

基于超级电容的 并联式混合动力公交车研究

张 辉,尹安东,赵 韩

(合肥工业大学 机械与汽车工程学院,合肥 230009)

摘要:以某混合动力公交车的研发为对象,对其动力传动系的参数进行匹配设计。基于 MATLAB/SIMULINK 软件平台建立了整车仿真模型,并运用 ADVISOR 软件对整车动力性和燃油经济性进行了仿真分析。

关键词:混合动力公交车;并联式;超级电容;仿真

中图分类号:U469.13

文献标志码:A

文章编号:1005-2550(2010)03-0038-04

Investigation to Parallel Hybrid Bus on Super-capacitor

ZHANG Hui, YIN An-dong, ZHAO Han

(School of Machinery and Automobile Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: Based on some types of electric vehicle, the parameters of power train of PHEV were selected and designed. Based on MATLAB/SIMULINK a performance simulation model of whole vehicle were established. The dynamic performance and fuel economy of the bus were simulated using ADVISOR.

Key words: hybrid electric vehicle; parallel; super-capacitor; simulation

面对能源危机和环境保护问题,混合动力汽车融合了传统汽车成熟的技术和现有的电子控制技术,并且避开了纯电动汽车技术瓶颈和经济成本的难题,这使其在当前很长一段时间内具有广阔的市场前景。传统混合动力汽车多是基于蓄电池,相对于传统混合动力方案,基于超级电容的混合动力方案具有低成本、结构简单、符合中国国情、适合产业化的特点。超级电容比能量比较低,但是可以通过控制策略的研究,合理地进行能量分配,满足混合动力工况需求。城市公交车启动、制动频繁,超级电容可以高效率的回收制动能量并且辅助公交车启动。因此,城市公交车的行驶工况特点决定了超级电容的实用性与可靠性。本文采用性价比优良的超级电容储能装置,开发了低成本、高可靠性的混合动力系统。

本文以某城市公交车科研项目为背景,对基于超级电容的城市公交车其动力传动系的参数进行合理的选择和匹配设计,并运用 ADVISOR 软件进行整车动力性和燃油经济性仿真分析,验证设计的可行性和整车仿真模型的准确性。

1 混合动力设计方案

某混合动力公交车动力系统采用并联式工作方式,本文对该系统主要部件进行了设计和选型并对其公交车动力系进行仿真研究,系统布置的结构如图1所示^[1]。

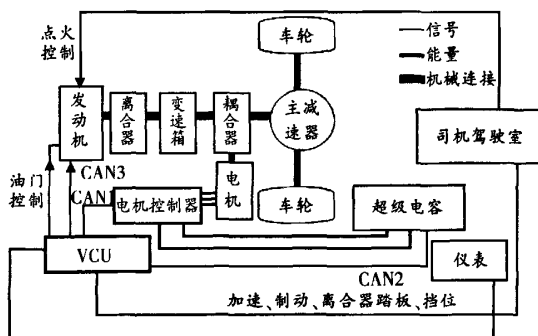


图1 并联混合动力公交车整体布置

2 动力传动系参数设计

2.1 发动机参数匹配

汽车匀速行驶在水平路面上时,发动机应能不依靠电池而向汽车提供足够的行驶功率。否则将会

造成电池迅速放电,这对电池工作状况和使用寿命等方面都将是不利的。同时,要求发动机提供的汽车行驶所需的稳定功率,即发动机输出的最大平均功率应不小于频繁起停循环工况下汽车需要的平均功率。发动机功率就从以上两点入手初步设计。

(1) 发动机单独驱动下满足汽车最高速度行驶功率需求:

$$P = \frac{1}{\eta_T} \left(\frac{m \cdot g \cdot f \cdot v_{\max}}{2} + \frac{C_D \cdot A v_{\max}^3}{76140} \right) \quad (1)$$

(2) 满足典型循环工况下平均行驶功率需求:

在一个循环工况中,平均行驶功率可由下式计算得到:

$$P_{\text{ave}} = \frac{1}{T} \int_0^T \left(m \cdot g \cdot f + \frac{1}{2} \rho_s C_D A V^3 + \delta m V \frac{dV}{dt} \right) dt \quad (2)$$

由公式(2)可求得此车的最大需求功率为 149 kW。参照现有的发动机选择了最大功率为 162 kW 的玉柴 YC6J220-30 发动机。

2.2 电机参数匹配

电机的作用就是为公交车提供峰值功率,起步时辅助公交车起步,在加速和上坡时提供峰值功率来满足公交车对加速度和爬坡度的要求。根据玉柴 YC6J220-30 发动机的外特性分析可得:①发动机在 1 200~1 700 r/min 的范围内油耗比较低,在 1 400 r/min 时达到最低油耗;②在此转速范围内发动机的功率在 100~150 kW 内变化。在 1 400 r/min 时发动机功率为 $P_e=122$ kW,完全能满足此车正常行驶功率需求。基于上述分析则初步可以确定电机的功率为 $P_m=162-122=40$ kW。参照现有的电机最后选择额定功率为 45 kW 的 TQD101 电机。

2.3 传动系参数匹配

传动系参数主要包括变速器和主减速器速比。最大速比取决于整车的最大爬坡度,最小速比取决于整车的最高车速。当汽车以最常用的巡航车速行驶时,应尽可能使发动机工作在高效区^[3]。

2.3.1 主减速器速比 i_0 的选择

i_0 的选择首先应满足车辆最高行驶速度要求,即:

$$i_0 \leq 0.377 \frac{R_r N_{e,\max}}{v_{\max}} \quad (3)$$

式中, $N_{e,\max}$ 为发动机最高稳定转速, R_r 为车轮滚动半径。

另外,为使发动机在最高车速时仍能发挥出最大功率, i_0 的

选择还应满足:

$$i_0 \geq 0.377 \frac{R_r N_{e,\max}}{v_{\max}} \quad (4)$$

2.3.2 最小传动比的选择

传动系最小传动比,可根据发动机单独驱动时,最高车速的功率平衡点进行选择,即当发动机工作在最大功率点处时,对应最高车速为 80 km/h,此时有如下对应关系:

$$i_{\min} = \frac{r}{\eta_T T_{\text{emax}}} \left(\frac{m \cdot g \cdot f \cdot v_{\max}}{3600} + \frac{C_D \cdot A v_{\max}^3}{76140} \right) \quad (5)$$

2.3.3 最大传动比的选择

最大传动比为变速器的一挡速比与主减速比的乘积。该速比主要满足两方面要求。

(1) 满足最大爬坡度的要求。汽车在最大爬坡度工况时车速较低,可忽略空气阻力,最大传动比应满足:

$$i_{\max} \geq \frac{M_v (f_r \cos \alpha + \sin \alpha) r}{T_{\text{emax}} \eta_{t,e}} \quad (6)$$

(2) 满足附着条件的要求,即牵引力不应大于附着力:

$$i_{\max} \leq \frac{M_2 g \varphi r}{T_{\text{emax}} \eta_{t,e}} \quad (7)$$

由此可知仅由发动机驱动时最大传动比应该设计在 28.11~70 之间。但是实际的驱动是发动机和电机一起驱动的。因此最大传动比要满足混合驱动时的附着条件。同时又因高档使用频繁,所以又要求高档区相邻挡位之间的传动比比值要比低挡区相邻挡位之间的传动比比值小。综合考虑到上述原因,确定最大传动比为 $i_{\max}=32.95$ 。

3 并联式混合动力公交车性能仿真

3.1 建立仿真模型

利用 ADVISOR 软件平台,搭建该混合动力公交车整车模型,并进行封装连接,如图 2 所示。

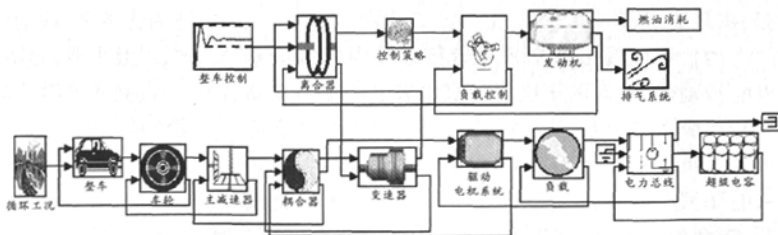


图 2 某混合动力公交车整车模型

3.2 仿真结果

为适应新车性能仿真,设计中修改了 ADVI SOR2002 中相关模型和部件的参数^[4,5],仿真采用中国典型城市公交车循环工况,燃油经济性和动力性评价采用我国规定的载质量(燃油经济性评价采用半载,动力性评价采用满载),仿真结果如图 3~图 6 所示。

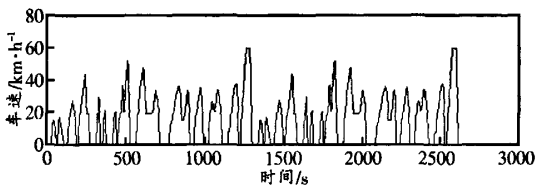


图 3 实际车速与需求车速曲线

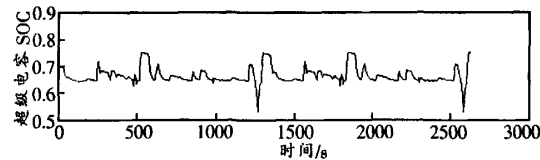


图 4 超级电容的 SOC

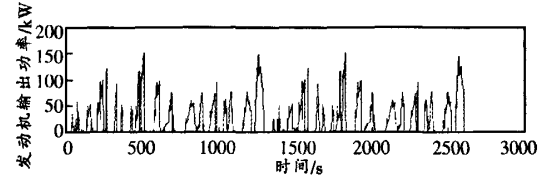


图 5 发动机输出功率

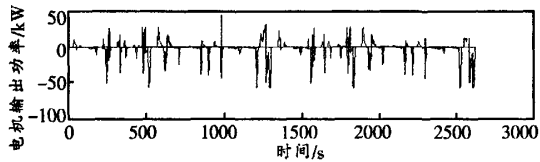


图 6 电机输出功率

仿真结果分析:

- (1) 实际车速与需求车速基本一致,整车动力充足,满足要求;
- (2) 可以看出公交车在运行过程中超级电容 SOC 波动较小,有利于延长超级电容的寿命。发动机给超级电容充电、制动能量回馈给超级电容充电时超级电容 SOC 上升,超级电容单独给电机供电时 SOC 下降较快。发动机运行在一个高效率的范围内,有利用减少油耗和排放;
- (3) 超级电容功率大于零时说明超级电容在放电,小于零时超级电容在充电。电机功率大于零时说明电机在驱动公交车,小于零时电机在进行能量回馈;

明电机在驱动公交车,小于零时电机在进行能量回馈;

- (4) 在车辆加速时,电机的输出转矩明显增加,达到预期效果。

3.3 整车动力性、经济性仿真结果分析

(1) 混合动力公交车动力性仿真结果分析

利用建立的仿真模型对该混合动力公交车进行动力性能仿真,仿真结果如表 1 所示。

表 1 混合动力公交车动力性仿真值和设计值比较

项 目	仿真值	设计值
最高车速/(km·h ⁻¹)	85.2	≥80
最大爬坡度/%	24.4	≥20
0~50 km/h 加速时间/s	21.4	≤30

(2) 混合动力公交车经济性仿真结果分析

在典型城市公交循环工况下,利用建立的仿真模型对该混合动力公交车进行经济性性能仿真,仿真结果如表 2 所示。

表 2 混合动力公交车经济性仿真值

项 目	仿真值	设计值
燃料消耗量/L·(100 km) ⁻¹	33.6	35

从表 1、表 2 列出的该混合动力公交车动力性和经济性的仿真测试结果,说明所设计和参数匹配方案可行,且动力性和经济性均满足设计要求。

4 结论

- (1) 混合动力系统的动力以发动机驱动为主,电机辅助驱动,发动机动力输出动态响应慢、扭矩输出控制精度差,而电机瞬间动力驱动响应快,扭矩输出控制精度高,因此在启动、加速、爬坡的时候,可以较好的避开发动机的低效率工作区和提高汽车的动力性;
- (2) 基于超级电容的并联式混合动力公交车启动的优点是:起动时间短,转速响应快,没有高的超调,过渡平滑,起动性能良好;
- (3) 本方案总体结构布置合理,能在保证车辆稳定性的基础上最大限度发挥电机的辅助驱动,动力性、经济性与稳定性均能达到设计要求;
- (4) 城市公交车启动、制动频繁,超级电容可以高效率的回收制动能量并且辅助公交车启动,城市公交车的行驶工况特点决定了使用超级电容的实用性与可靠性。

辨识车用发动机稳态油耗 MAP 图的“一刀切”法

沈 健¹,曾迺立¹,白 羽²,高永东¹,贾保利¹

(1.东风汽车股份有限公司商品研发院,武汉 430057;2.东风汽车公司,武汉 430056)

摘要:提出一种新的识别发动机稳态油耗 MAP 图的“一刀切”法,即用某一特定扭矩水平切割不同发动机的稳态油耗 MAP 图,对该扭矩水平下不同发动机的比油耗值进行比较,以识别发动机稳态油耗 MAP 图的优劣。

关键词:汽车;发动机;油耗 MAP 图

中图分类号:U464.11

文献标志码:A

文章编号:1005-2550(2010)03-0041-03

An Cutting Method of Identifying Steady Fuel Economy Engine MAP in Automobile

SHEN Jian¹, ZENG Jiong-li¹, BAI Yu², GAO Yong-dong¹, JIA Bao-li¹

(1.Commercial Product R&D Institute, DongFeng Automobile Co., Ltd, Wuhan 430057, China;

2.DongFeng Motor Co., Wuhan 430056, China)

Abstract: A new cutting method of identifying steady fuel economy engine MAP was put forward. Namely, by a certain special torque incising some different steady fuel economy engine MAPs, their ratios of fuel economy in the torque can be compared, then the MAPs can be identified.

Key words: automobile; engine; fuel economy engine MAP

辨识车用发动机稳态油耗万有特性 (MAP) 图是汽车研发界日益关注的事项,而如何辨识车用发动机稳态油耗 MAP 图,汽车业界并无统一的辨识方法和评判指标。文献[1]通过对车用发动机稳态油耗MAP图的探析,指出了便于辨识良好车用油耗 MAP 图应具备的特征:(1)最低等油耗率曲线应是封闭的,有较小的油耗率值,即“蛋心”,离外特性线不能太近,应落在 $0.45n_0 \sim 0.55n_0$ (n_0 是 MAP 上最大转速和最小转速的均值)区域,以使汽车加速行驶和爬坡时表现出良好的经

济性;(2)各等油耗率曲线(尤其是较低等油耗率曲线)间距应较宽,且间隔差值应较小,即“坡度”较缓或梯度变化较小;(3)等油耗率曲线没有褶皱和异型状况,其走向应按转速 n 的 m ($0 \leq m \leq 2$) 次方曲线呈现。

以上特征,对于欧 II 或国 II 发动机稳态油耗 MAP 图来说,是比较容易辨识的。然而,就目前大多数国 III 和国 IV 发动机稳态油耗 MAP 图来看,等油耗率曲线存在褶皱和异型状况,有些会出现两个或多个“蛋心”,等油耗率曲线表现出不规则状态。作者从实际应用角度,提出了一种新的识别发动机稳态油耗 MAP 图的方法,值得推广使用。

收稿日期:2009-11-03

参考文献:

- [1] Powell B K, Bailey K E, Cikanek S R. Dynamic modeling and control of hybrid electric vehicle powertrain systems [J]. IEEE Control Systems Magazine, 1998, 18(5): 17-33.
- [2] 夏小华, 吴小清. 混合动力汽车电机的选择与仿真比较 [J]. 汽车技术, 2005, (6): 17-20.
- [3] 吴彤峰, 过磊, 李新春等. 基于 ADVISOR 的混合动力汽车总成参数选择与仿真 [J]. 河南大学学报 (自然科学版), 2006, 36(3): 97-100.
- [4] Butler K L, Ehsani M, Kamath Preyas. A Matlab-based modeling and simulation package for electric and hybrid electric vehicle design [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1999, 48(6): 1770-1778.
- [5] Baumann B M, Washington G, Glenn B C, et al. Mechatronic design and control of hybrid electric vehicles [J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2000, 5(1): 58-72.