

考虑油门开度快速变化的自动变速器换挡控制策略^{*}

刘文光 何仁

(江苏大学汽车与交通工程学院, 镇江 212013)

【摘要】 在机械自动变速器三参数(油门开度、车速、加速度信号)换挡控制中,汽车惯性大会引起汽车车速响应速度相对于油门开度变化的滞后,在油门开度变化率比较大的情况下易出现频繁换挡现象。本文将油门开度变化率作为输入参数,提出了换挡四参数模糊控制方法。同时针对四参数模糊控制输入参数多、模糊规则多的问题,提出了双模糊四参数控制器方法,减少了模糊规则的数量,提高了处理器的运行能力。仿真结果验证了控制策略的正确性。

关键词: 自动变速器 油门开度变化率 换挡 控制策略

中图分类号: U463.212

文献标识码: A

AMT Shift Control Strategy Based on the Fleetness Changing of the Gas Pedal Aperture

Liu Wenguang He Ren

(School of Automobile and Traffic Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract

Using three parameters (the change of accelerator aperture, the vehicle speed, the accelerator) shift control in AMT vehicle, the vehicle speed response lagged to the change of accelerator aperture for the large inertia of the automobile, and the phenomenon of shifting frequently occurred when accelerator aperture varied extensively. The fuzzy control method was proposed on the base of three parameters into which the change of accelerator aperture was added. Meanwhile, aimed at the problem of excessive input parameter and rule, the method of double fuzzy rule was proposed which reduced the amount of rule, improved the processor operation ability. The simulation results verify the validity of control strategy.

Key words AMT, Rate of gas pedal aperture change, Shift, Control strategy

引言

电控机械自动变速器(AMT)换挡控制目前主要采用两参数或三参数控制。两参数控制以车速和油门开度或以车速和发动机转速作为输入参数^[1~2],汽车在正常路面稳态下行驶,两参数控制准确,能够反映驾驶员的驾驶意图,进行正确换挡操作。但由于汽车大部分时间是在变工况情况下行驶,汽车用两参数控制很难满足实际车辆的行驶要

求,电控机械自动变速器采用了三参数控制,即车辆加速度 \dot{v} 、速度 v 、油门开度 α 。加速度作为控制输入参数,与两参数控制相比,可使自动变速汽车具有更好的动力性和燃油经济性^[3]。

在油门开度变化率大的情况下,易出现频繁换挡现象,降低了车辆的舒适性。为了减少车辆频繁换挡,本文提出一种四参数控制方法,以消除在油门开度变化率大的情况下引起的频繁换挡现象,提高车辆的乘坐舒适性。

收稿日期: 2008-09-12 修回日期: 2008-09-26

^{*} 江苏省中小科技型企业创新基金资助项目(BC2008153)和江苏大学博士生创新项目(CX08B-11)

作者简介: 刘文光,博士生,主要从事汽车机电一体化研究,E-mail: liuzhangwang2000@163.com

通讯作者: 何仁,教授,博士生导师,主要从事汽车机电一体化研究,E-mail: heren@ujs.edu.cn

1 油门开度迅速变化产生频繁换挡的原因

汽车在换挡过程中,由于离合器的分离,需要对变速器换挡前后输入轴转速和发动机的输出轴转速进行分析,以达到挡位的最佳结合时机。发动机的输出轴与变速器的输入轴转速相差过高将影响换挡的平顺性。考虑在汽车的整个换挡过程中分离、接合时间短,并且汽车惯性大,可以认为换挡前后瞬间车速基本保持不变。

在油门开度快速变化情况下,汽车的惯性较大,车速变化相对于油门的变化存在着滞后现象。汽车在一些路况下,油门开度快速变化,采用三参数控制的电控机械自动变速器,缺少油门开度变化率,不能准确反映此路况信息。在油门开度快速变化时,易造成车辆的频繁换挡,引起车辆的换挡冲击,降低汽车的舒适性,增加机械部件磨损。

1.1 动力学分析

从动力学看,发动机在非稳定工况下工作时,其角速度、负荷(油门开度)及热工况往往同时发生变化,或其中二者发生变化,从而使非稳定的动力性指标比稳态下降,这时发动机动态转矩取决于发动机转速变化率 $d\omega_e/dt$ 和油门开度变化率 $d\alpha/dt$ [4]。定油门加速和变油门加速可分别表示为

$$M_e^D(t) = M_e(t) - \gamma \frac{d\omega_e}{dt} \quad (1)$$

$$M_e^D(t) = M_e(t) - \gamma \frac{d\omega(t)}{dt} - \zeta \frac{d\alpha(t)}{dt} \quad (2)$$

式中 $M_e^D(t)$ ——发动机动态转矩

$M_e(t)$ ——发动机稳态转矩

γ ——与发动机转速变化率有关的发动机动态转矩下降系数

ζ ——与油门开度变化率有关的发动机动态转矩下降系数

从式(1)、(2)可知,发动机转速变化率 $d\omega_e/dt$ 和油门开度变化率 $d\alpha/dt$ 越大,发动机动态转矩 $M_e^D(t)$ 与稳态转矩 $M_e(t)$ 相差也越大,从而动态牵引力 F_t^D 与稳态牵引力 F_t^S 相差也越大。这使得所设计的换挡规律与车辆的实际行驶工况不完全匹配,因此在油门剧烈变动的加、减速工况下会产生频繁换挡现象[5]。

1.2 换挡时机分析

汽车换挡阈值都是在油门开度变化率小、发动机稳态特性的情况下设置的,并以车速和油门开度为换挡依据,如图1所示。

对于油门开度变化率小的情况,汽车能够正确按照设定的换挡规律进行换挡,不会产生频繁换挡

现象。实际情况是油门开度变化率并不总在很小的范围内平顺改变,有时会出现很多油门开度变化率大的特殊路况。

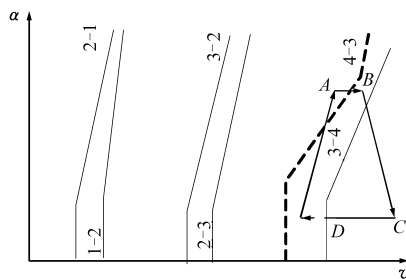


图1 平路面上车速与油门开度换挡图

Fig. 1 Changing shift in the vehicle speed and accelerator aperture

假设车辆保持油门开度不变,在A点对应的3挡区加速行驶,即按AB线加速,则随着车速的增大而达到B点(位于3、4挡重叠区)。此时,如果由于某种原因(如前方车流速度突然减慢)而急剧减小油门时,由于车辆的惯性较大,使得油门开度 α 与车速 v 的关系曲线按BC线变化至C点,则进入了升挡线右侧的4挡区,发生了3-4的升挡过程,这显然与驾驶员的减速意图不符。升挡后车速继续降低,如果车速降至D点时,前方车流速度突然加快,驾驶员要踏下油门踏板以保持跟车行驶。但如果油门踏板踏下过快,即按DA线变化至A点,则进入了降挡线左侧的3挡区,发生了4-3的降挡过程[5]。

导致频繁换挡的直接原因是由于车辆的惯性较大,使得油门在急速变化的情况下,车速不能立刻响应油门的突变,即车速的改变相对于油门的突变存在较大的滞后,且油门变动越快、挡位越高、车辆越重,滞后越大,从而破坏了稳态工况下油门开度与车速的一一对应关系。这样,车辆在行驶过程中,当油门突变时就产生了与驾驶员意图截然相反的换挡操作。

2 模糊控制系统设计

基于以上分析,本文在换挡三参数的基础上提出了采用四参数的模糊控制方法,消除或者减少由于油门开度变化率大而引起的不正确地换挡过程,从而能够通过处理器正确地反映驾驶意图。在快速踏下和松开油门踏板的情况下,采用包括油门开度变化率 $\dot{\alpha}$ 的四参数模糊控制方法。应用油门开度变化率来识别油门踏板的快速踏下情况,实现不同工况下的汽车换挡要求。

2.1 模糊控制原理

采用四参数进行挡位识别,系统将汽车的车速 v 、车辆加速度 \dot{v} 、油门开度 α 和油门开度变化率 $\dot{\alpha}$

模糊化后转变为模糊量,依据这些模糊信息,通过控制规则做出模糊决策,再经反模糊化后,变为精确量,对挡位进行正确的判断,并进行合适的换挡。其模糊控制过程如图2所示。

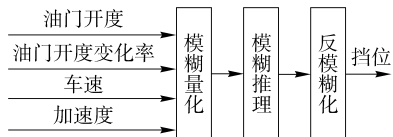


图2 模糊控制原理图

Fig.2 Fuzzy control

2.2 控制系统的输入和输出量

在模糊控制中,输入参数越多,产生的模糊规则越多,每增加一输入参数,其模糊规则就成倍增加,增加了单片机数据处理的负荷^[6~10]。为此,将输入四参数分两个模糊控制器进行控制,其原理如图3所示。一个模糊控制器采用正常的三参数(油门开度、车速、加速度)控制,得出换挡策略。另一模糊控制器为两参数(油门开度变化率和车辆加速度)控制,得出油门开度变化率的换挡策略。

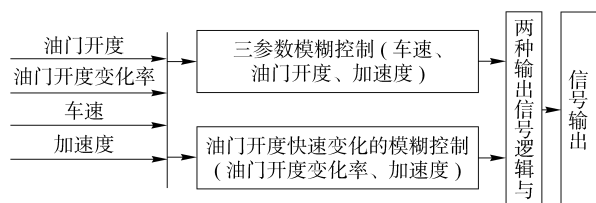


图3 油门变化模糊控制原理图

Fig.3 Fuzzy control of the change of accelerator aperture

选定油门开度 α 模糊量化的取值范围为 $0 \sim 100$,用6个状态词汇来描述油门开度输入变量,即: {小油门开度、中小油门开度、中油门开度、中大油门开度、大油门开度、特大油门开度};油门开度变化率 $\dot{\alpha}$ 的模糊量化取值为 $-5 \sim 5$,选用7个状态分割整个论域集 {特负大、负大、负小、零、小、中、大};车速 v 的模糊量化取值为 $0 \sim 160 \text{ km/h}$,选用5个状态分割论域集,即: {低速、中低速、中速、中高速、高速};加速度 \dot{v} 的模糊量化取值为 $-5 \sim 5 \text{ m/s}^2$,选用的状态为 {负大、负小、零、小、中、大}。其输出变量三参数用来判断升挡、降挡和保持原有挡位,油门开度变化的模糊控制两个输出状态 {保持、换挡}。

两个模糊控制器的最终结果进行逻辑与,产生实际的换挡策略,如表1所示。

三参数(油门开度、车速、加速度)的模糊控制选择升、降挡。与油门开度变化率模糊控制的挡位要求进行逻辑与,来判断路面状况,决定是否进行换挡。在油门开度变化率不大的情况下,油门开度变化率模糊控制输出为换挡,此时挡位输出值为正常换挡。在油门开度变化率大的情况,油门开度变化

模糊控制输出值为保持,此时要求保持原来挡位,不进行换挡操作。此控制方法减少了单片机处理大量模糊输入数据的运算过程,提高了响应速度。

表1 换挡输出结果真值表

Tab.1 Result of changing shift

三参数模糊控制输出值	油门开度变化率模糊控制输出值	系统输出值
升、降挡	保持	保持
升、降挡	换挡	升、降挡
保持	换挡	保持
保持	保持	保持

2.3 模糊规则和模糊推理

模糊隶属函数采用梯形函数,梯形函数可以更加合理地反映输入参数的变化特性。

在车辆系统辨识和总结熟练驾驶员经验的基础上,初步得出油门开度快速变化时控制模糊规则:

如果 $\dot{\alpha}_1 > U_i$, 并且 $\dot{\alpha} > 0$, 则挡位不进行变化。

如果 $\dot{\alpha}_1 < U_-$, 并且 $\dot{\alpha} < 0$, 则挡位不进行变化。

其中 U_i ——当油门开度变化率为正时,油门开度正变化率设置进行挡位变换的阈值

U_- ——当油门开度变化率为负时,油门开度负变化率设置进行挡位变换的阈值

采用 Sugeno 型推理作为模糊推理过程。Sugeno 型模糊推理输出隶属度函数只能是线性的或者是常量,并且 Sugeno 系统比 Mamdani 系统更紧凑,并具有很高的计算效率,因而模糊系统能对数据完成最优建模。

3 仿真结果分析

通过 Simulink 仿真,分别建立了加入油门开度变化率的模糊控制系统仿真和没有加入油门开度变化率的普通系统仿真,其仿真结果如图4、5所示。

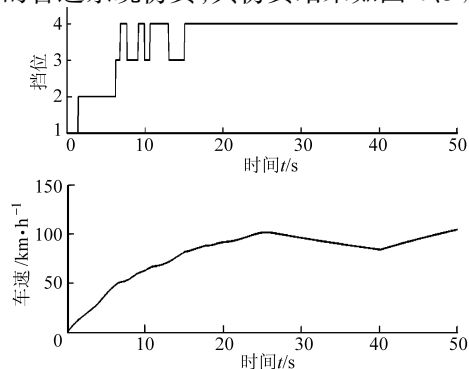


图4 三参数控制挡位和速度曲线

Fig.4 Three parameters control of the shift and vehicle speed

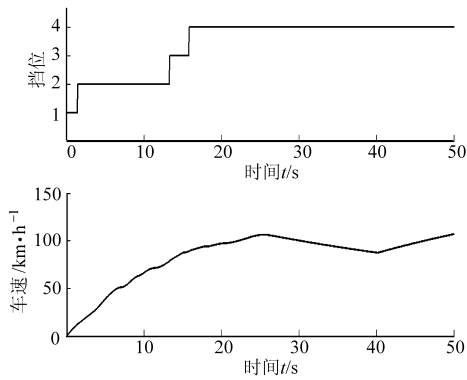


图5 四参数控制挡位和速度曲线

Fig.5 Four parameters control of the shift and vehicle speed

没有加入油门开度变化模糊控制前,挡位在3、4挡之间出现频繁换挡的现象,加用挡位快速变化率的四参数模糊控制系统后,避免了不正确换挡。

分析仿真曲线,油门开度快速变化引起车辆频繁换挡,增加了变速器和发动机的磨损,同时降低了汽车乘车舒适性。而加入油门开度变化率的四参数模糊控制以后,减少了换挡的次数,降低了换挡冲击,更符合驾驶员的驾驶意图。

4 结束语

加入油门开度变化率的四参数模糊控制能够有效地改善在挡位快速变化的情况下引起的频繁换挡,减少了换挡冲击,并减少了机械部分的磨损,更加符合驾驶员的驾驶意图进行换挡操作。同时对于四参数输入的模糊控制,由于输入多参数控制规则,影响了处理器的处理能力,而采用多参数分开的双模糊控制方法,减少了控制规则数量,提高了运行效率。

参 考 文 献

- 葛安林. 车辆自动变速理论与设计[M]. 北京:机械工业出版社,1993.
- 张建珍,骆剑亮. 基于三参数最佳动力性换挡规律的制定与仿真研究[J]. 华南热带农业大学学报,2006,12(4):19~22.
Zhang Jianzhen, Luo Jianliang. Design and simulation study of 3 parameter controlled optimal-power shift schedule[J]. Journal of South China University of Tropical Agriculture, 2006,12(4):19~22. (in Chinese)
- 阴晓峰,谭晶星,雷雨龙,等. 基于神经网络发动机模型的动态三参数换挡规律[J]. 机械工程学报,2005,41(11):174~178.
Yin Xiaofeng, Tan Jingxing, Lei Yulong, et al. Dynamic shift schedule with 3-parameter based on neural network model of engine[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2005, 41(11):174~178. (in Chinese)
- 葛安林,吴锦秋,林明芳. 汽车动力传动系统参数的最佳匹配[J]. 汽车工程,1991,13(1):35~42.
Ge Anlin, Wu Jinqiu, Lin Mingfang. Optimum matching of parameter for automotive power train[J]. Automotive Engineering, 1991,13(1):35~42. (in Chinese)
- 何忠波,白鸿柏,杨建春. AMT车辆频繁换挡的消除策略[J]. 农业机械学报,2006,37(7):9~13.
He Zhongbo, Bai Hongbai, Yang Jianchun. Eliminating strategy of AMT vehicles' shift hunting[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006,37(7):9~13. (in Chinese)
- Zhao Yongsheng, Chen Liping, Zhang Yunqing. Enhanced fuzzy sliding mode controller for automated clutch of AMT vehicle[C]. SAE Paper 2006-01-1488, 2006.
- Yin Xiaofeng, Tan Jingxing, Lei Yulong, et al. Combined control strategy for engine rotate speed in the shift process of automated mechanical transmission [C]. SAE Paper 2004-01-0427,2004.
- 高爱云,付主木,张文春. 拖拉机电控机械式自动变速器模糊换挡策略[J]. 农业机械学报,2006,37(11):1~4.
Gao Aiyun, Fu Zhumu, Zhang Wenchun. Fuzzy shift schedule of automatic mechanical transmission for tractors[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(11):1~4. (in Chinese)
- Sakai, Hasegawa Y, Sakaguchi S, et al. Shift scheduling method of automatic transmission vehicles with application of fuzzy logic[C]. SAE Paper 905049,1990.
- 葛安林,金辉,张洪坤,等. 一种汽车智能换挡体系的研究[J]. 中国机械工程,2001,12(5):585~588.
Ge Anlin, Jin Hui, Zhang Hongkun, et al. Study on automobile intelligent shift architecture[J]. China Mechanical Engineering, 2001,12(5): 585~588. (in Chinese)