

6-3-2020

Redevelopment of Fuel Cell Ground Vehicle Simulation Model Based on ADVISOR Software

Mingyu Huang

1. School of Mechanical Engineering, Nan tong University, Nantong 226019, China; ;

Zhang Zheng

1. School of Mechanical Engineering, Nan tong University, Nantong 226019, China; ;

Jiawen Deng

1. School of Mechanical Engineering, Nan tong University, Nantong 226019, China; ;

Qiongye Lu

2. School of Automobile and Traffic Engineering, Nantong Vocational University, Nantong 226019, China;

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Redevelopment of Fuel Cell Ground Vehicle Simulation Model Based on ADVISOR Software

Abstract

Abstract: Vehicle simulation software ADVISOR does not set a vehicle model and driving cycles which can be used to simulate ground vehicle. *The fuel cell vehicle model was redeveloped* in the software including changed parts parameters and driving cycles according the actual vehicles. *The fault of battery control part and fuel cell power output limit part in the default control strategy was analyzed and modified.* Through simulating, the results show that the redeveloped vehicle model can simulate on new driving cycles and control strategy is more reasonable. *The verification module for control effects of the control strategy was set up.*

Keywords

fuel cell ground vehicle, ADVISOR, develop, control strategy

Authors

Mingyu Huang, Zhang Zheng, Jiawen Deng, Qiongye Lu, Hongjun Ni, and Yidan Zhou

Recommended Citation

Huang Mingyu, Zhang Zheng, Deng Jiawen, Lu Qiongye, Ni Hongjun, Zhou Yidan. Redevelopment of Fuel Cell Ground Vehicle Simulation Model Based on ADVISOR Software[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(5): 1041-1048.

基于 ADVISOR 的氢电混合动力场地车仿真模型开发

黄明宇¹, 张政¹, 邓佳文¹, 陆琼晔², 倪红军¹, 周一丹¹

(1.南通大学机械工程学院, 南通 226019; 2.南通职业大学汽车与交通工程学院, 南通 226019)

摘要: 氢燃料电池-蓄电池混合动力车相对单一氢燃料电池车具有许多优点, 但其混合度和控制策略是一关键。汽车仿真软件 ADVISOR(Advanced Vehicle Simulator)中没有设定仿真氢电混合动力场地的车型和工况, 结合实际车型, 对软件中的燃料电池车型进行二次开发, 修改部件参数和循环工况, 针对其默认控制策略中蓄电池控制和燃料电池功率输出限制部分存在的缺陷进行分析和修改, 并通过仿真验证, 得到二次开发的车型能够在新建的工况下正常仿真和修改的控制策略更加合理的结果, 搭建了针对控制策略控制效果的验证模块。

关键词: 氢电混合动力场地车; ADVISOR(Advanced Vehicle Simulator); 开发; 控制策略

中图分类号: U469.72 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X(2017)05-1041-08

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201705015

Redevelopment of Fuel Cell Ground Vehicle Simulation Model Based on ADVISOR Software

Huang Mingyu¹, Zhang Zheng¹, Deng Jiawen¹, Lu Qiongye², Ni Hongjun¹, Zhou Yidan¹

(1.School of Mechanical Engineering, Nan tong University, Nantong 226019, China;

2.School of Automobile and Traffic Engineering, Nantong Vocational University, Nantong 226019, China)

Abstract: Vehicle simulation software ADVISOR does not set a vehicle model and driving cycles which can be used to simulate ground vehicle. *The fuel cell vehicle model was redeveloped in the software including changed parts parameters and driving cycles according the actual vehicles. The fault of battery control part and fuel cell power output limit part in the default control strategy was analyzed and modified.* Through simulating, the results show that the redeveloped vehicle model can simulate on new driving cycles and control strategy is more reasonable. *The verification module for control effects of the control strategy was set up.*

Keywords: fuel cell ground vehicle; ADVISOR; develop; control strategy

引言

场地车是在一些特殊场合(如旅游景点、仓库、球场等)应用的小型车辆, 对车辆的速度、加速度等性能要求不高, 但对环保、节能、噪声等性能的

要求较高。目前, 场地车大多使用蓄电池驱动, 清洁环保, 低噪声且驾驶方便, 因此被广泛应用与景区、机场、车站、体育馆等场所。但是纯电动场地车的不足之处在于行驶距离短, 需要经常充电且充电耗时较长, 降低了车辆的使用效率。燃料电池车由于行驶距离长、无需充电、功率大及“零”排放优点, 特别适合应用于这些场合。但若仅装备燃料电池(Fuel Cell, FC), 又存在启动时间长和功率响应慢的缺点。因此, 采用燃料电池和蓄电池混合的动力源组成形式(我们把其简称为氢电混合动力),



收稿日期: 2015-06-28 修回日期: 2015-09-07;
基金项目: 国家科技支撑计划(2011BAG2B10), 江苏
高校优势学科建设工程资助(苏政办发(2014)37号),
江苏省高校自然科学基金(16KJB480005); 南通市科
技计划(GY12015028);
作者简介: 黄明宇(1962-), 男, 江苏南通, 本科, 教
授, 研究方向为新能源汽车。

<http://www.china-simulation.com>

• 1041 •

可以有效的克服单一动力源存在的缺点。ADVISOR 软件是在 MATLAB/Simulink 软件环境下开发的高级车辆仿真软件平台,可以对汽车的动力性、经济性、排放性及制动性等性能进行预测、方案分析与评估^[1-4],但该软件没有针对氢电混合动力的模块。本文对 ADVISOR2002 软件进行二次开发,选择软件自带燃料电池车型,通过对各部件参数和仿真工况的修改,以及合理匹配 FC 和蓄电池各参数,建立氢电混动场地车模型,结合修改的道路循环工况,进行仿真研究,并针对燃料电池车型默认控制策略存在的缺陷进行优化,最后在 MATLAB/Simulink 中搭建了对控制策略进行验证的模型。

1 动力系统主要参数匹配计算

动力系统参数匹配的思路是:在设定整车参数和动力性能指标的情况下,通过车辆需求功率分析→驱动电机功率、转矩及转速的选择→燃料电池系统的参数确定→蓄电池系统的参数确定→能量管理策略参数的确定实现参数匹配。

1.1 整车性能设计目标及整车主要参数

结合市场现有场地车参数情况,设计样车燃料电池场地车 Fuel Cell Ground Vehicle (FCGV),其整车参数及动力性能指标情况见表 1。

表 1 整车参数及动力性能指标

整车参数		动力性能指标	
整车整备质量/kg	600	最高车速	40 km/h
整车满载总质量/kg	1 000	最大爬坡度	≥20%
载客数/人	4	5%坡度上以 20 km/h	
迎风面积/m ²	2	的速度正常行驶	
轮胎滚动半径/m	0.21		
传动系统效率	0.95		
风阻系数	0.35		
滚动阻力系数	0.01		

1.2 整车需求功率计算

动力系统整车总功率必须满足场地车性能目标对功率的需求,分别对应电机的稳定持续

最大输出功率(额定功率)和短时最大输出功率(1~5 min 峰值功率)^[4-5]。

据汽车理论,汽车功率平衡关系应满足式(1):

$$P = \frac{1}{3600\eta} \left(mgf + \frac{CdAV}{21.15} + mg \sin \alpha + \delta ma \right) V \quad (1)$$

式中: m 为整车质量; g 为重力加速度; f 为滚动阻力系数; Cd 为风阻系数; A 为迎风面积; α 为道路坡度; δ 为旋转质量换算系数; V 为车速^[6]。

由公式(1)计算可得整车动力性能指标对应的车辆功率,计算结果见表 2。

表 2 整车动力性能指标对应的车辆功率

Tab. 2 Vehicle power corresponding to vehicle dynamic performance index

动力性指标	性能要求	计算的功率需求
最高车速	40 km/h	1.25 kW
5%坡度正常行驶	20 km/h	3.6 kW
最大爬坡度	≥20%	6 kW

考虑到后续要利用 ADVISOR 软件进行仿真分析,道路循环工况存在加速度等性能要求,以及燃料电池存在最佳运行区间等问题,现将车辆需求峰值功率定为 10 kW,额定功率定为 6 kW。

1.3 驱动电机参数确定

电机转速的选择既要考虑负载的要求,又要考虑电机与传动机构的经济性等因素,综合各因素,根据车用驱动电机的特点并参考实车上采用的电动机,选定额定转速为 1 500 r/min,最高转速 5 000 r/min 的电机。根据式(2)计算,最终确定电机参数,如表 3 所示。

$$P_{rated} = \frac{T_r n_r}{9550} = \frac{1}{\lambda} \times \frac{T_{max} n_r}{9550} = \frac{P_{rated}}{P_{peak}} \times \frac{T_{max} n_r}{9550} \quad (2)$$

式中: T_r 和 T_{max} 为额定转矩和最大转矩; P_{rated} 和 P_{peak} 分别为额定功率和峰值功率; n_r 为额定转速。

表 3 电机参数

Tab. 3 Motor parameters

电机种类	直流电动机	额定电压	48 V
峰值功率	10 kW	额定功率	6 kW
最大转矩	46 N·m	额定转矩	29 N·m
额定转速	1 500 r/min	最高转速	5 000 r/min

1.4 动力电源参数确定

FC 是核心部件, 提供主要的动力, 其功率应能满足车辆正常行驶情况下的功率需求, 即 FC 最大应提供的功率为 6 kW, 蓄电池提供的最大辅助动力 4 kW。由于 FC 存在燃料转化效率的问题, 为使其能够提供足够的功率且同时运行在最佳效率区间内, 现增大 FC 最大功率值, 使其最佳运行区间的最大功率值 ≥ 6 kW, 并通过燃料电池控制策略限制功率输出, 使 FC 运行在最佳效率区间, 最终 FC 的功率—效率曲线如图 1 所示。

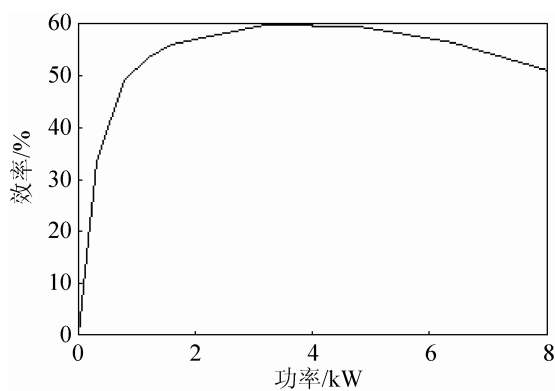


图 1 燃料电池功率—效率关系图

Fig. 1 Relationship between power and efficiency of fuel cell

2 仿真模型的建立

样车 FCGV 仿真模型的建立主要是通过通过对软件自带车型——燃料电池车二次开发完成的, 进行开发的对象包括: 整车模块、车轮模块、电动机模块、蓄电池模块、燃料电池模块以及循环工况模块, 修改后以自定义的名称另存。

2.1 整车各模块的二次开发

车辆模块二次开发的内容有:

(1) 创建新车辆模型数据文件

在 ADVISOR 软件界面的“Load File”中, 选中 FUEL_CELL_defaults_in 模型(即燃料电池车型), 点击列表右侧的“View/Edit M-file”按钮打开文件, 或者采用另外一种打开方式: 在 ADVISOR 安装目录下, 打开 saved_vehicles 文件夹, 找到 FUEL_CELL_defaults_in.m 文件。

打开文件后, 将产生变动的全局变量(vinf)名称修改为自定义的。例如电机/控制器模块, 需要把 vinf.motor_controller.name='MC_AC75' 中的 'MC_AC75' 修改为 'MC_PM16_Ground'。用 vinf.name 后的名称 FUEL_CELL_Ground_defaults_in 另存至源文件所在的文件夹^[1,7-9]。

(2) 加载车辆模型

在(1)中车辆模型列表右侧点击“Add to list”, 找到名为 FUEL_CELL_Ground_defaults_in 的文件, 点击“打开”后文件名便出现在列表中。

2.2 循环工况的二次开发

比较常用的循环工况有美国的城市驱动工况 CYC_UDDS、日本的 10-15 驱动工况 CYC_1015、新欧洲行驶循环工况 CYC_NEDC 以及 CYC_EUDC 等。由目标车型 FCGV 性能指标以及 ADVISOR 自带工况的参数情况可知: 现有工况不适用于 FCGV 的仿真。因此, 需要添加新的循环工况或对现有工况进行二次开发。

本文利用对现有工况二次开发的方法, 目标工况为 CYC_UDDS、CYC_1015、CYC_NEDC、CYC_CONSTANT_45。具体修改步骤如下:

(1) 用 Matlab 打开 ADVISOR/data/drive_cycle 中相应工况的 mat 文件;

(2) 双击“work space”中的 CYC_mph, 显示两列数据, 第一列和第二列分别对应工况的时间和速度。可以通过直接对两列数据进行编辑来修改工况, 也可以在“command window”中输入:

cyc_mph=

[cyc_mph(:,1)×A, cyc_mph(:,2)×B] (3)

式中: A 为时间变化系数; B 为速度变化系数。

(3) 修改好后保存并添加到工况选择列表。

用上述步骤分别对几种工况进行修改, 其中 CYC_UDDS 修改前后的参数情况如表 4 所示。

表 4 工况 UDDS 修改前后的参数对比
Tab. 4 Comparison of parameters before and after modification of UDDS

参数类型	CYC_UDDS (修改前)	CYC_UDDS_Ground (修改后)
时间/s	1 369	1 369
距离/km	11.99	3.94
最高速度/(km/h)	91.25	30.02
平均速度/(km/h)	31.51	10.37
最大加速度/(m/s ²)	1.48	0.49
平均加速度/(m/s ²)	0.5	0.17

3 控制策略研究

对于场地车来说,由于对车辆的速度、加速度等性能要求不高,因而对其控制策略的研究不是以获得更好的动力性为主,而是为了延长动力源的寿命,节省燃料。

通过分析原燃料电池车型顶层模型 BD_bFUELCELL 的功率总线 power_bus 及控制策略可知,其 ess_on 的值为固定值“1”^[7],这样,在车辆负荷超过燃料电池能够提供的功率,蓄电池要提供辅助功率时,即使蓄电池的荷电状态(SOC)低于最低安全值时,电池仍会放电,直至 SOC 为 0,造成过放,同样,当车辆在制动或减速时,蓄电池会回收能量,若此时 SOC 过大,很容易造成过充,上述两种情况均会大大缩短蓄电池的使用寿命。因此,

需要建立电池保护模型,防止电池过放或过充,也就是当电池 SOC 满足以下 1 情况时必须关闭电池:

$$\text{SOC} < \text{SOC}_{\min} \text{ 及 } P_{\text{req}} > \text{cs_max_pwr}$$

$$\text{SOC} \geq \text{SOC}_{\max} \text{ 及 } P_{\text{req}} < 0$$

其中: SOC_min 和 SOC_max 为电池最小和最大工作荷电状态(本文分别设为 0.3 和 0.9); P_req 为车辆需求功率; cs_max_pwr 为控制策略中设定的燃料电池能够提供的最大功率。

另外,在控制策略中的输出功率限制模块(图 2 黑色圆圈部分),在蓄电池功率不足的情况下并不能限制 FC 功率输出值,即所设定的 cs_max_pwr 并没有起到限制作用,因此,需要对该部分控制策略进行优化。

3.1 模块修改

打开 ADVISOR/models/library 中的 lib_controls 控制库文件,复制原控制策略模块 fuel cell control strategy,并以新的名称 fuel cell control strategy ground 另存至上述文件夹中。修改后的控制策略模块如图 2 所示(黑线框中的为添加内容)。同样,对顶层模型中的 power_bus 进行修改,如图 3 所示,采用黑色框中内容代替原来“ess_on”,以使能够控制电池的通断。对控制策略中输出限制模块的修改如图 4 所示,黑色框中为添加内容。

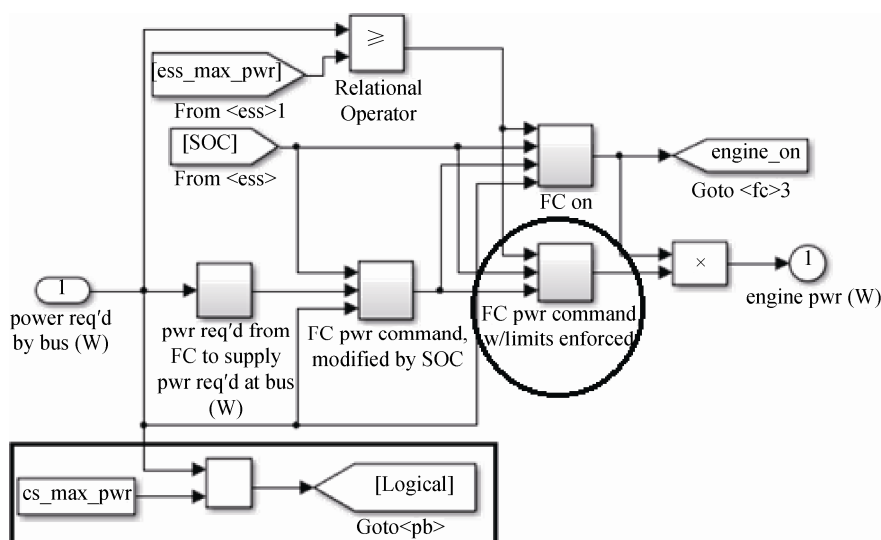


图 2 修改后的控制策略模型
Fig. 2 Modified control policy model

<http://www.china-simulation.com>

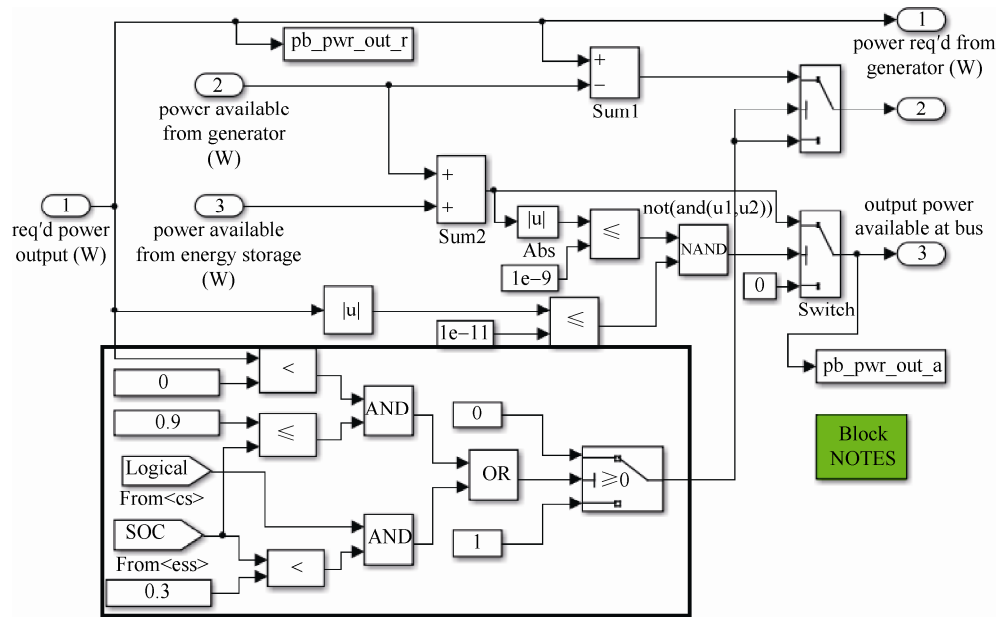


图 3 修改后的功率总线
Fig. 3 Modified power bus

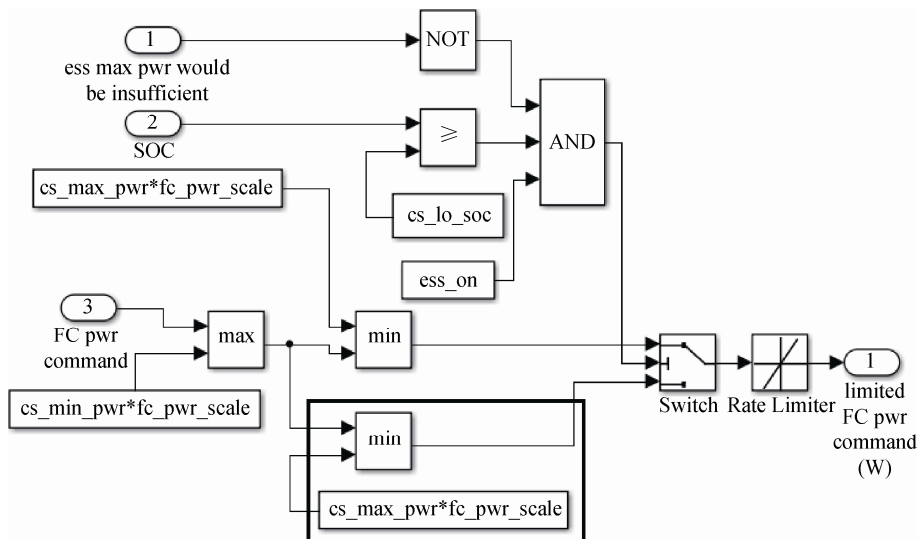


图 4 修改后的输出限制模块
Fig. 4 Modified output limit module

3.2 顶层模型修改

在 ADVISOR 原顶层模块 BD_FUELCELL 里, 把修改后的控制策略和功率总线替换原来的, 替换后的顶层模型命名为 BD_FUELCELL_Ground, 如图 5 所示(圈中为替换内容)。

为使 ADVISOR 能够识别修改的顶层模型, 须将其添加进驱动链域中, 并在 block_diagram_name.m 文件的 switch drivetrain 下添加语句:

```
Case'fuel_cell_Ground'
bd_name='BD_FUELCELL_Ground'
```

以使在 ADVISOR 中选择 fuel_cell_Ground 驱动链时系统配置 BD_FUELCELL_Ground 顶层模型。同时, 在 gui 下 gui_image.m 文件中增加图像索引, 在 InputFigControl.m 文件中 407 行的位置添加输入设置, 在 ImageInfo.m 文件中添加图片链接语句, 以使在点击 ADVISOR 左上角图片不同位置时, 会弹出相应部件的选择列表^[7,10]。

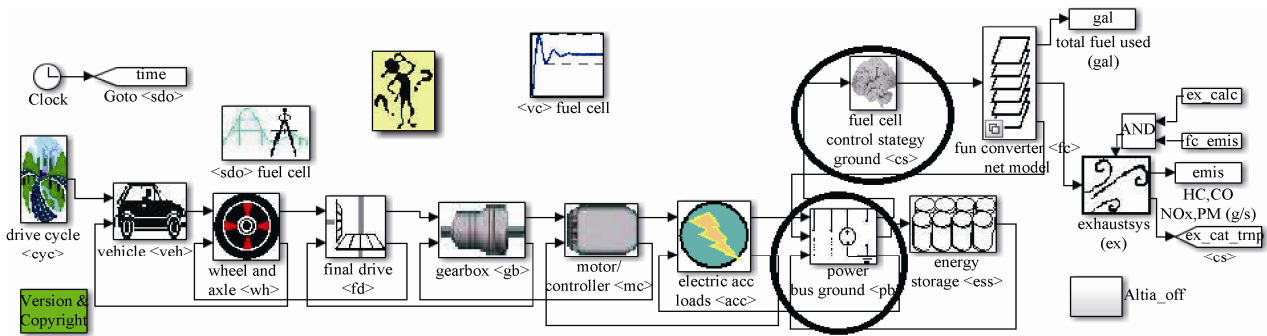


图 5 修改后的顶层模型
Fig. 5 Modified top layer model

4 仿真及结果

为了验证二次开发的车型能否在新建的工况下进行正常仿真以及修改的顶层模型能否防止电池过放和限制燃料电池功率输出,需要进行仿真验证,并对结果进行比较。

打开软件,选择修改的车辆模型,选定修改后的工况,逐个进行仿真验证,均能正常仿真,CYC_UDDS_Ground 仿真结果的速度跟随情况见图 6。

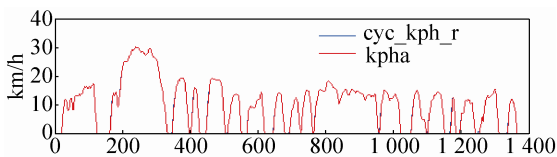
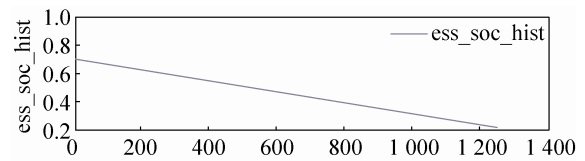
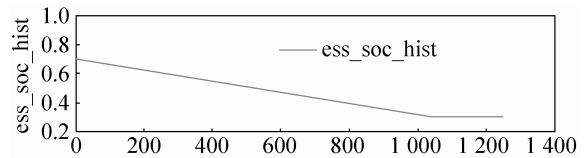


图 6 仿真结果的速度跟随情况
Fig. 6 Simulation results follow the speed

对于修改后控制策略的验证,采用 CYC_CONSTANT_20_Ground 和 CYC_UDDS_Ground 循环工况。对于 CYC_CONSTANT_20_Ground 工况,设置爬坡度为 3.5%,因为在这种工况下,车辆需求功率大于燃料电池能够提供的最大功率,蓄电池需要提供辅助动力。分别使用默认的和修改后的控制方式,在上述两种工况下进行仿真,前者仿真结果中的电池荷电状态 SOC 如图 7 所示,由(a)图可知,即使在电池 SOC 很小的情况下,电池还是会持续供电,而在(b)图中,当 SOC 低于设定值 0.3 时,电池便关闭,停止供电,起到的防止电池过放的作用;后者仿真结果中的燃料电池功率输出情况如图 8 所示,并限制了燃料电池最大输出功率,使其工作在最佳效率区间,可节省燃料。



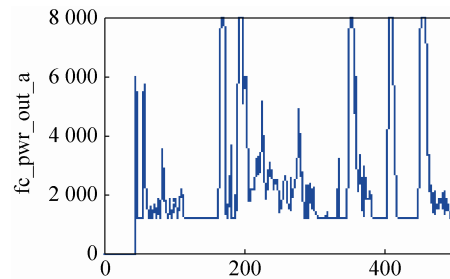
(a) 默认控制方式仿真结果



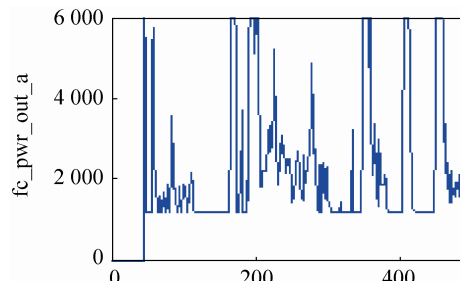
(b) 修改后控制方式仿真结果

图 7 控制策略修改前后的仿真结果

Fig. 7 Simulation results before and after modification of control strategy



(a) 修改前



(b) 修改后

图 8 输出限制模块修改前后功率输出仿真结果

Fig. 8 Simulation results of power output before and after modification

5 搭建控制策略验证模块

为进一步体现优化后的控制策略起到的作用, 拟通过输入具体功率需求值和 SOC 值, 观察蓄电池和燃料电池提供功率值的方法来分析。现通过 Matlab/simulink 新建空白文件, 在修改后的车辆顶层模型中复制功率总线和 FC 控制策略中的内容, 并进行适当的修改: 将通过控制策略设定的参数, 即一些常量输入模块 Constant 中的变量(例如: 限制蓄电池最佳工作区间下限的

cs_lo_soc)设定为常数; 将有关联的输入(In)输出(Out)端口直接相连; 在能体现燃料电池和蓄电池功率输出的地方添加实时数字显示模块(Display), 以显示功率输出情况.....修改搭建后的控制策略验证模型如图 9 所示, 在名为 req'd power 和 SOC 的常量输入模块中输入不同的功率需求值和荷电状态值, 运行后, 通过 FC output power 和 ESS output power 中的数值来分析修改后控制策略的可行性。

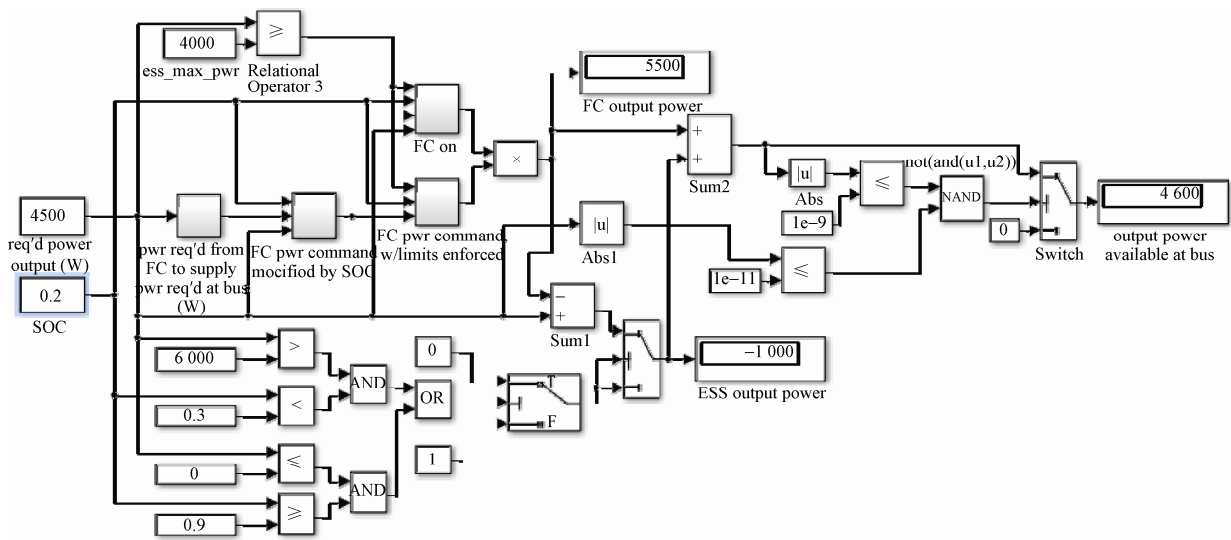


图 9 控制策略验证模型
Fig. 9 Control policy verification model

选择的车辆状态和功率分配结果如表 5 所示, 由此表可知, 当车辆功率需求<0(制动或减速)时, 若 SOC<0.9, 蓄电池则会回收能量, 进行充电, 否则关闭蓄电池, 防止过充; 当车辆功率需求大于 FC 可以提供的最大功率(6 000 W)时, 若 SOC<0.3, 则关闭蓄电池, 防止过放, 且限制 FC 提供的最大功率为 6 000 W, 否则动力电池提供辅助动力。

表 5 验证结果
Tab. 5 Verification results

序号	功率需求 /W	荷电状态 SOC	蓄电池提供功率/W	FC 提供功率/W
1	<0(取 -1000)	<0.9	-(-1 000)	0
2	>6 000(取 6 500)	≥0.9	0	0
3	>6 000(取 6 500)	<0.3	0	+ (6 000)
4	>6 000(取 6 500)	≥0.3	+ (500)	+ (6 000)

6 结论

本文在原燃料电池车型的基础上, 二次开发出了一种燃料电池和动力电池混合动力场车适用的循环工况, 并实现了仿真。

(1) 提出了对 ADVISOR 车型和循环工况的修改步骤, 便于后续利用 ADVISOR 软件对更多车型进行开发和仿真;

(2) 针对燃料电池车型控制策略存在的不足进行了改进, 防止蓄电池出现过放电, 延长使用寿命, 限制了燃料电池最大输出功率, 使其工作在最佳效率区间, 节省燃料;

(3) 搭建了控制策略验证模型, 选取关键点进行验证, 用于检验优化后控制策略的可行性; 通过

对车型、循环工况及控制策略的修改，体现 ADVISOR 软件完全开放的特点，为拓宽软件的使用范围，特别对于氢电混合动力车的研究具有一定的参考意义。

参考文献：

- [1] 闵海涛, 曹云波, 曾小华, 等. 基于 ADVISOR 的电动空调仿真模块开发及性能仿真[J]. 汽车工程, 2010, 32(4): 359-362.(Min Haitao, Cao Yunbo, Zeng Xiaohua, et al. Development and Performance Simulation of Electric Air Conditioner Module Based on ADVISOR [J]. Automotive Engineering, 2010, 32(4): 359-362.)
- [2] 秦东晨, 裴东杰, 陈江义, 等. 基于 Advisor 的同轴式混联混合动力汽车动力系统仿真 [J]. 郑州大学学报: 工学版, 2013, 34(6):120-124. (Qin Dongchen, Pei Dongjie, Chen Jiangyi, et al. Powertrain Simulation for Coaxial Series-Parallel Hybrid Electric Based on Advisor [J]. Journal of Zhengzhou University (Engineering Science), 2013, 34(6):120-124.)
- [3] 王祥, 孙玉坤, 王琪. 基于 ADVISOR 的混合动力汽车复合电源二次开发 [J]. 电测与仪表, 2014, 51(14): 96-99. (Wang Xiang, Sun Yukun, Wang qi. Redevelopment of Composite Power Source of Hybrid Electric Vehicle Based on ADVISOR [J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2014, 51(14): 96-99.)
- [4] 黄明宇, 冯小保, 问朋朋, 等. 基于 ADVISOR 的氢电混合动力车混合度的研究 [J]. 化工新型材料, 2014(8): 118-120. (Huang Mingyu, Feng Xiaobao, Wen Pengpeng, et al. Research on hybrid ratio hydrogen-eletric hybrid vehicle based on ADVISOR [J]. NEW CHEMICAL MATERIALS, 2014(8):118-120.)
- [5] Same, Adam, Stipe, et al. A study on optimization of hybrid drive train using Advanced Vehicle Simulator (ADVISOR) [J]. Journal of Power Sources (S0378-7753), 2010, 195(19): 6954-6963.
- [6] 黄明宇, 冯小保, 厉丹彤, 等. 基于先进车辆模拟器的小功率氢电混合电动车混合度的仿真研究 [J]. 南通大学学报(自然科学版), 2013, 12(4): 29-33. (Huang Mingyu, Feng xiaobao, Li Dantong, et al. Simulated Study on Hybrid Ratio of Low Power Hydrogen-Electric Fuel Cell Ground Vehicle Based on Advanced Vehicle Simulator [J]. Journal of Nantong University (Natural Science Edition), 2013, 12(4): 29-33.)
- [7] 曾小华, 王庆年, 李骏, 等. 基于 ADVISOR2002 混合动力汽车控制策略模块开发 [J]. 汽车工程, 2004, 26(4): 394-396. (Zeng Xiaohua, Wang Qingnian, Li Jun, et al. The Development of HEV Control Strategy Module Based on ADVISOR2002 Software [J]. Automotive Engineering, 2004, 26(4): 394-396.)
- [8] 张昌利, 张瑾瑾, 刘海波. ADVISOR 深度二次开发与双能量源纯电动汽车仿真 [J]. 中南大学学报(自然科学版), 2012, 43(9): 145-152. (Zhang Changli, Zhang Jinjin, Liu Haibo. Deep redevelopment of ADVISOR for simulation of pure electric vehicle with dual-source energy storage system [J]. Journal of Central South University (Science and technology), 2012, 43(9): 145-152.)
- [9] Kim M, Sohn Y J, Lee W Y, et al. Fuzzy control based engine sizing optimization for a fuel cell/battery hybrid mini-bus [J]. Journal of Power Sources (S0378-7753), 2008, 178(2): 706-710.
- [10] 朱诗顺, 王星博, 骆素君, 等. 基于 ADVISOR 的 4 轴全轮驱动车辆驱动系统仿真模块的开发 [J]. 汽车工程, 2008, 30(12): 1075-1078. (Zhu Shishun, Wang Boxing, Luo Sujun, et al. Development of the Drivetrain Simulation Module for 4-axle AWD vehicle in ADVISOR [J]. Automotive Engineering, 2008, 30(12): 1075-1078.)