

电动汽车仿真软件 ADVISOR 的应用

● 张翔,赵韩,钱立军,张炳力 (合肥工业大学机械与汽车工程学院,安徽 合肥 230009)

【摘要】在分析美国电动汽车仿真软件 ADVISOR 的系统结构和工作原理的基础上,通过某一具体的混合动力轿车的仿真实例,介绍了应用 ADVISOR 软件进行电动汽车仿真的步骤和方法。对我国开展电动汽车仿真软件的应用具有参考作用。

【关键词】电动汽车;混合动力汽车;仿真

【中图分类号】U469.72 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1008-5696-(2004)03-0040-04

ADVISOR 2002^①是由美国可再生能源实验室在 Matlab 和 Simulink 软件环境下开发的仿真软件。它是目前世界上能在网站免费下载和用户数量最多的电动汽车仿真软件。目前国际上有许多企业和研究机构都使用免费软件 ADVISOR 作为仿真工具来开展研究工作,并且已有许多成功的应用实例。本文将介绍它的应用方法。

1 ADVISOR 的系统结构与工作原理

ADVISOR 系统分为输入脚本、仿真模型、输出脚本和控制脚本四个部分。输入脚本用于定义 MATLAB 工作空间的变量和调用其它的脚本,它包括车辆定义文件和部件数据文件两部分,车辆定义文件用于定义电动汽车的类型和动力系统的结构,部件数据文件用于定义电动汽车的部件参数。输出脚本的作用是对仿真结果进行后处理,它包括绘图程序和查错程序两部分。绘图程序用于绘制仿真特性图,查错程序用于检查仿真结果的合法性。仿真模型包括了用于仿真计算的各种方程式,它是 Simulink 格式的 mdl 文件。控制脚本用于控制仿真程序的运行,它包括 GUI 界面供用户选择不同的仿真功能。以上系统在 ADVISOR 文件系统的位置如下。

车辆定义文件目录:\ADVISOR2002\saved_vehicles

部件数据文件目录:\ADVISOR2002\data

仿真模型目录:\ADVISOR2002\models

输出脚本和控制脚本目录:\ADVISOR2002和\ADVISOR2002\gui

ADVISOR 的仿真过程是,首先控制输入脚本输入第一时间步的道路循环的请求行驶轨迹(包括汽车行驶速度、道路坡度和汽车动态质量),根据车辆定义文件和部件数据文件的数据,运用仿真模型计算出汽车在第一时间步的实际速度和耗油率等结果,然后再进行第二时间步的仿真计算,如此反复,直到完成整个道路循环的仿真。最后由输出脚本给出仿真图形和报表。ADVISOR 的仿真数据流程图见图 1。

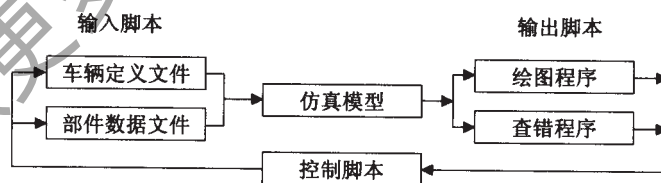


图 1 ADVISOR 的仿真数据流程图

2 混合动力轿车介绍

本文通过某一具体的混合动力轿车的仿真实例,来说明应用 ADVISOR 软件进行电动汽车仿真的步骤和方法。该混合动力轿车与日本本田公司的混合动力轿车 Insight^②的动力系统结构相同,采用 TJ376 汽油机和 10kW 直流永磁电机作为双能源,汽油机和电机同时连接到传动轴上,它们的转速相同。其中电机同时具有电动机和发电机的功能。根据汽车的不同工况来辅助驱动或再生发电。配置为前轮驱动,手动 5 档变速器,采用 144V 的镍氢电池组。

3 定义 ADVISOR 的输入脚本

根据以上混合动力轿车的配置,在 ADVISOR 软件中的 Insight 车辆定义文件 INSIGHT_defaults_in.m 的基础上编辑混合

投稿日期:2003-09-29

作者简介:张翔(1971-),男,河北团风人,合肥工业大学机械与汽车工程学院博士后流动站博士后。研究方向:电动汽车仿真。

动力轿车的车辆定义文件和部件数据文件,以下首先介绍是车辆定义文件的格式及其变量的定义方法。

3.1 车辆定义文件

混合动力轿车的车辆定义文件的内容如下。

```

global vinf                                %定义全局变量
vinf.name='HUT_HEV_in';                    %定义车辆变量的名称
vinf.drivetrain.name='chery';              %定义动力系统变量的名称
vinf.fuel_converter.name='FC_HUT';         %定义发动机的部件数据文件名
vinf.fuel_converter.ver='ic';              %定义发动机模型为内燃机版本
vinf.fuel_converter.type='si';             %定义发动机的类型为汽油机
vinf.torque_coupling.name='TC_HUT';        %定义扭矩耦合器的部件数据文件名
vinf.motor_controller.name='MC_HUT';       %定义电机系统的部件数据文件名
vinf.energy_storage.name='ESS_NIMH6';      %定义蓄电池系统的部件数据文件名
vinf.energy_storage.ver='rint';            %定义蓄电池模型为内阻版本
vinf.energy_storage.type='nimh';          %定义蓄电池的类型是镍氢电池
vinf.transmission.name='TX_5SPD_SI_HUT';   %定义变速器的部件数据文件名
vinf.transmission.ver='man';               %定义变速器模型为手动版本
vinf.transmission.type='man';              %定义变速器的类型是手动变速器
vinf.wheel_axle.name='WH_HUT';             %定义车轮的部件数据文件名
vinf.wheel_axle.ver='Crr';                 %定义车轮模型的版本
vinf.wheel_axle.type='Crr';                %定义车轮模型的类型
vinf.vehicle.name='VEH_HUT';               %定义车辆的部件数据文件名
vinf.exhaust_afterreat.name='EX_SI_CC';    %定义排气系统的部件数据文件名
vinf.powertrain_control.name='PTC_HUT';    %定义控制策略的部件数据文件名
vinf.powertrain_control.ver='HUT';         %定义控制策略模型的版本
vinf.powertrain_control.type='man';        %定义控制策略模型的类型
vinf.accessory.name='ACC_HUT';             %定义附件的部件数据文件名
vinf.accessory.ver='Const';                %定义附件模型为固定负荷版本
vinf.accessory.type='Const';               %定义附件模型为固定负荷类型
vinf.variables.name{1}='ess_module_num';   %定义变量 1
vinf.variables.value(1)=20;                %定义变量 1 的当前值
vinf.variables.default(1)=0;               %定义变量 1 的默认值
vinf.variables.name{2}='veh_mass';         %定义变量 2
vinf.variables.value(2)=1000;              %定义变量 2 的当前值
vinf.variables.default(2)=962;             %定义变量 2 的默认值

```

3.2 部件数据文件

ADVISOR 设计了车辆 (Vehicle)、发动机 (Fuel Converter, 燃料转换器)、蓄电池系统 (Energy Storage System, 能源储存系统) 和电机系统 (Motor) 等多个部件的仿真模型,每个仿真模型都有各自的部件数据文件,它们位于 \ADVISOR_2002\data 目录下的各自子目录中。其中车辆的部件数据文件处于 \ADVISOR_2002\data\vehicle 目录中。以下给出它的格式。

```

veh_description='HUT HEV 2003';            %定义汽车描述变量
veh_version=2002;                           %定义汽车版本
veh_proprietary=0;                            %定义该文件数据的属性
veh_validation=0;                             %定义该文件数据的验证性
disp(['Data loaded: VEH_HUT - ',veh_description])
veh_gravity=9.81;                             %定义重力加速度常数,单位:m/s^2
veh_air_density=1.2;                           %定义空气密度,单位:kg/m^3
veh_mass = 1150;                               %定义整车整备质量,单位:kg
battery_mass = 30;                             %定义电池质量,单位:kg
engine_mass = 100;                             %定义发动机质量,单位:kg
vehicle_height = 1.424;                         %定义车辆高度,单位:m
vehicle_width = 1.682;                         %定义车辆宽度,单位:m

```

```
veh_glider_mass = veh_mass - engine_mass - battery_mass - 200;
veh_CD=0.3;           %定义风阻系数
veh_FA=2;            %定义迎风面积,单位:m2
veh_front_wt_frac=0.509; %定义前轴轴载质量占整车质量的百分比
veh_cg_height=0.6;   %定义重心高度,单位:m
veh_wheelbase=2.468; %定义轴距,单位:m
veh_cargo_mass=325;  %定义最大装载质量(包括乘员),单位:kg
clear veh_1st_rrc veh_2nd_rrc; %清除变量
```

4 设计 ADVISOR 的仿真模型

在电动汽车的仿真中,通常需要在 ADVISOR 模型的基础上重新设计部件的模型,这主要有以下两个方面的原因:①在仿真电动汽车时,因为仿真样车的控制策略与 ADVISOR 的现有汽车模板的控制策略不同,因此需要重新设计控制策略模块和发动机控制模块的模型;②ADVISOR 中的多数模型是建立在经验数据基础上的稳态模型,它们过于简单,仿真效果差。当用户有特殊要求时,就需要重新设计某些模块的模型。

重新设计部件模块模型的方法是,严格按照 ADVISOR 模块对输入参数和输出参数的定义,用设计的部件模型来部分或全部替代 ADVISOR 原有的部件模型。

ADVISOR 的仿真模型分为车辆模型和部件模型两种。车辆模型定义了整个汽车动力系统结构和仿真数据流程,它将各个部件模块的输入输出接口连接起来,形成完整的汽车仿真模型,车辆模型位于 \ADVISOR_2002\models 目录中。部件模型定义了电动汽车中各个部件的仿真模型和数据接口,位于 \ADVISOR_2002\models\library 目录中,在设计新的 ADVISOR 模型时,需要同时设计车辆模型和部件模型。

4.1 分析 Insight 的控制策略模型

本节将分析 ADVISOR 软件的 Insight 的控制策略模块的模型,在此基础上设计混合动力轿车的控制策略模型。

Insight 控制策略模块的计算过程是,首先道路循环模块向车辆模块输出请求车辆的行驶速度,车辆模块与其它模块计算出对动力系统的请求扭矩 T_{dl_r} 和转速 ω_{dl_r} ,然后将这些参数输入到控制策略模块中,控制策略模块按照一定的算法将对动力系统的请求扭矩分配给发动机和电机系统。即计算出对发动机模块的请求扭矩 T_{fc_r} 和转速 ω_{fc_r} 与对电机模块的请求扭矩 T_{mc_r} 和转速 ω_{mc_r} 。它们的关系是:

$$T_{dl_r} = T_{fc_r} + T_{mc_r} \quad (\text{公式 1})$$

$$\omega_{dl_r} = \omega_{fc_r} + \omega_{mc_r} \quad (\text{公式 2})$$

4.2 设计混合动力轿车的控制策略模型

Insight 控制策略模块的输入参数是 $(T_{dl_r}, \omega_{dl_r})$, 输出参数是 $(T_{fc_r}, \omega_{fc_r})$ 和 $(T_{mc_r}, \omega_{mc_r})$ 。因为混合动力轿车控制策略与 Insight 的差异主要存在于 T_{dl_r} 的计算方法,两者的输出参数 T_{fc_r}, ω_{fc_r} 和 ω_{mc_r} 的计算方法相同。因此在设计过程中,主要修改 T_{dl_r} 的计算模型,其它模型可以不改变。

5 仿真结果

5.1 汽车工作过程的仿真

在完成以上工作后,经过仿真计算,就可以使用 ADVISOR 控制脚本提供的功能观察各种仿真结果。本文选择美国环境保护署 EPA 制订的城市道路循环 UDDS(Urban Dynamometer Driving Schedule)作为道路循环,对混合动力轿车进行仿真。UDDS 的总行程 20km,时间 1369s,坡度为 0,最大速度 91.25km/h,平均速度 31.51km/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,它对汽车行驶速度(变量:kpha)的要求见图 2。发动机转速(变量:fc_spd_out_a)的仿真结果见图 3,可以观察到在道路循环的停车期间,发动机处于关闭状态,以降低油耗。图 4 为电机输出的辅助驱动扭矩(变量:mc_trq_out_a),可以观察到在道路循环要求汽车加速时,电机均提供辅助驱动。图 5 是蓄电池系统 SOC 值的动态变化过程,SOC 值最后下降至 0.51。

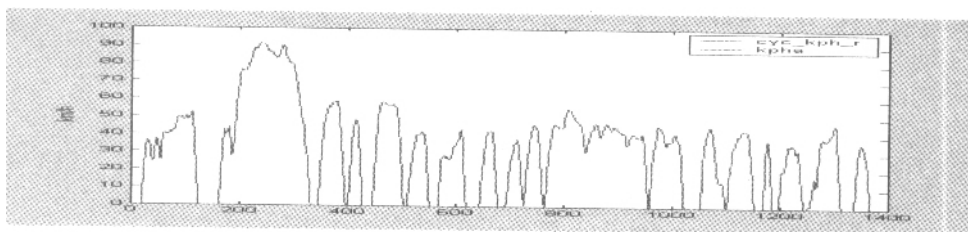


图 2 道路循环请求汽车的行驶速度

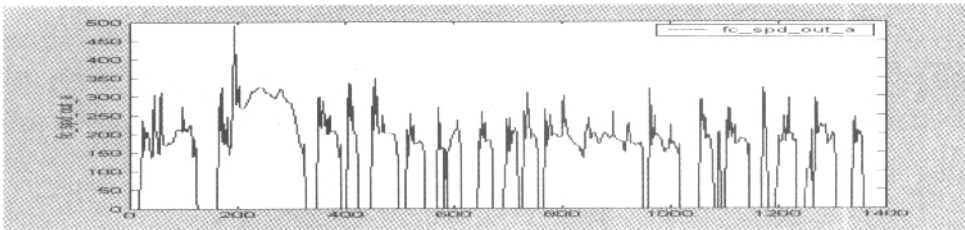


图3 汽车发动机的转速

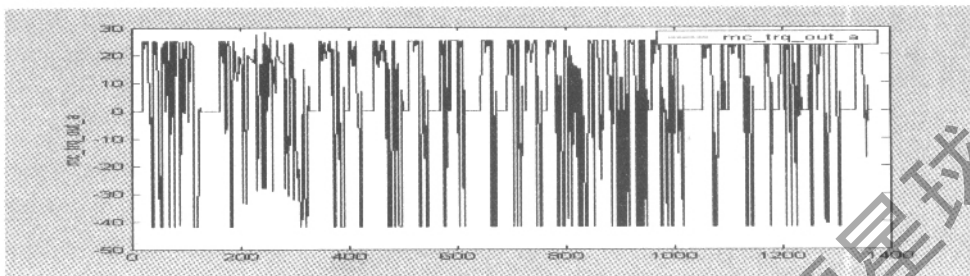


图4 电机输出的辅助驱动扭矩

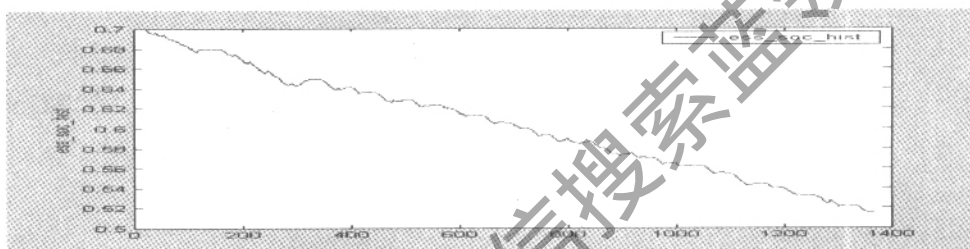


图5 蓄电池系统的SOC值

5.2 汽车性能的仿真

混合动力轿车的性能仿真如下:

百公里油耗: 6.7L/100km

最大加速度: 4m/s²

最高车速: 168.1km/h

最大爬坡度: 19.7% (汽车速度为 20km/h 时)

0~100km/h 加速时间: 16.7s

60~100km/h 加速时间: 9.6s

6 结论

我国由于在汽车设计方面的技术力量和研究资金都相对薄弱,如果从头开始研制新的仿真软件,投资大、周期长,不能解决目前我国企业在开发电动汽车过程中的燃眉之急。根据国际上这一领域的发展趋势和研究动态,并结合自身的实际情况,作者认为采用 ADVISOR 作为仿真平台来开展电动汽车仿真研究工作,是一种切实可行的有效途径。我们可以在 ADVISOR 基础上进行二次开发,利用其中现有的大部分模型,仅对少数不符合使用要求的模型进行改造或重新建模。这种技术路线具有起点高、投资少,能在短期内研制出可以为我国汽车企业设计电动汽车提供技术支持的软件产品,填补这一领域的空白。

参考文献:

- [1] 张翔, 赵韩, 钱立军, 等. 电动汽车仿真软件 ADVISOR[J]. 汽车研究与开发, 2003, 103(4): 14-16.
- [2] 陈清泉, 孙逢春, 祝嘉光. 现代电动汽车技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002.

Application of electric auto emulate software ADVISOR

ZHANG Xiang, ZHAO Han, QIAN li-jun, ZHANG Bing-li

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

Abstract: Through the analysis of configuration and operating principle of American electric auto emulate software ADVISOR, this paper, taking some power-mixed auto as an emulate case, introduces the procedure and usages of ADVISOR, which provides the references for China's application.

Key words: electric auto; power-mixed auto; emulate