

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.11.019

考虑油门开度快速变化的工程车辆 四参数换挡策略研究

张永明,徐 杰,田晋跃

(江苏大学 汽车与交通工程学院,江苏 镇江 212013)

摘要:针对工程车辆自动变速器的循环换挡问题,对发动机非稳态工况进行了动力性分析,对工程车辆自动变速器双参数(车速和油门开度)、三参数(车速,油门开度,加速度)的换挡规律进行了研究,提出了一种增加油门开度快速变化率的双模糊四参数换挡控制策略。建立了基于 Matlab/Simulink/Stateflow 的新型四参数模糊控制仿真模型,通过与三参数仿真结果的对比,验证了新型四参数模糊控制策略的正确性。研究结果表明,该换挡策略能够有效降低车辆换挡次数以及换挡冲击度,循环换挡现象得到消除,提高了车辆舒适性和平顺性。

关键词:工程车辆;油门开度变化率;模糊控制;换挡

中图分类号:U463.212;TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2015)11-1489-05

Four parameters shift strategy of engineering vehicles based on fleetness changing of throttle opening

ZHANG Yong-ming, XU Jie, TIAN Jin-yue

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

Abstract: Aiming at the phenomenon of cyclic shift of an automatic transmission in engineering vehicle, dynamic analysis on the non steady condition of the engine was carried out. Study on the previous two parameters (the vehicle speed, the accelerator) and three parameters (the change of accelerator aperture, the vehicle speed, the accelerator) shift control strategies were compared and analyzed. A method of double fuzzy four-parameter shifting control strategy was presented on the base of triple-parameter optimum power-shifting into which the change rate of throttle opening was added. Finally a Matlab/Simulink/Stateflow simulation was conducted, the correctness of control strategy was verified by comparison to the results of triple-parameter control strategy. The results indicate that the frequency of the shifting and the shift shock was not only reduced effectively by the new shifting control strategy, the phenomenon of cyclic shift was also eliminated. The riding comfort of the vehicle has been improved.

Key words: engineering vehicle; change rate of throttle opening; fuzzy control; shift

0 引 言

工程车辆以作业工况为主,且作业条件恶劣、复杂多变,为了保证工程车辆作业时具有足够的动力性,其采用最佳动力性换挡规律。目前,按照控制参数的个数以及应用的普遍情况来看,工程车辆的换挡规律主要包括:双参数、三参数的换挡规律^[1-2]。两参数控制

以车速和油门开度或以车速和发动机转速为输入参数,车辆在正常路面稳态行驶,两参数控制准确,能够反映驾驶员的驾驶意图,进行正确的换挡操作。以车速、油门开度和加速度三参数的控制与两参数(车速和油门开度)控制相比^[3],工程车辆三参数最佳动力性换挡规律具有较小换挡冲击度,充分反映外界环境对车辆换挡的影响,更加符合工程车辆的实际工作状态。

然而车辆在油门开度变化率较大的情况下容易出现频繁换挡的现象,降低了车辆的舒适性^[4-5]。所以本研究在研究工程车辆三参数最佳动力性换挡规律的基础上,提出了基于油门开度快速变化的四参数换挡规律,达到消除或者减少由于油门开度变化率较大的情况下引起的频繁换挡的目的。

1 油门开度快速变化导致频繁换挡的原因

工程车辆发生油门开度快速变化的工况有作业工况和起步加速工况等。在作业工况中,由于工程车辆需要很大的驱动力来完成作业,例如挖掘、推土等,需要在短时间内加大油门以获得发动机较大转矩;在作业工况完成后需要将工程车辆快速转移时或是在起步加速工况时,需要快速升到高速档以提高车速快速行驶,此时驾驶员会快速加大油门开度。在油门开度变化较大情况下,工程车辆惯性很大,所以导致工程车辆行驶速度很难快速响应油门开度的这种突变,即车辆行驶车速的改变较油门开度有较大的滞后,这种滞后性在车辆行驶档位越高、油门开度变化越快、车辆惯性越大等情况下越严重。在三参数最佳动力性换挡规律下,由于缺少油门开度变化率这一参数,三参数换挡规律不能准确、全面地反映工程车辆在此等工况下的信息,导致工程车辆换挡频繁,增大了车辆换挡冲击度,严重影响工程车辆平顺性与舒适性。

动力性分析

从动力性的角度看发动机非稳态工况,发动机的热状况、负荷(油门开度)和角速度一般同时改变,或者有两者发生同时改变,这种改变都将改变发动机充量系数与气缸内混合气充分,而且发动机的机械损失变大,这将导致发动机非稳定工况下动力性指标比稳态下低,这时发动机动态转矩由转速变化率 $d\omega_e/dt$ 与油门开度变化率 $d\alpha/dt$ 决定^[6]:

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

式中: $T_e^D(t)$ —发动机动态转矩, $T_e(t)$ —发动机稳态转矩, γ —与发动机转矩变化率相关的发动机动态转矩降低系数, ξ —与油门开度变化率相关的发动机动态转矩降低系数;

从公式(1)可知, $d\omega_e/dt$ 与 $d\alpha/dt$ 值越大,则 $T_e^D(t)$ 与 $T_e(t)$ 的差值就越大,即发动机动态转矩与发动机稳态转矩的差值就越大,所以导致所设计的三参数换挡规律与车辆实际工况不完全匹配,所以在发动机油门开度变化率较大时,车辆发生频繁换挡现象。

2 基于 Mamdani 型推理的四参数模糊控制系统设计

本研究在三参数最佳动力性换挡规律的基础上提出了基于油门开度快速变化的四参数换挡规律,以模糊控制理论为换挡规律控制方法,最终达到消除或减小因为油门开度变化率较大而导致的工程车辆的不合理的频繁换挡操作,使得新换挡规律能够准确、及时地反映驾驶员意图。

2.1 模糊控制原理

四参数模糊控制较三参数模糊控制,其输入参数多了一个,相应的所产生的模糊控制规则就会增加很多,这会大大增加计算机计算量^[7-9]。本章研究四参数换挡规律的控制方法是将四参数换挡规律分为两个模糊控制,一个是三参数模糊控制,另一个是两参数模糊控制。双模糊控制原理图如图 1 所示。该双模糊控制方法不仅减小了输入数据的处理难度,提高了系统响应速度,而且使得工程车辆换挡精度得到了提高,更加符合驾驶员的驾驶意图。

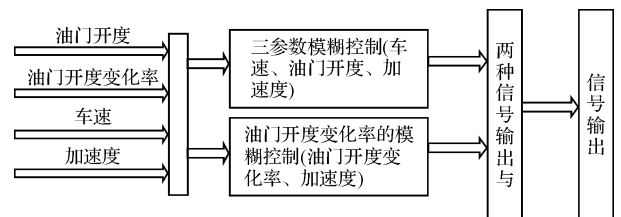


图 1 四参数模糊控制原理

图 1 中,三参数模糊控制器的作用是输出对应的工程车辆换挡策略,两参数模糊控制器输出油门开度变化率的换挡策略,其是对三参数模糊控制器输出的换挡策略进行修正,判断是否进行档位变换。

2.2 模糊控制系统的输入量与输出量

选定车辆速度 v 模糊化值用 7 个模糊状态量来描述: {极小车速、非常小车速、小车速、中车速、大车速、非常大车速、极大车速}; 选定发动机的油门开度 α 模糊化值用 7 个模糊状态量来描述: {极小、非常小、小、中、大、非常大、极大}; 选定车辆行驶加速度 dv/dt 划分为 4 个模糊集合,分别为 {小、较小、中、大}; 选定油门开度变化率 $d\alpha/dt$ 模糊化值用 7 个模糊化状态量来描述: {极负大、负大、负小、零、小、中、大}; 三参数模糊控制器用来判断车辆的升档、降档以及保持在原来档位,两参数模糊控制器输出状态值是 {保持当前档位、变换当前档位}。

本研究将两个糊控制器的输出结果进行逻辑与操作,将升挡和降挡统一视为换挡操作并作为逻辑与的控制输入为 1,变速器的保持动作控制输入为 0,得到最终的换挡策略,换挡策略如表 1 所示。

表 1 换挡输出结果真值表

三参数模糊控制输出值	两参数模糊控制输出值	系统输出值
升档 1	保持 0	保持 0
降档 1	保持 0	保持 0
升档 1	换挡 1	升档 1
降档 1	换挡 1	降档 1
保持 0	换挡 1	保持 0
保持 0	保持 0	保持 0

在发动机油门开度变化不大时,两参数模糊控制输出值为换挡,此时系统输出值为正常变换档位;在油门开度变化率较大时,两参数模糊控制输出值为保持在当前档位,此时系统输出值是保持在原来的档位,不进行档位变换。

2.3 两参数模糊控制系统的模糊规则与推理

两参数模糊控制器实质是油门开度快速变化下的模糊控制器,模糊隶属度函数均用高斯函数来描述,高斯函数能够合理的反映输入参数的变化特性。两参数模糊控制规则是在车辆系统辨识以及总结了优秀驾驶员经验的基础上建立的,其具体规则如下所示:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{若 } \frac{d\alpha}{dt} > E_{up}, \text{ 且 } Ac > 0, \text{ 则变速器档位不变} \end{array} \right. \quad (2)$$
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{若 } \frac{d\alpha}{dt} < E_{down}, \text{ 且 } Ac > 0, \text{ 则变速器档位不变} \end{array} \right. \quad (3)$$

式中: E_{up} , E_{down} —当油门开度变化率为正/负时,油门开度正/负变化率设置进行换挡的阈值; $d\alpha/dt$ —油门开度变化率; Ac —加速度。

3 基于 Matlab/SIMULINK/Stateflow 的仿真

3.1 换挡的 Stateflow 模型搭建

笔者对所研究的工程车辆建立换挡逻辑判断模块,换挡 Stateflow 模型^[10]如图 2 所示。

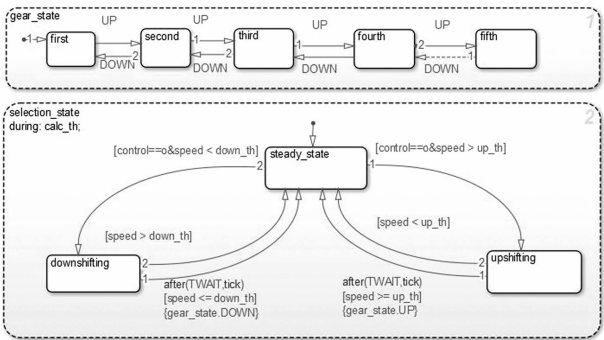


图 2 换挡 Stateflow 模型

在图 2 中还增加了 control 事件触发器,该触发器的作用是;若 control = =0,则表示四参数模糊控制器的输出符合发动机油门开度正常变化,变速器可以正常的进行升挡与降挡;若 control = =1,则表示四参数模糊控制器的输出不符合发动机油门开度正常变化,变速器不可以进行正常的升挡和降挡。

3.2 四参数模糊控制仿真模型搭建

本研究分别建立工程车辆传动系统各子模型,包括发动机模型、液力变矩器模型、变速器模型与整车模型等,将上述模型与双模糊控制系统与 Stateflow 换挡模型组合在一起构成四参数模糊控制仿真模型,四参数模糊控制仿真模型如图 3 所示。

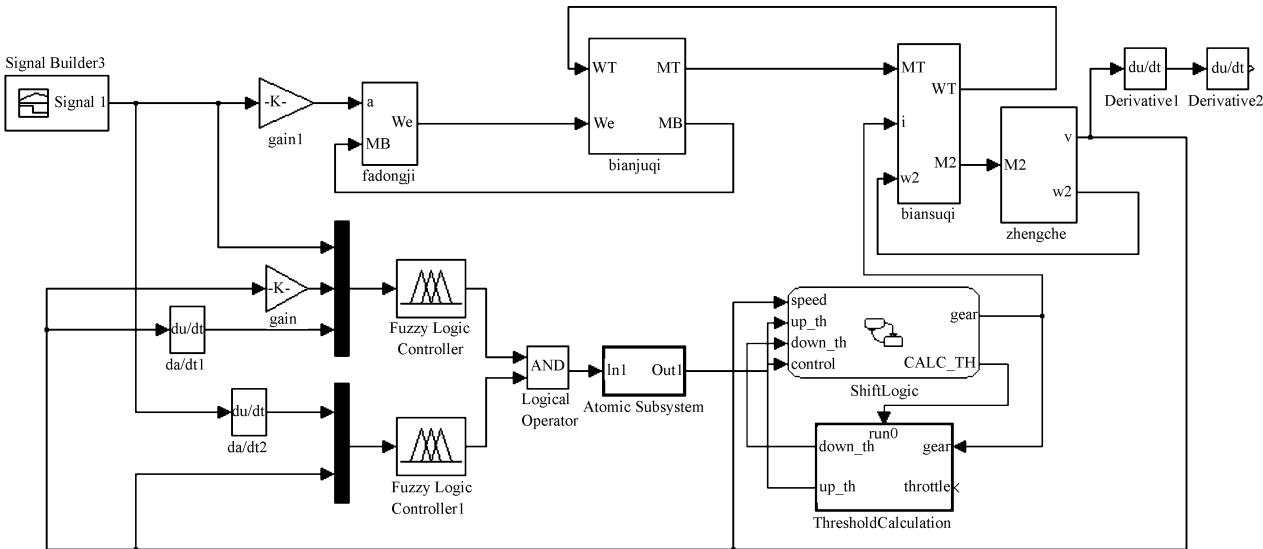


图 3 四参数模糊控制仿真模型

4 仿真分析

考虑油门开度快速变化的四参数换的规律仿真仅以工程车辆转移工况(或起步加速工况)为例进行分析。仿真时间设置为 40 s。

考虑油门开度快速变化的四参数模糊控制系统仿真结果如图 5、图 7 和图 9 所示,没有考虑油门开度快速变化的三参数模糊控制系统仿真结果如图 4、图 6、图 8 所示。

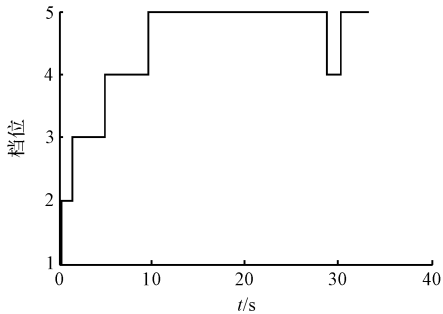


图 4 三参数仿真档位

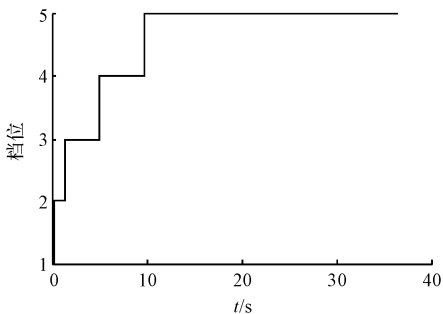


图 5 四参数仿真档位

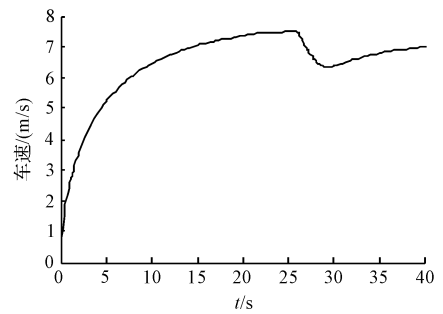


图 6 三参数仿真挡车速

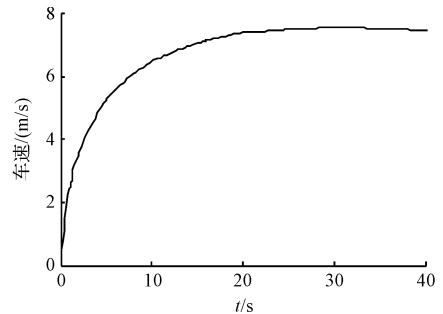


图 7 四参数仿真车速

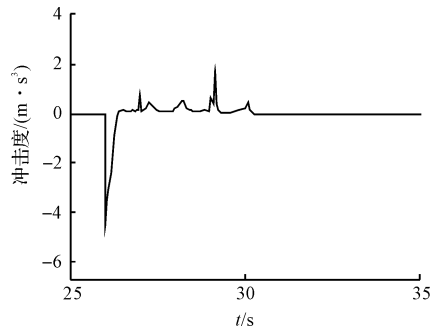


图 8 三参数仿真冲击度

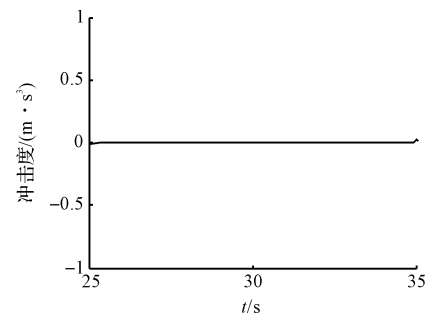


图 9 四参数仿真冲击度

通过四参数仿真与三参数仿真结果的对比可知,没有考虑油门开度快速变化的三参数模糊控制系统在仿真时间约为 26 s 时发生 5 档与 4 档之间的频繁换挡现象,对应着的工程车辆行驶车速在该时刻下降,冲击度迅速增大,如图 6、图 8 所示。相反,考虑了油门开度快速变化的四参数模糊控制系统在仿真过程中没有出现循环换挡现象,车速与冲击度没有什么突变现象,如图 7、图 9 所示。

5 结束语

本研究通过对发动机非稳态工况进行动力性分析和对工程车辆自动变速器双参数、三参数的换挡规律进行研究,得出以下结论:

(1)通过仿真曲线的对比可知,考虑油门开度快速变化的四参数模糊控制能够有效的降低车辆换挡次数,不仅降低了换挡冲击度,减少了工程车辆动力传动系统各个部件的磨损,提高了车辆舒适性与平顺性,而且四参数换挡规律更加符合驾驶员的驾驶意图。

(2)四参数模糊控制是较多输入参数的控制,本研究采取将四参数分开的双模糊控制的方式,有效的减少了模糊控制规则的数量,提高了处理器的运行效率。

参考文献 (References) :

[1] 黄永晶,姚 进,韩嘉骅. 工程车辆自动变速技术及研究

- 现状[J]. 煤矿机械,2013,34(1):108-109.
- [2] 周 靖. 牵引车自动变速器换挡规律的研究[J]. 装备制造技术,2014(2):2-4.
- [3] 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.
- [4] 侯 亮,官 登,黄鹤艇,等. 工程车辆的综合换挡规律研究[J]. 中国工程机械学报,2013(3):195-199.
- [5] 刘文光. 商用汽车电控机械自动变速器智能控制技术研究[D]. 江苏:江苏大学汽车与交通工程学院,2010.
- [6] 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.
- [7] 赵鑫鑫,张文明,冯雅丽,等. 工程车辆自动变速器换挡过程建模与仿真[J]. 华中科技大学学报:自然科学版,2014. 42(3):45-47.
- [8] SAKAI, HASEGAWA Y, SAKAGUCHI S. Shift scheduling method of automatic transmission vehicles with application of fuzzy logic[C]. SAE Paper 905049,1990.
- [9] 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.
- [10] 邱晓林,李天柁. 基于 Matlab 的动态模型与系统仿真工具 Simulink[M]. 西安:西安交通大学出版社,2003.
- [编辑:洪炜娜]

本文引用格式:

张永明,徐 杰,田晋跃. 考虑油门开度快速变化的工程车辆四参数换挡策略研究[J]. 机电工程,2015,32(11):1489-1493.

ZHANG Yong-ming, XU Jie, TIAN Jin-yue. Four parameters shift strategy of engineering vehicles based on fleetness changing of throttle opening[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2015,32(11):1489-1493.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第 1466 页)

5 结束语

本研究主要分析了基于压下力控制模型的热轧平整分卷机组液压控制系统中压下控制系统、液压弯辊控制、恒压力控制、跟随控制、调零控制等 5 个方面的功能。笔者将液压控制系统中原有继电器控制方式改造为 PLC 逻辑控制后,提高了设备的自动化水平,控制功能更加完善,满足了热轧平整分卷机组生产中快速准确的要求。实践表明,该液压压下控制系统实现 PLC 过程控制后,具有技术性能稳定可靠,控制功能完善、先进。平整后的板材板形得到很好的控制,表面质量得到了提高,板材的机械性能得到了改善,在实际生产应用和技术推广中有着十分重要的意义。

参考文献 (References):

- [1] 康 义,陈海鹏,邸宝珠. 液压辊缝控制系统在平整机的应用[J]. 河北冶金,2007,37(4):55-56.
- [2] 白振华,连家创,刘 峰,宝钢 2050 热轧厂平整机辊型优化技术的研究[J]. 钢铁,2002,37(9):35-38.
- [3] 李立新,四辊轧机辊型曲线的理论计算[J]. 武汉冶金科技大学学报,1999,22(4):338-341.
- [4] 重庆钢铁设计院. 平整机组工艺操作说明[Z]. 重庆钢铁设计院,2002.
- [5] 白振华,14500 热轧平整机辊型理论及工程应用研究[J]. 冶金设备,2006,37(2):4-7.
- [6] 重庆钢铁设计院. 平整机组研究与开发[Z]. 重庆钢铁设计院,2002.
- [7] LEGOUT A, LEGOUT, BIERSECK E W. Pathological Behaviors for RLM and RLC[C]. International Conference on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, Chapel Hill, NC, USA,2010:164-172.
- [8] 黄 成. 攀钢 1450 热轧平整机电液控制系统的研究与实现[D]. 成都:西南交通大学机械工程学院,2006.
- [9] CHO C, JUN S, PAIK E, et al. Rate Control for Streaming Services Based on Mobility Prediction in Wireless Mobile Networks[C]. in Proc. of IEEE WCNC05,2005.
- [10] WALL R W, KING B A. Incorporating Plug and Play Technology into Measurement and Control Systems for Irrigation Management[C]. 2004 ASAE Annual Meeting, Paper number,2004:236-251.
- [11] 戚向东,连家创. 考虑轧件弹性变形时冷轧薄板轧制压力分布的精确求解[J]. 重型机械,2001,63(5):41-44.
- [12] LIU Hong-min, ZHENG Zhen-zhong, PENG Yan. Stream-line strip element method for analysis of the three-dimensional stresses and deformations of strip rolling[J]. **International Journal for Numerical Methods in Engineering**,2001(50):1059-1076.
- [13] 李俊洪. 热轧酸洗板平整机辊型曲线研究[C]. 2007 年全国塑性加工理论与新技术学术研讨会,2005:5.
- [编辑:洪炜娜]