

汽车节能调度方法研究与仿真

尹韶峰

(1. 中国科学院沈阳自动化研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100080)

摘要: 研究汽车发动机优化节能问题。针对当汽车变速行驶的过程中, 汽车发动机的热机加速运转, 发动机转动加快, 消耗掉过多的无用能量来保持车速。由于车速不均衡变化产生不必要的耗油量, 造成汽车的油耗增加。为了解决上述问题, 提出了模糊平衡的汽车油耗控制算法。利用模糊控制原理, 动态调节汽车行驶时发动机参数, 使得多个速度和油耗的相关参数同时达到一个最优的平衡状态, 汽车的油耗大幅降低。实验表明, 改进调节算法, 能够有效降低以混合动力汽车在运行时的油耗, 取得令人满意的效果。

关键词: 汽车油耗; 模糊平衡; 模糊控制

中图分类号: TP391.9 文献标识码: B

Auto Energy – Efficient Scheduling Algorithm Research and Simulation

YIN Shao – feng

(1. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang Liaoning 110016, China;
2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

ABSTRACT: Research lowering the energy consumption of car engines. When the car in the process of the automobile engine revs up the engine, engine rotation is speeded up, using up more useless energy consumption to keep the speed. This paper put forward an automobile consumption control algorithm based on fuzzy balance. Using the fuzzy control theory, the dynamic adjustment optimized the parameters, made more parameters reaching an optimal state, overcame the defects of the traditional method, and made the car fuel consumption and emissions speed. And many indexes reached balance. Experiments show that using this algorithm can effectively reduce the power consumption of hybrid cars at runtime.

KEYWORDS: Car energy consumption; Fuzzy balance; Fuzzy control

1 引言

全球的汽车数目越来越多, 汽车的能源消耗和污染问题日趋严峻, 这成为人类环境可持续发展的过程中, 亟需解决的问题。因此, 如何降低汽车的能源消耗, 成为汽车工业发展的首要任务。为了配合国家的节能减排任务, 当今对于汽车的节能方法主要是开发各种新型燃料电池汽车、纯电动汽车, 这些新能源汽车节能环保, 污染小, 噪声低, 受到了很多人的青睐。在汽车油耗降低上也有着比较好的效果。但是, 受到个方面条件的限制, 汽油、柴油型汽车依然是市场上使用的主流车型, 因此, 如何降低这类车型的能量消耗, 是一个难题。

这主要是因为, 汽车的油耗主要是由发动机耗油量决定, 其中一部分是必然消耗, 另外一部分属于非必要损耗, 其中最明显的非必要损耗就是汽车在行驶过程中, 车速难免发生变化, 加速减速的过程时有发生, 发动机除了维持车速的

油耗之外, 还必须消耗一定的磨损热量和其它不可预知的能量, 车速的不均衡变化必然导致非必要油耗的增加, 造成耗油量增加。传统的方法很难对发动机的油耗和车速等物理参数进行同时调节, 无法使得发动机的油耗和车速等参数达到一个动态最优平衡, 也就无法降低非必要油耗。因此, 如何同时优化汽车的车速和发动机油耗, 使两者达到一个最优状态的平衡, 成为一个难题。

为了解决这一问题, 提出基于模糊控制的汽车油耗控制策略, 希望通过建立发动机油耗参数与车速之间的模糊平衡控制关系, 使得需要控制的车速、油耗等多个参数, 在同一时间达到一个最优化的效果, 降低汽车的油耗。仿真结果表明, 本文的方法可以实现车速和油耗目标在同一前提下达到最优, 大幅降低汽车的油耗, 取得了不错的效果。

2 汽车能源消耗原理

汽车除了具有发动机、油箱设备外, 又有一套动力驱动系统电机、电池等多个动力系统, 根据驾驶员的驾驶需求, 各

个动力源可以相互切换单独工作或者相互协调工作实现动力耦合。这些设备都是造成汽车能源消耗的原因之一。其中发动机的油耗占据主导地位。发动机能源消耗和车速有着密不可分的关系,汽车在行驶过程中,需要靠汽油来维持车速,汽车的行驶速度可以建立如下的数学模型:

$$v(F) = \int_0^t f(\omega_e, T_e) dt \quad (1)$$

其中 $f(\omega_e, T_e)$ 为发动机热机时 (ω_e, T_e) 点的燃油消耗量变化。

汽车在行驶过程中,发动机的能源消耗量可建立下面的数学模型表示:

$$F(x) = FC = \int_0^t \frac{f(\omega_e, T_e)}{\rho} dt \quad (2)$$

其中油耗 $F(x)$ 是指百公里油耗。 T_e 为发动机转矩 ρ 为燃油密度 (kg/m^3) t 为整个路况循环时间 (s) 。

汽车油耗的原理是:汽车在加速或者减速的同时,会触发油耗变化。车速和能源消耗这两个控制量之间存在着一定的关系,两者都有有参数 $\Delta f(\omega_e, T_e)$,不难看出,如果车速变化频率较大时,必然导致公式 1 中的发动机油耗 $f(\omega_e, T_e)$ 发生变化,如果 $f(\omega_e, T_e)$ 发生变化,其变化参数 $\Delta f(\omega_e, T_e)$ 就会增大,造成式(2)中的 $\Delta f(\omega_e, T_e)$ 参数变大,式(2)的结果也会变大,汽车的能源消耗量增加。汽车车速变化的越频繁,这种矛盾就越明显,这也是造成汽车油耗增加的一个主要原因。

为了验证汽车的节油性能,本文运用汽车的百公里油耗作为衡量汽车节油性能的标准,如下所示:

$$\text{百公里油耗} = \text{加油量} / \text{行驶里程} * 100 \quad (3)$$

为了解决这一问题,本文提出基于模糊控制策略的汽车发动机油耗优化方法,运用模糊控制理论,动态调节车速和汽车能源消耗的关系,使得速度、能源消耗等多个控制参数能够同时达到最佳平衡状态,在保证汽车车速变速行驶的同时,极大的降低汽车的能源消耗,达到节能减排的目的。

3 汽车油耗模糊控制策略

下面阐述一下模糊调节的主要内容:将专业人士的建议制定成模糊调节的条件,这些模糊条件是整个模糊调节过程中的核心部分,将在实践过程中获取的相关信息进行模糊调节,按照模糊调节的条件进行处理,从而获取需要得到的相关参数,并将参数应用到实践中,促使这些参数在某一时间达到最优化的效果,使用最小的能源消耗作为汽车的动力源。用下面的图 1 表示这个过程:

模糊调节需要的相关信息有一定的偏差,进行模糊调节后,将实践中的有关参数转换为模糊量,然后进行处理。这个处理过程就是根据实际情况和模糊调节的条件获取车辆在最佳的状态下车辆速度、油耗等多个参数。模糊调节的集合中分为实践信息集合和模糊调节条件,其中主要包含在实践中模糊调节前的信息和处理后获取的各种参数,为模糊调节保证了信息源。这些信息源是进行模糊调节的基础。模糊调节条件集合是专业人士提供的相关建议,在模糊处理的

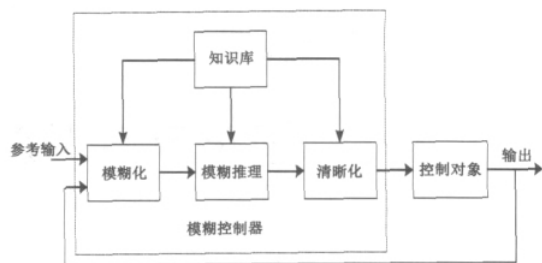


图 1 模糊调节原理图示

时候提供处理条件。这些处理条件是模糊调节的核心内容。以模糊调节为基础的车辆能源消耗控制方法,是进行处理后获取发动机油耗的参数和车速的参数之间的联系,促使在某一状态下,获取的参数能够最大限度降低能源消耗。模糊处理是模糊调节器的重点,确定实践中的相关信息后,根据模糊条件集合中相关的模糊条件,找到与实践信息匹配的模糊条件,经过模糊处理后,将得到的结果清晰化,从而获取准确的参数应用到实践中。

3.1 汽车模糊控制器输入输出

在车辆的动力系统中,拥有一套动力驱动程序,包括电机、电池等多种动力程序,但在所有的动力源中,发动机是处于核心地位的,发动机的动力源使用情况与车速关系密切,电机则提供一定程度的动力支持,所以发动机是模糊调节的核心内容。通过发动机的相关特性能够得知,在任何一种旋转速度的情况中,都有一个点是在这种旋转速度的情况下耗油最低的,这样就可以获取一条耗油最低的曲线。因此调节程序的主要目的是使发动机在耗油最低的状态下使用。通过调节,不同的动力源可以依据实际情况的需要相互转换或者单独提供动力源最终实现使用最少的能源达到最优的效果。

为了达到车辆调节的目的,确定需要的实践中的相关信息,车辆需要获取转置矩阵 T 和车辆的电力程序中的 SOC 的取值。因为必须达到发动机耗油最低的情况,与此同时 SOC 的取值使用的单位跟耗油也不一致。使得油耗和车速等需要获取的参数可以达到一种最佳状态下的动态平衡,从而最大限度的降低油耗。模糊调节器获取的结果是所占份额的系数,能够获取发动机的结果转置矩阵,将车辆的扭转转置矩阵与其差值经过处理后,可以获取电机的转置矩阵,经过计算就获取了发动机和电机的转置矩阵,然后根据模糊集合的信息源和模糊处理的条件,进行了模式匹配处理,可以将其变成具体的取值,从而应用到实践中去。在车辆的速度发生改变的情况下,也可以最大限度的降低动力源的消耗,从而最终能够节省能源。

主要的过程用下面的图示表示:

3.2 覆盖模型

模糊调节是基于覆盖模型计算的,因此覆盖模型的选择很重要。具有代表性的覆盖模型包括三角形覆盖模型、梯形覆盖模型、高斯型覆盖模型和钟型覆盖模型。在这些覆盖模

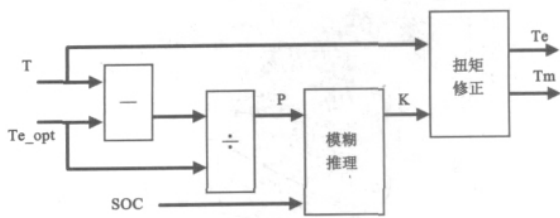


图2 模糊调节器图示

型中三角形的覆盖模型是利用若干条直线构造的,在每种情况不同的作用下有着清楚的区别。因为三角形覆盖模型有着这样的明显优势,所以本文涉及到的覆盖模型就采用三角形覆盖模型。在模糊调节的时候采用三角形覆盖模型,由于车辆的转置矩阵需要在一个较大的阈值范围中进行,假设在[1,7]范围里,则SOC的取值也在[1,7]范围里。用下面的图示表达:

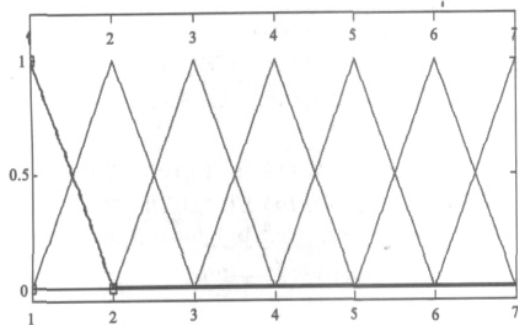


图3 覆盖模型示意图

3.3 降低能源消耗的调节条件

调节条件在车辆的模糊调节中占据最重要的位置。调节条件的数量跟模糊改变的模糊集合中的分割情况相关,分割细致,调节条件的数目则相对比较大,但与获取结果的准确率没有关系。因为分割的细致,则需要将实际情况分为更多的类别,同时要求更多的调节条件与这些类别相应。分割的越细致,运算使用的时间就越多。车辆的行驶可以按照多种情况使用动力系统,但每种情况都必须在调节控制的范围里。上面所提及的调节条件是基于车辆的特点和专业人士建议获取的,依据PHEV的模糊调节需要获取的结果和运算的方法,确定了5*5个模糊条件。上面阐述的方法可以归结为以下几点:

- a、在需要获取的转置矩阵与发动机在耗油最低的情况下一致,则使用发动机作为车辆唯一的动力来源,发动机单独工作能够达到最佳的平衡状态;
- b、在获取的转置矩阵与发动机耗油最低的情况不一致的时候,则让发动机在耗油最低的条件下作为动力来源之一,其余的动力由电机负责,因为发动机在油耗中处于最重要的地位,直接影响车速,这种处理最能达到动态平衡。
- c、在SOC取值超过最大极致的范围,则使电机作为车辆唯一的动力来源,这样才不会造成能源的浪费;

d、当SOC取值低于最小极致的范围,则使发动机作为车辆唯一的动力来源,此时的电机不符合作为动力能源的条件。

下面阐述具体的方法: IF 前提 THEN 结论:

- a1: IF(T is 1) and(SOC is 1) then(output1 is 4)
- ...
- a7: IF(T is 1) and(SOC is 7) then(output1 is 1)
- ...
- g7: IF(T is 7) and(SOC is 7) then(output1 is 4)

利用上面阐述的方式,就可以在能源消耗最低的情况下完成车辆的节能任务。利用获取的参数调节动力能源与车辆速度的关系,从而达到最佳状态下的动态平衡,在车辆的车速有保障的前提下,最大限度的减小了能源的消耗。在能源消耗最低的情况下完成车辆的节能任务。

4 实验结果分析

根据以上内容,本文设计建立新的模糊控制器,对汽车的油耗控制性能进行仿真控制,控制方法采用传统方法和本文的模糊控制方法,进行对比,然后统计的汽车百公里耗油量,也就是式(3)的衡量值。实验流程图如图4所示。

为了验证本文算法的有效性,实验中,运用式(3)统计汽车百公里油耗和汽车速度变化时候,油耗的瞬时变化,两种方法的结果如图5,图6所示。

图6的横坐标表示速度,纵坐标为能源消耗的变化。通过上图可以看到,本文的算法随着速度的变化,消耗的能量明显低于无控制策略下的汽车油耗。

运用本文的模糊控制策略和传统方法得到的不同车速下油耗结果如表1所示。

表1 百公里油耗仿真结果对比

	传统方法油耗	本文方法油耗
百公里平均油耗	5.9311L	3.7399 L
0~100km/h(s)	10.1 L	7.1 L
64~100km/h(s)	5.2 L	4.3 L
1~110km/h(s)	21.5 L	17.8 L

从上图和表的统计,可以看出在油耗方面方面,模糊控制策略的结果是最好的,与传统方法燃油的油耗相比,百公里油耗降低了36.99%,平均油耗也有了大幅的降低。这是由于在传统方法的在车速频繁变化的情况下,发动机的工作时间要长且发动机的工作区域的非必要油耗控制策略比模糊策略的差,所以油耗方面要比模糊策略差。

5 结束语

本文设计完成的模糊控制算法能够完成汽车油耗的高效控制,使得汽车的整体性能有了明显的提高。实验表明,在汽车油耗方面,模糊控制策略的结果是最好的。作为汽车节能减排的最终目标,模糊控制策略在汽车的节能控制策略

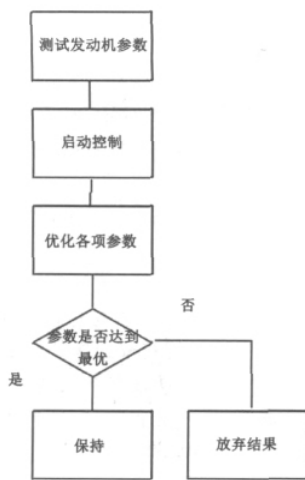


图4 试验流程图

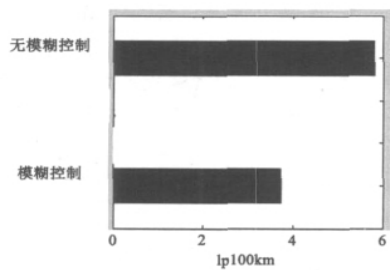


图5 百公里油耗对比

方面很具有优势的,具有很好的发展前景。

参考文献:

[1] W Jong - Seob. Fuzzy Torque Distribution Control Design for a

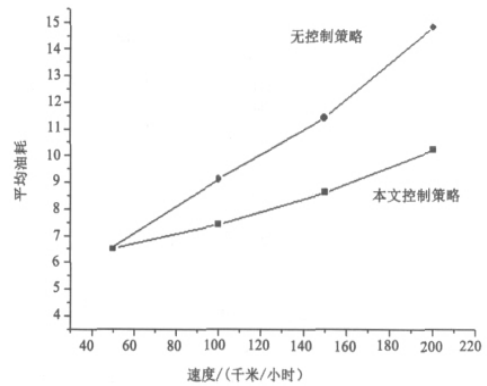


图6 不同速度下汽车油耗统计

Parallel Hybrid Electric Vehicle [J]. Expert Systems, 2002, 19 (1): 4 - 10.

[2] Valerie H Johnson, Keith B Wipke, David J Rausen. HEV Control Strategy for Real - Time Optimization of Fuel Economy and Emissions [J]. SAE Paper 2000 - 01 - 1543, 2000.
 [3] 明绍民. 并联混合动力汽车模糊逻辑控制策略的研究 [D]. 吉林大学, 2007.
 [4] 雷英杰, 张善文, 李续武, 周创明. MATLAB 遗传算法工具箱及应用 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005.
 [5] 孙泽宇, 魏巍. 一种改进蚁群算法组合优化问题的研究 [J]. 计算机仿真, 2010, 27(8): 194 - 197.

[作者简介]



尹韶峰(1968 -), 女(汉族), 辽宁大连人, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 计算机软件与应用。

(上接第 358 页)

参考文献:

[1] S Bolognani, et al. Virtual Mechanical Load Setup For Steer - by - Wire - a Case Study [C]. Proceedings of the IEEE International Symposium on, 2005: 1795 - 1800.
 [2] J Coudon, C Canudas - de - wit, X Claeys. A new reference model for steer - by - wire applications with embedded vehicle dynamics [C]. American Control Conference. Minneapolis, MN: 2006: 3990 - 3995, 2006.
 [3] 李强, 何仁. 键合图理论在汽车线控转向系统建模中的应用 [J]. 农业机械学报, 2006, 37(10): 27 - 30.
 [4] Y Yao, B Daugherty. Control Method of Dual Motor - Based Steer - by - Wire System [C]. SAE Paper 2007 - 01 - 1149, 2007.
 [5] R Verschuren, H Doringhof. Design of a Steer - by - Wire Prototype [C]. SAE Paper 2006 - 01 - 1497, 2006.
 [6] W Harter, et al. Future Electrical Steering Systems Realizations with Safety Requirements [C]. SAE Paper 2000 - 01 - 0822, 2000.

[7] R H A Modjtahedzadeh. A model of driver steering control behavior for use in assessing vehicle handling qualities [J]. Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Transactions of ASME. 1993, 115(3): 456 - 464.
 [8] 余志生. 汽车理论 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
 [9] 于蕾艳, 林逸, 施国标. 线控转向系统路感控制策略的研究 [J]. 计算机仿真, 2008, 25(6): 248 - 269.

[作者简介]



周聪(1979 -), 男(汉族), 湖南人, 博士生, 研究方向: 计算机控制技术;
 肖建(1950 -), 男(汉族), 湖南人, 教授, 博导, 研究方向: 计算机控制技术 & 智能交通控制;
 张桂香(1954 -), 女(汉族), 湖南人, 教授, 博导, 研究方向: 汽车电子及计算机控制技术。