

doi:10.3969/j.issn.1673-3142.2010.06.003

# 并联式混合动力汽车控制策略分析

张风格<sup>1</sup>, 杨赞<sup>2</sup>

(1. 武汉理工大学汽车工程学院, 湖北 武汉 430070; 2. 河南民政学校, 河南 郑州 450011)

**摘要:**混合动力汽车的结构形式和控制策略决定了整车的性能。分析了并联式混合动力汽车的结构形式、驱动模式和控制策略的研究现状,指出现有的控制策略并不完善,有待优化,并选取几种典型的控制策略进行分析,指明其优缺点以及今后控制策略的研究方向。

**关键词:** 并联; 混合动力; 工作模式; 控制策略

**中图分类号:** TP273\*.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-3142(2010)06-0010-03

## Control Strategies of Parallel Hybrid Electric Vehicle

ZHANG Feng-ge<sup>1</sup>, YANG Yun<sup>2</sup>

(1. School of Automotive Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

2. School of Civil Administration, Zhengzhou 450011, China)

**Abstract:** The ability of hybrid electric vehicle (HEV) is up to its structure and control strategy. In this thesis, the different structures and drive types of hybrid electric vehicle (HEV), as well as the situation of control strategy study are analyzed. It's pointed out that the present control strategies are less than perfect, need to be improved. By analyzing several typical control strategies, the merits and faults of these control strategies are found out. The study direction of control strategy in future is designated.

**Keywords:** parallel; hybrid electric vehicle; operational mode; control strategy

混合动力汽车具备多于一个的能量源,结合了传统和电动驱动系统的优点,能够大幅减少排放和降低油耗,并能达到较大的行程。混合动力汽车具备多种结构形式,而并联式是其中之一。并联式混合动力汽车具有电动机和发动机两个独立的驱动系统,发动机与电动机通过不同的离合器来驱动车辆,两者既可以单独驱动车辆,也可以采取同时驱动车辆的混合驱动模式。具备三种驱动模式的并联式混合动力汽车如何实现良好的性能取决于其控制策略,控制策略是混合动力汽车的基石,它根据驾驶员的指令和车辆的行驶工况,协调各部件之间的能量流动、合理分配动力,降低能源消耗与排放,提高整车经济性,在不损失整车性能的前提下,实现动力性和经济性的折中优化<sup>[1]</sup>。

本文对并联式混合动力汽车的结构形式、工作模式和控制策略进行了分析,指出典型控制策略的优点和不足。

## 1 并联式混合动力汽车的系统结构与工作模式分析

并联式混合动力汽车有发动机、电动/发电机两大部件总成组成,二者既可以单独驱动车辆,又可以共同驱动车辆,实现功率的叠加,因此,可以根据需要,选择不同的驱动模式。发动机功率、电动/发电机功率都约为整车最大驱动功率的0.5~1倍,所以可以选择小功率的发动机、小功率的电动/发电机,以实现较小的整体动力系统的装配尺寸、整车质量、较低的成本和较长的行程。其驱动系统结构简图如图1所示。

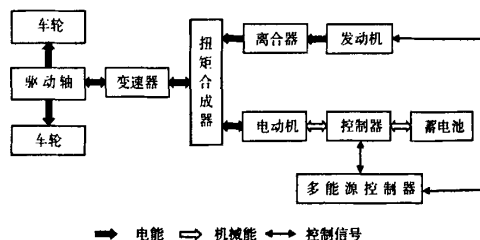


图1 并联式混合动力汽车驱动系统结构简图

因为具备两套驱动系统,并且彼此的工作效

收稿日期:2010-04-10

作者简介:张风格(1982-),男,河南开封人,硕士研究生,研究方向:汽车测试技术。

率区间不同,所以混合动力汽车在不同的行驶工况下,具有多种不同的工作模式。

#### 1) 纯蓄电池工作模式

当车辆起步时,利用电动机低速大扭矩的特性由电动机单独驱动车辆起步;当车辆低速行驶时,利用高性能的电动机即可单独驱动车辆。因为在这两种工况下发动机处于关闭状态,所以就可以使发动机避开效率低、排放高的工作区间。

#### 2) 纯发动机工作模式

车辆高速行驶时,发动机处于高效率、低排放的工作范围,因此,可以完全由发动机单独驱动车辆,另外,不考虑排放因素时也可以由发动机单独驱动车辆。

#### 3) 混合驱动工作模式

车辆加速和爬坡时,两套驱动系统同时工作,通过发动机提供主要功率,电动机提供辅助功率的形式来完成加速和爬坡。

#### 4) 发动机驱动和发电工作模式

蓄电池 SOC 值偏低时,发电机在发动机驱动下开始对蓄电池充电,另外,当发动机功率盈余时也可以驱动发电机对蓄电池充电。

#### 5) 回馈制动工作模式

车辆减速或者制动时,可以采用电动机协助减速和制动,这样既可以使车辆减速又可以利用电动机作为发电机工作来回收部分制动能量,提高经济性。

#### 6) 停车充电工作模式

当车辆停止运行时,若蓄电池 SOC 值偏低,可对其充电。

## 2 并联式混合动力汽车控制策略

并联式混合动力汽车包含了机械、电子电器、化学和热力学等多个子系统,是一个复杂的非线性动态系统,怎样控制好这些子系统及其相互间的能量流动,并且对于不同的工况和驾驶习惯,在不损失整车性能的前提下,实现最佳燃油经济性、最小排放和较低成本是并联式混合动力汽车控制策略设计的根本任务。因此,并联式混合动力汽车控制策略的设计必须满足如下要求:

1) 尽可能保持发动机和电机在高效区工作;

2) 避免发动机频繁启动与关闭;

3) 合理选择电池,并控制其 SOC 值在允许的范围内;

4) 优化功率分配和车载能源,保证能量高效流动;

5) 良好的动态性能,具备较好的自适应和自学习能力。

一般的控制策略是根据加速踏板位置、电池 SOC 值、驱动车轮平均功率与车速等参数,基于一定的规则来分配发动机和发电机的输出转矩<sup>[2]</sup>。初始的控制策略大都是以车速作为主参数,赋予发动机启动的设定车速一个定值,依据瞬时车速判定整车的工作模式;车速低于这个定值时,发动机停止工作,只有电机单独运转;车速高于这个定值时,电机停止工作,发动机单独运转;当汽车车轮处于大负荷时,发动机和电动机同时工作驱动车辆。虽然这种控制策略因为简单而被广泛研究和应用,但是其存在较突出的缺点:控制参数不足,动态特性较差,没有充分发挥混合动力的优势,燃油经济性和排放无法达到最佳,因而现有的控制策略大多是基于转矩或者功率控制。

现今并联式混合动力汽车应用的控制策略主要包括电力辅助控制策略、全局最优控制策略、模糊逻辑控制策略、实时控制策略、以整车成本和燃油经济性为目标的控制策略等<sup>[3]</sup>。

### 2.1 电力辅助控制策略

电力辅助控制策略是将整车所需功率分为发动机提供的平均功率和电机提供的动态功率,一般行驶工况下,普通汽车平均所需功率不到发动机最大功率的 20%,也就是说一般工况下发动机都是处于低效工作区,假设整车所需的平均功率由发动机单独提供,而电机在车辆加速或爬坡时提供动态功率,那么就可以极大地提高车辆的燃油经济性<sup>[4]</sup>。此控制策略已应用到产品中,例如雪铁龙 XSARA 与本田 Insight<sup>[2]</sup>。

此控制策略的优点在于:策略简单易行,又包含了车辆的所有工作模式;将发动机限制在高效工作区,燃油经济性好;充电扭矩随电池 SOC 值变化,因此一般工况下,车辆所需功率小,发动机可以提供较大的功率驱动电机给电池充电。

此控制策略的缺点在于:发动机优化区域过大;控制电池 SOC 值作为控制目标之一,使发动机受限于电池 SOC 而无法保证一直处于最佳工作区而显得对优化目标的控制不够精确;排放没有作为重要问题来考虑。

由于电池 SOC 值的影响,此控制策略还需与其他控制策略配合使用<sup>[4]</sup>。

## 2.2 全局最优控制策略

此控制策略利用最优化方法和最优控制理论建立全局优化数学模型,以燃油经济性和排放为目标,控制系统变量,通过计算得到最佳的驱动力分配,并且电池电量也被限定在一定范围内,又将燃油消耗计算得更精确,因而经济性较好,也比电力辅助控制策略更好。但是全局最优控制策略也还不成熟,需要大量计算,不能进行实时控制,实际意义不大。因此,必须对其进行改进,将全局优化目标分化为局部优化目标。

## 2.3 模糊逻辑控制策略

此控制策略是同时对发动机、电机和电池进行优化控制的,对于装有自动变速器的并联式混合动力汽车,如果要提高燃油经济性,就必须使发动机处于高效工作区。因为发动机的工作点是高度非线性的,要得到其最优工作点,可以采取把发动机扭矩和电池 SOC 值作为两个变量,用模糊逻辑控制加以优化,这样既可以提高燃油经济性,又可以减少排放,而且有利于延长电池使用寿命,因此模糊逻辑控制策略是相对较好的一种控制策略,具有无需建模和对时变系统适应能力强的特点,因而广泛应用于汽车系统控制中。

混合动力汽车模糊控制也有其缺点,电机的工作状态也是非线性的,若对其使用此策略,则就会出现偏差,所以应对发动机使用模糊逻辑控制策略,同时对电机使用电力辅助控制策略。

## 2.4 实时控制策略

发动机燃油消耗和排放同时作为考虑因素,将车辆所需扭矩合理地分配给发动机和电机,优化发动机燃油消耗和排放。但是这这就要求发动机在很小的一个工作区域运行,在现实行驶工况中是不可能的。大量的运算和精确的能量回收预测

模型的实现也比较困难。

## 2.5 以整车成本和燃油经济性为目标的控制策略

采用此策略的混合动力汽车装备小功率的电动机和小容量的蓄电池组,这样整车的成本和质量便可以大为减小。一般工况下,一个小排量的发动机单独工作驱动车辆,并依据电池 SOC 值,实时为电池组充电,这样发动机便处于高效工作区。只有在车辆急加速时电机才启动,与发动机同时驱动车辆。这种控制策略的缺点是发动机在低负荷时排放不佳。

## 3 结语

1) 控制策略是混合动力汽车的核心技术,对于整车综合性能有着重要意义。

2) 模糊逻辑控制策略是众多控制策略中较为优秀和实用的,也是切实可行的一种控制策略。模糊逻辑控制策略也是有缺陷的,需要加以改进,本文以对电机使用电力辅助控制策略配合对发动机使用模糊逻辑控制策略的方式进行了改进。

3) 模糊逻辑控制策略作为目前最优秀的一种控制策略,对于其缺点应将其同神经网络控制策略和遗传算法控制策略结合起来即可以达到很好的控制目的<sup>[9]</sup>。这也是今后并联式混合动力汽车控制策略的研究方向。

## 参考文献

- [1] 宋慧.复合动力电动汽车的驱动模式和控制策略[J].世界汽车,2000,(7):56-58.
- [2] 于秀敏等.混合动力汽车控制策略的研究现状及发展趋势[J].机械工程学报,2006,42(11):10-15.
- [3] 王保华,王伟明,张建武等.并联式混合动力汽车控制策略比较研究[J].系统仿真实报,2006,18(6):401-404.
- [4] 邓亚东,高海鹏,王仲范.并联式混合动力电动汽车控制策略研究[J].武汉大学学报(工学版),2004,37(3):139-144.
- [5] 田光宇,彭涛,林成涛等.混合动力电动汽车关键技术[J].汽车技术,2002.1.
- [10] 张亚欧,谷志飞,宋勇. ANSYS 7.0 有限元分析实用教程[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [11] 李高峰,吴超,田涛. Pro/ENGINEER 4.0 野火版辅助绘图[M].北京:中国铁道出版社,2009.
- [12] 张荣荣.板栗揉搓式破壳机理的试验研究及有限元分析[D].武汉:华中农业大学,2007,23(5):177-179.
- [13] 史建新,赵海军,辛动军.基于有限元分析的核桃脱壳技术研究[J].农业工程学报,2005,21(3):185-188.
- [14] Liu R, Wang C H, Bathgate R G. Fracture analysis of cracked macadamia nutshells under contact load between two rigid plates[J]. Journal of agricultural engineering research, 1999, 74(3): 243-250.
- [15] Xiangyang Cui, Gui-Rong Liu, Guang-yao Li, et al. Analysis of plates and shells using an edge-based smoothed finite element method[J]. Computational Mechanics, 2010, 45(2-3):141-156.

(上接第9页)