

文章编号 :1002-0268 (2006) 08-0163-04

ISA 型混合动力汽车的控制策略及性能仿真

庞晓锋, 郑荣良

(江苏大学 汽车与交通工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘要: 在介绍了 ISA (Integrated Starter Alternator) 轻度混合动力汽车结构及主要特点的基础上,着重分析了发动机和电机之间的能量匹配以及控制策略。通过实例,利用 ADVISOR 软件对传统车辆和改装后 ISA 型混合动力汽车进行仿真分析,结果显示:其燃油经济性和动力性得到大幅提高,污染排放得到有效提高,为该混合动力车具体设计提供了理论依据。

关键词: ISA; 混合动力汽车; 控制策略; 仿真

中图分类号: U463.23

文献标识码: A

Control Strategy and Performance Simulation of ISA HEV

PANG Xiao-feng, ZHENG Rong-liang

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

Abstract: After introducing the structure and main characteristics of a mild hybrid system based on ISA (Integrated Starter/Alternator), this paper analyses the energy flow management between engine and motor as well as the control strategy. In addition, the conventional vehicle and the ISA HEV retrofitted from conventional vehicle were simulated with ADVISOR software, which provided the theoretical foundation for this HEV's specific design.

Key words: ISA; hybrid vehicle; control strategy; simulation

0 前言

混合动力电动汽车(HEV Hybrid Electric Vehicle)一方面可以充分利用传统汽车的技术成果和工业基础,另一方面可以有效减少排放、降低油耗,所以使用混合动力电动汽车是解决排污和能源问题最具现实意义的途径之一。依据基于任务分类的现代分类方法,混合动力汽车可以分为轻度混合型(Mild Hybrid Vehicle - MHV)、功率混合型(Power Hybrid Vehicle - PHV)和能量混合型(Energy Hybrid Vehicle - EHV)3类^[1]。在3类混合动力车型之中,虽然轻度混合动力汽车在降低油耗和改善排放方面的能力不如后两者,但由于其对当前传统内燃机汽车的改造成本最低,而成为当前研究和开发的热点。

ISA(integrated starter alternator)型混合动力汽车是指将起动机/发电机集成为一体的混合动力汽车,属于上述3类中的轻度混合动力汽车。本文将介绍ISA型混合动力汽车的结构和控制策略,并以ADVISOR软件为平台,对所研究的某型汽车进行参数匹配、仿真,为实际研究开发提供了原始依据。

1 ISA 型混合动力电动汽车的结特点

ISA 型混合动力系统以发动机为主要动力,电动机为辅助动力。其结构如图1所示,电动机和发电机集成在一起,直接安装在发动机曲轴动力输出端,取代了发动机飞轮,既传递动力又减缓曲轴扭转振动。这样在不改变原有车辆变速器和驱动桥的条件下就可以实现从传统车辆向轻度混合动力汽车的过渡。

收稿日期:2005-04-12

作者简介:庞晓锋(1981-),男,河南南阳人,硕士研究生,研究方向为混合动力汽车以及汽车电子控制研究。(pangxiaofeng@gmail.com)

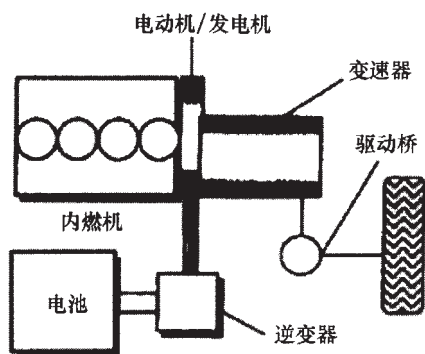


图1 ISA混合动力汽车结构示意图

Fig.1 Configuration of ISA HEV

由于当前采用的交流发电机的最大功率输出大约只有 2 kW, 且机械能-电能的转化效率不能超过 50%^[2]。为了克服以上缺点, ISA 系统中采用 42 V 的电气网络, 但考虑到当前汽车大部分电器还是 14 V, 所以整车的电气系统采用 42~14 V 混合的一种连接方式, 如图 2 所示。

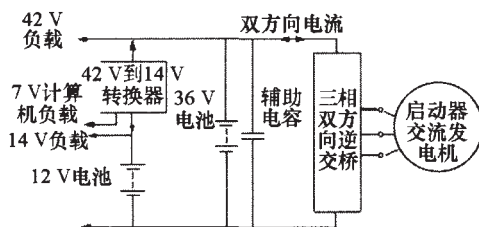


图2 ISA混合动力汽车的电源系统

Fig.2 The power system of ISA HEV

由于采用了上述机械结构和电气网络, 再加上合理的控制方法, ISA 混合动力汽车和传统车辆相比, 能够实现如下优势:

(1) 当汽车临时停车时(如遇到红灯), 可以关闭发动机, 由电机来实现怠速功能; 当汽车下坡或停车时, 可以实现把制动能量回收, 所以油耗可以降低 10%~15%^[3]。

(2) ISA 系统直接安装在发动机曲轴上, 去掉了传统车辆的启动齿轮副, 可以减少噪声污染, 提高汽车的乘坐舒适性。

(3) 污染物排放可以降低 10%左右。

(4) 在汽车加速或者爬坡时, ISA 系统可以给汽车提供助力, 从而提高汽车的动力性能。

2 ISA 型混合动力汽车的控制策略

2.1 ISA 型混合动力汽车的控制目标

ISA 系统主要实现的功能如下^[4]:

(1) 自动起停功能: 包括怠速停机和自动启动两部分。怠速停机是指当汽车停止不动而发动机将

处于长时间怠速, 控制系统令发动机停止运行; 自动启动是指当汽车需要起步时, ISA 在很短的时间内将发动机拖动至怠速转速以上, 然后发动机才开始点火燃烧。

(2) 功率辅助功能: ISA 在发动机低速大负荷工况下, 作为电动机使用, 以提供部分辅助功率, 改善此工况下的发动机特性。

(3) 减速或制动时能量回收: 减速或者制动时 ISA 作为发电机运行, 将部分动能转化成电能, 向车载动力电池系统充电。

(4) 大功率电能输出: ISA 用作发电机时可以提供 6~10 kW 功率输出, 全转速范围内的效率在 80%以上, 可以满足现代汽车电子产品对大功率的需求。

2.2 发动机和电机之间的能量匹配

根据车辆的运行状态可以划分成启动、临时停车、定速巡航、加速和减速。不论在哪种工况下, 发动机和电机之间都要密切配合, 以满足汽车负荷要求, 并且要维持蓄电池的 SOC(电池荷电状态)值。

2.2.1 启动

当车辆控制器接收到有效的启动信号, 并判断离合器从接合状态变化至脱离状态, 车辆控制器中 ISA 的状态由停止状态转换至运行状态, 并带动发动机旋转, 此时有

$$P_e = -P_m, \quad (1)$$

$$P_b = \frac{P_m}{\eta_{bm}}, \quad (2)$$

$$P_1 = 0, \quad (3)$$

式中, P_e 为发动机功率输出; P_m 为电机功率输出; P_1 为汽车负载功率; P_b 为电池放电功率; η_{bm} 为电池放电效率; η_m 为电机效率。

在这种工况下, 显然所有的能量, 都必须由蓄电池来提供。

2.2.2 临时停车

当车辆遇到红灯短时停车, 可以关闭发动机, 由电机来拖动汽车的附属设施(如空调, 助力转向油泵等), 以减少汽车的怠速排放, 此时有

$$P_e = 0, \quad (4)$$

$$P_m = P_{io}. \quad (5)$$

这种工况和前面的启动工况有些类似, 都是由蓄电池来提供所有能量, P_m 仍由公式(2)计算, 只不过此时的汽车负载不为零。

2.2.3 定速巡航

在定速巡航工况下, 仅由发动机来驱动汽车。

当汽车负载低于发动机所能提供的功率时,发动机就有额外的功率来给蓄电池充电(在蓄电池的 SOC 并没有达到最大值的条件下),这时电机就变成发电机,把发动机的动能转化成电能。此时发电机输出和电池充电功率分别为

$$P_m = -(P_e - P_1), \quad (6)$$

$$P_b = P_m \eta_{bc}, \quad (7)$$

其中, η_{bc} 为电池充电效率。显然此时的 P_m 、 P_b 都为负值,分别表示发电机发电和蓄电池充电。如果蓄电池的 SOC 达到最大值时,就停止充电,发动机仅驱动汽车运行,这时候 P_e 和 P_1 相等。

2.2.4 加速

在加速或者爬坡工况下,汽车的负载功率可能大于发动机所能产生的功率,这时电机必须和发动机一起工作,以满足汽车负载的功率要求,此时电机和电池输出分别为

$$P_m = P_1 - P_e, \quad (8)$$

$$P_b = \frac{P_m}{\eta_{bd}}. \quad (9)$$

2.2.5 减速

当汽车减速或者下坡时,发动机停转或者空转。在这种工况下,电机又变成发电机给蓄电池充电,此时有

$$P_m = P_1, \quad (10)$$

$$P_b = P_m \eta_{tm} \eta_{bc}, \quad (11)$$

其中, η_{tm} 为能量回收因数, η_{tm} 为从电机到车轮的转化效率。

2.3 控制策略

由上述能量匹配可以看出,不论在哪种工况下,发动机的功率输出与电机的功率输出之和都等于汽车负载。在汽车的实际运行过程中,也就是汽车的负荷决定了发动机和电机的工作状态^[8]。

当前有多种控制算法可以实现各种工况之间的切换以及各部件之间的功率匹配,例如:最高 SOC 控制策略,最优控制策略,模糊控制策略等等。本文所研究车辆的运行路况,多在城市内行使,频繁起动,选用最高 SOC 控制策略比较合适。

最高 SOC 控制策略的原则就是除了 SOC 已经达到其最大值以外,发动机都应工作在节气门开度稍大的状态下,以便给蓄电池充电,如图 3 所示。

图上 a 和 a' 段分别代表蓄电池在变速器高速档和低速档时的充电功率; b 和 b' 分别代表蓄电池在变速器高速档和低速档时的放电功率。另外从图 3

中也可以看出,采用多档变速器有利于减少蓄电池的体积。

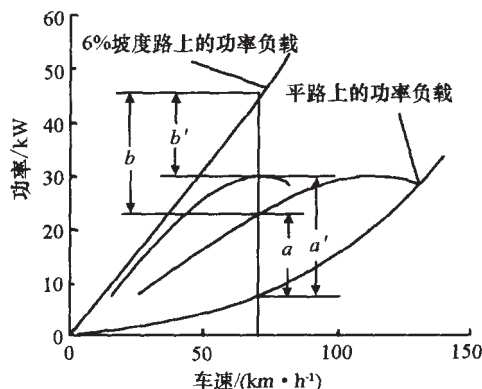


图 3 电池充电与放电

Fig.3 Battery charging and discharging power

3 参数选择及仿真

根据以上所述,笔者对某型传统轿车的参数做了修改,使其成为 ISA 混合动力汽车,并以 ADVISOR 为平台进行性能仿真。

3.1 参数匹配

该传统轿车的基本参数:整车质量 $m=1418$ kg,空气阻力系数 $C_d=0.30$,轴距 $l=2.67$ m,车轮半径 $R=0.287$ m,滚动阻力系数 $f=0.016$,发动机为 1.6 L 汽油发动机。

为把其匹配成 ISA 型混合动力汽车,依据文献[1],所选择的电机和蓄电池参数如下:电机采用 10 kW 的交流永磁同步电机;蓄电池采用 36 V 铅酸电池,其容量为 20 Ah。

根据以上参数以及控制算法,对 ADVISOR2002 进行了二次开发,并分别对传统车辆和匹配后的 ISA 混合动力车辆进行仿真。

3.2 仿真结果

仿真所采用的路况均为 CYC_UDDS (标准城市行驶路况),两次仿真所采用的发动机和变速器相同,两者的仿真结果如表 1 所示。

从厂家获得的资料表明,该传统轿车的百公里油耗为 6.8 L,0~100 km/h 的加速时间为 13.3 s,和表 1 中的传统车仿真结果相比较,误差均小于 3%,可见仿真结果和实际车辆的运行参数吻合的很好。

从表 1 中可以看出,改装以后的 ISA 混合动力汽车的百公里油耗降低了 15.7%;3 种污染气体的排放分别减少 7.5%,5.8%,17.5%;0~100 km/h 的加速时间减少 3.5 s,64~100 km/h 的加速时间减少 1.7 s;88.5 km/h 的爬坡度提高了 4.9%。通过这些数据分析

可以看出，经改装后的车辆，油耗和污染物排放明显减低，汽车的动力性得到了显著提高。

表 1 传统车辆和匹配后的 ISA 混合动力汽车的仿真结果比较

车型	百公里 废气排放/(g·km ⁻¹)				加速性能/s		88.5 km/h 爬坡度/%
	油耗/L	HC	CO	NO _x	0~100	64~100	
传统轿车	7	0.264	1.065	0.137	13.8	7.4	13.7
ISA 型混合动力	5.9	0.244	1.003	0.113	10.3	5.7	18.6

ISA 型混合动力车上蓄电池的 SOC 值，排放的各种污染气体，汽车负载，发动机输出功率如图 4 所示。从图上我们可以看出，当车速上升时，SOC 下降；反映出加速时，由电机助力，蓄电池放电，车速为零时，SOC 值下降，就是前面所述的临时停车工况，此时由电机拖动汽车负载，车速下降时，SOC 值上升，反应出减速时，发电机给蓄电池充电。从 SOC 的变化趋势来看，也反应出最高 SOC 控制策略的效果。

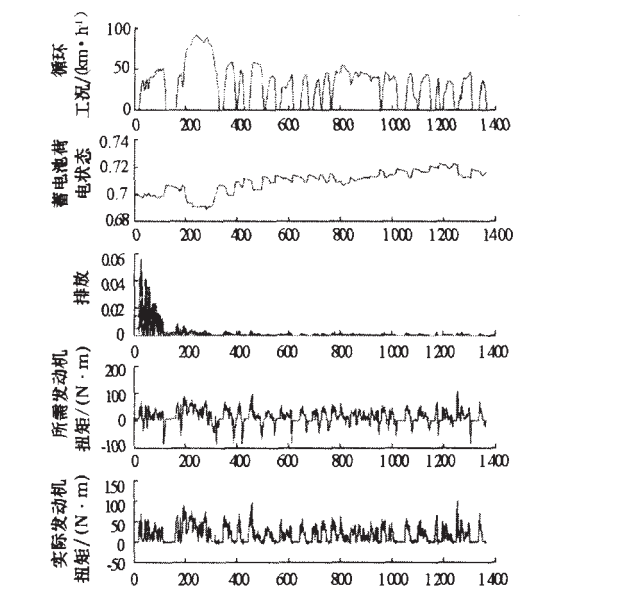


图 4 ISA 混合动力汽车的仿真结果
Fig.4 The simulation result of ISA HEV

4 结论

文中介绍了 ISA 型混合动力汽车的机械结构和电气网络特点，重点分析了发动机和电机之间的能量匹配，以及实现能量管理的最高 SOC 控制策略。笔者结合所开发的项目，对某型传统轿车进行了参数匹配，并以 ADVISOR 为平台对改装的 ISA 混合动力汽车进行仿真，结果显示：其燃油经济性和动力性得到大幅度提到，污染物排放得到有效的控制。

参考文献：

[1] 杨伟斌, 秦大同, 等. 轻度混合动力汽车动力元件的选型与参数匹配[J]. 重庆大学学报, 2003, (11).

[2] MARGARET HALLIGAN. PEI Technologies [EB/OL]. <http://www.pei-tech.ie>.

[3] RICHARD GORDON. A systems approach to the mild hybrid powertrain [EB/OL]. http://www.autoindustry.co.uk/features/articles/search_results.

[4] KLAUS-PETER ZEYEN, Thomas Pels ISAD A Computer Controlled Integrated Starter-Alternator-Damper-System [C]. SAE Paper, 972660.

[5] EHSANI MEHRDAD, GAO YIMIN, BUTLER KAREN L. Application of electrically peaking hybrid(ELPH) propulsion system to a full-size passenger car with simulated design verification [J]. IEEE Transaction on Vehicular Technology, 1999, 48 (6): 1779 - 1781.

[6] JOHN ORMEROD, PETER FUSSEY. Development of a control system for a mild hybrid vehicle[EB/OL]. http://www.mechine.unisa.it/meca01/Papers/MECA01_paper04.pdf.

[7] PETER SOMMERFELD. Power Electronic Modules Manage Alternator Systems [EB/OL]. http://powerelectronics.com/mag/power_power_electronic_modules/index.html.

[8] YINMIN GAO, KHWAJA M RAHMAN. The Energy flow Management and Battery Energy Capacity determination for the Drive train of electrically Peaking Hybrid Vehicle [C]. SAE Paper, 972647.

文章编号 :1002- 0268 (2006) 08- 0167- 04

公路运输现代化的静态及动态评价指标体系探讨

高洪涛¹, 邹霞², 张丹羽³

(1. 北京交通大学 交通运输学院, 北京 100044; 2. 山东财政学院 工商管理学院, 山东 济南 250014;
3. 山东大学 管理学院, 山东 济南 250100)

摘要: 从公路运输现代化的特征入手, 针对公路运输现代化的静态特点, 利用层次分析法, 进行了评价指标体系的探讨, 并应用专家法, 对公路运输的基本现代化阶段和高度现代化阶段的指标权值进行了分析统计, 得出不同指标在现代化过程中的对现代化影响的变化趋势; 并针对公路运输现代化的动态特点, 在已有的公路现代化的动态评价指标体系基础上, 对其进行改进。

关键词: 公路运输; 现代化; 静态评价; 指标权重; 动态评价

中国分类号: F540

文献标识码: A

Static and Dynamic Evaluation System for Road Transport Modernization

GAO Hong-tao¹, ZOU Xia², ZHANG Dan-yu³

(1. School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;
2. Business Administration School, Shandong University of Finance, Shandong Jinan 250014, China;
3. Management School of Shandong University, Shandong Jinan 250100, China)

Abstract: This article mainly starts with the characteristic of the road transportation modernization. In view of the static characteristics of the road transportation modernization the authors discuss the evaluation index system by using the AHP and expert method to analyze the weight of the road transportation basically modernized stage and the highly modernized stage to point out the change tendency about the different indexes in the process of modernization. In view of the highway transportation modernization dynamic characteristics, the process of the modernization of the highway transportation and further improvements are discussed based on the road modernization dynamic evaluation index system.

Key words: road transportation; modernization; state evaluation; weight of index; process evaluation

0 前言

公路运输现代化是一种状态, 也是一个过程, 具有静态和动态两方面的特征。因此, 在设计公路运输现代化的评价指标体系时, 应根据其自身的特点, 从静态和动态两个方面来设计评价指标体系。本文首先从静态着手, 提出公路运输现代化指标体系, 并对不同现代化阶段, 指标的权重变化进行了分析; 然后对公路运输现代化的动态评价的动态评价指标进行了研究。

1 公路运输现代化的静态评价指标体系

1.1 公路运输现代化的静态特征

作为一种状态, 公路运输现代化的特点如图 1 所示, 主要有以下 4 个方面:

第一, 路网的规模趋于成熟, 但不同国家的极限值不同;

第二, 人口密度、面积密度较高, 公路的通达程度和方便程度高;

第三, 客货运强度适中, 公路交通的舒适性较好;

收稿日期: 2006- 03- 27

作者简介: 高洪涛 (1956-), 男, 山东滨州人, 博士研究生, 从事公路交通及物流管理研究. (gaohongtao@sdjtu.gov.cn)