

文章编号: 1672 - 058X(2009)05 - 0489 - 05

基于 ADVISOR 的混联式混合动力电动车仿真分析

林冬燕, 赖祥生

(集美大学机械工程学院 车辆工程专业, 厦门 361000)

摘要:节能环保是当今世界的两大主题,仿真分析可以在制作实车前节约大量的实验成本;建立了在正常的工况下几种不同类型混合动力电动汽车的发动机、蓄电池组和电动机的仿真模型;并对几种不同类型电动汽车的控制策略进行分析,根据仿真结果,选择混联式混合动力电动车进行优化设计;结果表明,混联式电动车达到了低油耗、低排放和节能的目标。

关键词:电动汽车;建模;仿真;能量管理

中图分类号: O221.1

文献标志码: A

自 2003 年以来油价不断攀升,世界进入一个高油价时期,石油供应与需求之间的矛盾日益尖锐,能源供应安全成为许多产业大国面临的重大问题。电动汽车 (EV) 是一种电力驱动的道路交通工具。这个概念内涵很广泛。电动汽车包括蓄电池电动车 (BEV)、混合动力电动汽车 (HEV) 和燃料电池电动汽车 (FCEV)。通过应用建立在 MATLAB/Simulink 软件平台上的 Advisor 对复杂的多能源动力总成系统进行建模和仿真,这大大加速了混合动力车的研究、开发、试制和试验工作,能够对混合动力车的整车动力性能、结构模型、动力组合等进行模拟和仿真。能够最佳地确定多能源动力总成系统中各个动力总成之间的匹配关系,和对各种不同驱动模式采取的控制策略。

1 混合动力电动汽车建模

1.1 发动机模型建立

原型车选用别克 GL8 陆尊 XT 型汽车,将其改装为配有电池组、驱动电动机和电动机发电机的混合动力电动汽车。

由于混联式混合动力电动汽车通常都采用由发动机提供车辆平均行驶功率,由电动机提供峰值功率的控制策略,因此其功率值的选择主要应考虑车辆匀速行驶时的功率要求。由此可见,汽车的加速阻力功率 P_j 为零。

所以,混联式混合动力电动汽车的功率平衡方程式为:

$$P_e = \frac{1}{\tau} \left(\frac{Gfu_a}{3600} + \frac{Giu_a}{3600} + \frac{C_d A u_a^3}{76140} \right) \quad (1)$$

式 (1) 中, $G = mg$, g —重力加速度 (m/s^2); P_e —发动机额定功率 (kW); m —整车质量 (kg); f —阻力系数; C_d —空气阻力系数; u_a —车速 (km/h); τ —机械传动效率; A —车辆迎风面积 (m^2); i —爬坡度。

根据式 (1),应用 Simulink 建立混联式混合动力电动汽车的发动机仿真模型,如图 1 所示。

收稿日期: 2009 - 06 - 01; 修回日期: 2009 - 07 - 24。

作者简介: 林冬燕 (1980 -), 女, 讲师, 工学硕士, 从事现代汽车结构与设计。

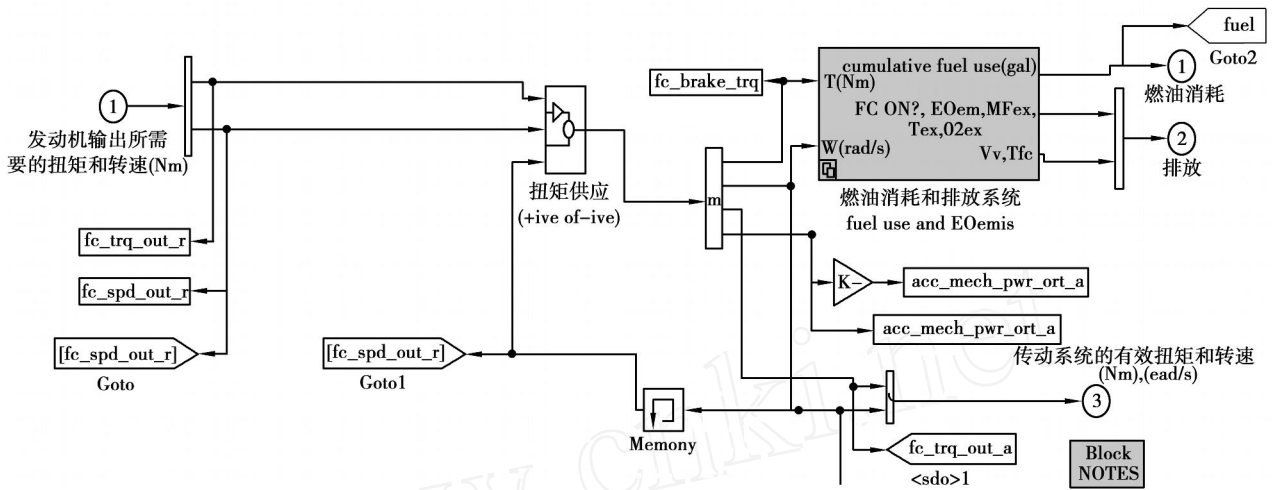


图 1 发动机仿真模型

1.2 电池模型建立

(1) 电池组的容量。电池容量的选择主要考虑最大输出功率和能量,以保证混联式混合动力电动汽车的动力性和续驶里程。电池组电池数目的选择有按最大功率选择和按续驶里程选择两种,按最大功率来选择电池的数目。其方程式为:

$$n = \frac{P_{max}}{P_{max} e_{ec}} \tag{2}$$

式(2)中, n 为电池数目; P_{max} 为电动机最大功率(kW); P_{max} 为电池最大输出功率(kW); e_{ec} 为电动机工作效率; e_{ec} 为电动机控制器工作效率。

(2) 动力电池组模型。动力电池组模型的作用是确定电池的剩余电量。在混联式混合动力电动汽车中,电池的有效放电容量决定了汽车的行驶里程,而电池的荷电状态 SOC(State of Charge)是衡量电池剩余容量的指标。

根据式(2)和 SOC 定义应用 Simulink 建立混联式混合动力电动汽车的电池组仿真模型,如图 2 所示。

1.3 整车数学模型的建立

整车模型是根据汽车行驶方程建立的,其方程式为:

$$F_t = F_f + F_i + F_w + F_j \tag{3}$$

式(3)中, F_t 为汽车驱动力; F_f 为滚动阻力; F_i 为坡度阻力; F_w 为空气阻力; F_j 为加速阻力;

根据对电动汽车系统各个部件的分析和模型建立,在 Advisor 中创建了电动汽车的整体仿真模型(图 3),其中整车仿真模型包括循环工况、车辆、车轮、变速器、主减速器、驱动电机系统、能量源等子模块。各子模块都建立了一个 Simulink 仿真模块,且通过 M 函数来控制其参数的变化。

车辆根据道路的循环工况获取驱动所需功率和扭矩,通过逆向推算,分别经过车轮、主减速器、变速箱、发动机、电动机等,计算出整个系统所需总功率。最后结合系统的控制策略进行需求功率的匹配,分别由发动机、电动机和蓄电池来承担。发动机系统则根据燃料的供给情况和蓄电池的荷电状态来为车辆提供需求功率,最终将这些功率顺次传到驱动轮。

2 仿真结果的分析 and 优化

2.1 仿真行驶工况的描述

选择美国环境保护署 EPA 制订得城市道路循环 UDDS,对混联式混合动力汽车进行仿真。UDDS 得总行程 20 km,时间 1 369 s,坡度为 0,最大速度为 91.25 km/h,平均速度 31.51 km/h,行驶期间共计有 17 次停车。蓄电池系统 SOC 的初始值为 0.7。

表 1 使用不同功率的发动机的燃油经济性

| 功率 /kW | 30 | 43 | 55 | 63 |
|----------------|------|------|------|------|
| 经济性 (L/100 km) | 5.73 | 4.86 | 5.64 | 5.78 |

从表 1 可以看出不同功率对混动式混合动力电动汽车的燃油经济性有很大的影响。从燃油经济性上看 43 kW 的发动机燃油经济性最好,其他几种功率的发动机的经济性都比较差。

(2) 动力性的比较。对发动机功率在 30, 43, 55, 63 kW 时汽车的动力性进行比较。其仿真结果如表 2 所示。

表 2 使用不同功率发动机的车辆的动力性

| 功率 /kW | 30 | 43 | 55 | 63 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 0~96.6 km/h 的加速时间 (s) | 21.3 | 15.3 | 14.9 | 14.2 |
| 64.4~96.6 km/h 的加速时间 (s) | 10 | 6.9 | 6.6 | 6.3 |
| 0~137 km/h 的加速时间 (s) | 46.2 | 30.2 | 27.4 | 25.9 |
| 最高车速 (km/h) | 160.2 | 163.4 | 163.3 | 163.3 |
| 最大加速度 (m/s^2) | 2.9 | 3.4 | 3.3 | 3.5 |
| 车速为 48.3 km/h 时爬坡度 (%) | 10.4 | 14.8 | 14.9 | 16.6 |

从表 2 的仿真结果上看使用功率 43, 55, 63 kW 的发动机,汽车的动力性相差不大,再结合之前讨论的燃油经济性因素,从表 2 和表 3 上可以得出使用功率为 43 kW 的发动机最佳。可以使车辆达到经济性最佳、动力性优秀和排放性良好的效果。

2.3.2 电动机的选择

电动机与发动机的选择方法是一样的,但是其选择建立在使用同一发动机功率的基础上的。

(1) 燃油经济性的影响。根据选择的发动机,在发动机的功率为 43 kW 的前提下对在同一工况和条件下,选择不同功率 (25, 49, 59 kW) 的电动机在 UDDS 道路循环工况下进行仿真。其结果如表 3 所示。

表 3 使用不同功率电动机的燃油经济性

| 功率 /kW | 25 | 49 | 59 |
|----------------|------|------|------|
| 经济性 (L/100 km) | 5.76 | 4.80 | 5.28 |

从表 3 的仿真数据来看,很明显在发动机功率为 43 kW 的前提下功率为 49 kW 的电动机对整车燃油经济性起到良好的作用,使整车的经济性有所提高。

(2) 动力性。在发动机的功率为 43 kW 的前提下,对功率为 25, 49, 59 kW 的电动机在相同的工况和条件下进行仿真,其整车的动力性结果如表 4 所示。

表 4 使用不同功率电动机的车辆的动力性

| 功率 /kW | 25 | 49 | 59 |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| 0~96.6 km/h 的加速时间 (s) | 23.8 | 14.9 | 16.3 |
| 64.4~96.6 km/h 的加速时间 (s) | 9.3 | 6.8 | 7.1 |
| 0~137 km/h 的加速时间 (s) | 41.4 | 29.4 | 31.7 |
| 最高车速 (km/h) | 177.7 | 179.4 | 178.9 |
| 最大加速度 (m/s^2) | 1.3 | 3.1 | 2.3 |
| 车速为 48.3 km/h 时爬坡度 (%) | 10.3 | 15.6 | 14.6 |

从表 4 所显示出来的仿真数据来看,很明显在发动机功率为 43 kW 的前提下使用功率为 49 kW 的电动机整车的动力性最佳。

(3) 尾气排放的影响。对功率为 25, 49, 59 kW 的电动机在相同的工况和条件下进行仿真,整车的尾气排放结果如表 5 所示。

表 5 使用不同功率电动机的车辆的尾气排放

| 功率 /kW | 25 | 49 | 59 |
|------------|-------|-------|-------|
| HC (g/km) | 0.719 | 0.701 | 0.712 |
| CO (g/km) | 0.834 | 0.791 | 0.801 |
| NOX (g/km) | 0.178 | 0.153 | 0.160 |

从表 5 可以很明显的看出在相同的前提、工况和条件下,功率为 49 kW 的电动机对整车的尾气排放起到了促进作用。

根据以上关于整车的燃油经济性、动力性和尾气排放的仿真数据的分析,结合对发动机功率选择时的仿真数据分析。对本设计的混联式混合动力电动汽车来说选择功率为 49 kW 的电动机是最佳的方案。

3 结 论

(1) 通过对混联式混合动力电动汽车尾气排放数据的分析,从数据上可以看出混联式混合动力电动汽车的有害气体的排放比较低,达到了“超低污染 甚至“零污染”的预期目标。从而减轻了对环境的污染。

(2) 从燃油经济性和动力性两方面出发,对混联式混合动力电动汽车的性能进行分析,结合整车的仿真数据,可以得出经济性方面混联式动力汽车占有明显的优势。

(3) 结合仿真结果,对混合动力电动车进行了优化设计,达到了动力性和经济性以及排放特性最优。

参考文献:

- [1] 陈清泉. 陈清泉院士论文选集:现代电动车、电机驱动及电力电子技术 [C]. 北京:机械工业出版社,2005
- [2] 黄永安,马路,刘慧敏. MATLAB 7.0/SIMULINK 6.0 建模仿真开发与高级工程应用 [M]. 北京:清华大学出版社,2005
- [3] FAN J, WU T. Simulating study of the control strategy for Honda Insight [J]. Journal of Guangxi University of Technology, 2004 (2): 18-20
- [4] 贾秋玲,袁冬莉,栾云凤. 基于 MATLAB 7.x/Simulink/Stateflow 系统仿真、分析及设计 [M]. 西安:西北工业大学出版社,2006
- [5] DENG Y, WANG Z, GAO H. Modeling and Simulation of Hybrid Drive System on the Toyota PR IUS Based on Bond Graph [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2004 (4): 50-55

The simulation of hybrid-electric hybrid vehicles based on ADV ISOR

L IN D one-yan, LA I Xiang-sheng

(School of Mechanical Engineering, Jimei University, Fujian Xiamen 361000, China)

Abstract: Several simulated models about the engine, battery and electric motor of hybrid electric vehicles under normal condition were built. The controlling strategies of hybrid electric vehicles under normal condition were built. The controlling strategies of several different kinds of electric vehicles were analyzed. According to simulated results, hybrid-electric hybrid vehicles were selected to conduct optimized design, and the results show that the hybrid-electric hybrid vehicles are low fuel consumption, low emission and energy conservation, which provides the reference for further studying the energy management of hybrid-electric hybrid vehicles.

Key words: electric motor; modeling; simulation; energy management

责任编辑:田 静