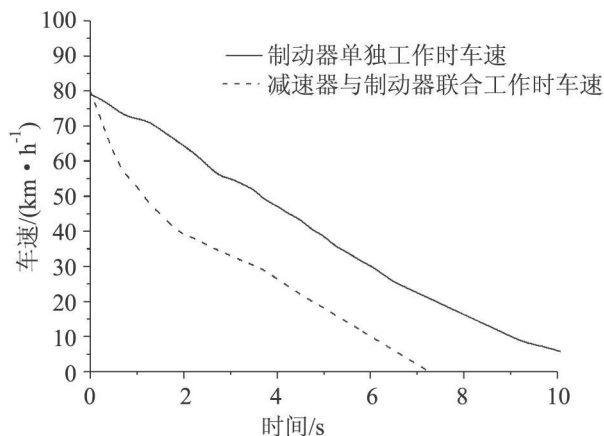


图6 正常制动时车速的变化关系
Fig 6 Change of vehicle speed when natural braking

从图 5 中我们可看出, 汽车在平坦路面上缓慢制动试验, 当制动器单独工作时, 车速由 80 km/h 开始制动到停车需要 27 s 而减速器和制动器联合制动只需要 20 s 在减速器与制动系统联合制动时, 我们可以看到开始制动的瞬间, 制动力矩很大, 车速下降很快, 随着车速的降低, 制动减速度越来越小。这是因为液力减速器在高速时制动扭矩很大, 低速时液力减速器制动扭矩很小, 基本上只能靠制动器进行减速, 这也正是在减速器参与的减速制动工作中, 需要将制动器和减速器联合制动的的主要原因, 但是在制动过程中减速器占主要地位。在正常制动试验中, 制动时的趋势和缓慢制动时一样, 只不过制动时间变短, 制动减速度变大而已。我们还可以看出在制动试验中由于制动功率随车速和制动减速度的降低而降低, 我们可知在开始制动瞬间制动功率极大, 但是由于时间较短, 制动产生的热量不会造成发动机散热系统的负担。

4 结论

本文结合重型车整车及动力传动与制动系统的特点, 根据模糊逻辑推理的理论, 以制动踏板位移和制动踏板位移变化率为输入参数研究了能够反应驾驶员主观驾驶意图、外界道路环境和车辆运行状态的智能化液力缓速器控制方法。

模糊控制是一种不依赖于被控对象的精确模型, 具有鲁棒性好, 响应速度快等特点的智能化控制方法。本控制方法减小了传统的液力减速器的减速制动响应和解除制动响应慢等缺点。

智能液力减速器可保留绝大部分原总成部件, 只改变其中的电子控制单元和操纵控制部分, 生产继承性好, 改造的投入费用少, 硬件开发与软件研制成果的通用性强, 可推广到不同类型的液力减速器产品中, 其性能价格比将高于电涡流缓速器。因而, 开发有自主知识产权的智能液力缓速器, 是目前非常适合国情、现实而有前途的。

参考文献:

- [1] 王峰, 阎清东, 乔建刚. 液力减速器制动性能的计算方法 [J]. 起重运输机械, 2006(5): 24-27.
- [2] 许沧粟, 刘少林, 占少民. 电涡流缓速器测试台架的研究 [J]. 机床与液压, 2005(1): 119-121
- [3] 杨凯华, 郑慕桥, 阎清东, 等. 车辆传动中液力减速器的技术发展 [J]. 工程机械, 2001(6): 32-36
- [4] 吴修义. 德国福伊特 (VOITH) 液力缓速器 [J]. 汽车与配件, 2005(12): 30-33
- [5] 黄榕清, 吴磊, 邵建华. 汽车液力缓速器的原理及应用 [J]. 汽车电器, 2006(11): 6-8
- [6] 余强, 陈萌三, 马建, 等. 发动机制动、排气制动与缓行器联合作用的模糊控制系统研究 [J]. 汽车工程, 2004(4): 476-480
- [7] 朱伟兴, 唐骏, 何仁. 自适应阶梯模糊控制在电涡流缓速器中的应用 [J]. 江苏大学学报, 2006(3): 126-129