

GT-SUITE 与 SIMULINK 联合仿真应用

Simulation of GT-SUITE coupling with SIMULINK

王硕, 孟庆楠, 侯广永, 南涛

(长城汽车股份有限公司技术中心, 河北省汽车工程技术研究中心, 保定 071000)

摘要: 控制策略是混合动力汽车的核心, 是直接影响整车性能的关键因素, 通过优化发动机的工作点, 使发动机尽量工作于高效率区域, 以达到实现低油耗、低排放的目的。本文应用 GT-SUITE 软件与 Matlab/Simulink 软件进行联合仿真, 在 GT-SUITE 软件中搭建整车模型, 在 Matlab/Simulink 软件中搭建整车控制策略模型, 进行联合仿真分析, 根据仿真结果优化控制策略, 能够在控制系统开发阶段验证所制定控制策略的优劣。

关键词: GT-SUITE、Matlab/Simulink、控制策略、混合动力汽车、联合仿真

Abstract: The control strategy is the core of Hybrid electric vehicle, is the key factor that directly affects the vehicle performance, to achieve the purposes of low fuel consumption and emissions by optimizing the engine, enabling the engine to try to work in the region of high efficiency. This papers use a GT-SUITE and Matlab/Simulink coupled simulation. Build vehicle model in GT-SUITE, build control strategy model in Matlab/Simulink. To optimize the control strategy on the basis of the simulation result. It can prove the control strategy is stand or fall during the step of control system developed.

Key words: GT-SUITE、Matlab/Simulink、control strategy、hybrid vehicle、coupled simulation

1 前言

近年来, 随着能源危机和环境破坏的日益加剧, 节能环保的新型汽车的研究开发已经成为了当今的主流趋势。目前能实现实际应用的是混合动力汽车, 混合动力汽车是实现传统内燃机汽车向纯电动汽车过度的必经过程, 混合动力汽车具备了二者的优点, 能实现良好的燃油经济性和排放性。

现代混合动力汽车一般是指内燃机与蓄电池组有效组合的汽车。混合动力汽车的关键是混合动力系统, 其性能直接关系到混合动力汽车整车性能。通过整车控制策略的控制, 使发动机工作于低油耗的高效率区域, 内燃机输出功率不能满足需求功率时, 由电池来补充; 发动机输出功率满足整车需求且有部分剩余功率, 可以通过发电机给电池组充电, 在整个运行工况内, 内燃机可持续工作在高效率区域, 又可以不断给电池组充电, 故混合动力车的行驶里程可以满足实际要求。在车辆制动时还可以进行能量回收。低负荷时可关闭内燃机, 由电池单独驱动, 实现零排放的理想状态。本文在整车控制策略开发阶段, 通过使用 GT-SUITE 软件与 Matlab/Simulink 软件, 对整车的控制策略进行设计分析, 优化动力系统的工作状态, 为软件开发提供上层策略和功能定义。

2 整车及零部件参数

2.1 动力系统结构

本文研究的插电式混合动力汽车动力系统结构如图 1 所示，是在现有轿车平台基础上，进行适应性设计开发。将原有的发动机动力传动系统，替换为全新开发的混联式传动系统。该混合动力系统具有串联式和并联式混合动力系统的双重优点，根据整车不同的行使需求，使各动力源工作在最佳状态。驱动电机可作为电动机或发电机两种工作模式，在制动能量回收工况用作发电机时，向电池充电回收制动能量；在驱动工况用作电动机时，由电池提供电能驱动电机，从而驱动车轮。ISG 电机也可可作为电动机或发电机两种工作模式，在急加速过程或发动机启动工况时，ISG 电机工作在电动机状态提高整车动力性或启动发动机，在低 SOC 状态时，ISG 电机工作在发电机状态向电池充电维持电池荷电状态。

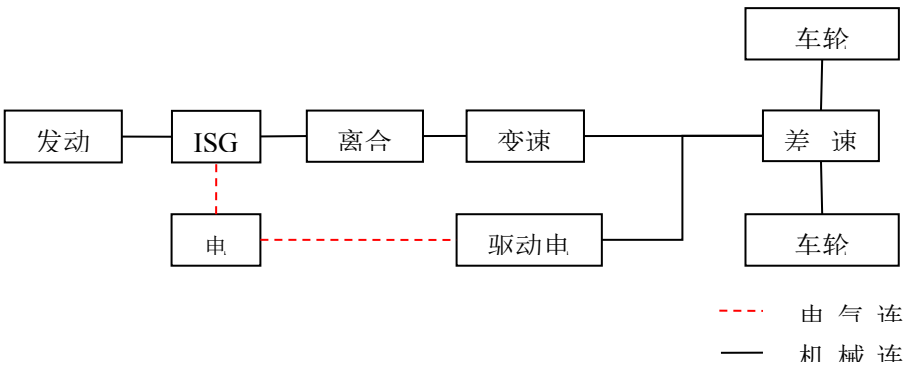


图 1 动力系统结

2.2 整车零部件参数

整车参数和零部件参数如表 1 所示。

表 1 整车及零部件参数

技术参数	单位	数值	零部件参数	单位	数值
整备质量	kg	1381	驱动电机最大扭矩	N. m	190
满载质量	kg	1756	驱动电机最大功率	kw	55
迎风面积	m ²	2. 23	驱动电机最大转速	rpm	10000
车轮滚动半径	mm	287	发动机最大扭矩	N. m	110
ISG 电机最大扭矩	N. m	130	发动机最大功率	kw	58
ISG 电机最大功率	kw	27	发动机最大转速	rpm	5600

3 策略制定

3.1 控制策略分析

本文采用发动机最优工作曲线控制策略，在控制策略制定过程中，应该与基本节油法则相结合，采取几个基本法则：(1)怠速停止(驻车后, 内燃机停止工作)；(2)在满足制动性能要求的前提下最大限度进行制动能量回收。

在 Simulink 软件环境下建立整车控制策略仿真模型，在 GT-SUITE 软件环境下建立整车仿真模

型, 然后通过设定的工况和策略进行联合仿真验证, 根据仿真结果和零部件的工作状态对控制策略的优劣进行评估分析, 经过优化对比分析的过程, 最终确定控制策略。

3.2 工作模式制定

混合动力汽车的运行工况主要包括: 起步、加速、爬坡、制动、怠速等。由于发动机和电机的工作特性不同, 具有不同的高效率工作区域, 为了充分发挥混合动力系统的优势使发动机和电机高效的工作, 汽车在不同工况下应具有多种不同的工作模式, 从而提高整车的使用性能。在图 1 所示的混联式混合动力汽车动力系统中, 根据不同的工况要求和能量分配方案将混合动力汽车工作模式归结为六种基本工作模式: 电动机驱动模式、发动机驱动模式、发动机和电机联合驱动模式、发动机驱动并充电模式、增程模式、制动能量回收模式和怠速/停车模式。

1、电动机驱动模式

当车辆起步或处于低速等轻负荷工况时, 由发动机特性可知, 此时发动机燃油效率较低、排放性差。因此, 若电池组的电量充足, 则关闭发动机, 由电池组提供电能驱动电动机, 从而驱动车辆起步或行驶。若电池组的电量较低时, 为保护电池使用寿命, 应当切换到增程模式。

2、发动机驱动模式

当车辆处于高速行驶等中等负荷工况时, 由汽车理论可知, 车辆为克服行驶阻力所需的驱动力不大, 则启动发动机, 由发动机提供所需驱动力。为了实现减低油耗和排放的目标, 应使发动机尽可能工作于高效率区域。

3、发动机与电机联合驱动模式

当车辆处于加速或爬坡等大负荷工况时, 若发动机不能提供足够的车辆行驶所需驱动力时, 则让发动机工作在高效率区域, 所缺驱动力由电机/ISG 电机提供, 此时发动机联合驱动车辆。若此时电池组的剩余电量较低, 则转换到发动机驱动模式。

4、发动机驱动并充电模式

当车辆处于正常行驶等中低负荷时, 若电池组的剩余电量较低, 则启动发动机, 发动机除了要提供驱动车辆行驶所需的驱动力外, 还要提供额外的输出功率通过发电机发电给电池组充电。

5、增程模式

当车辆速度较低时, 驱动电机驱动车辆行驶, 发动机和 ISG 电机以恒温器式控制策略工作, 发动机驱动 ISG 电机工作在发电机状态为电池充电。

6、制动能量回收模式

当车辆处于制动工况时, 关闭发动机, 电机最大限度地回收制动能量, 剩余部分能量由机械制动器消耗。

7、怠速/停车模式

当车辆处于怠速工况时, 关闭发动机和电机, 若当电池组剩余电量较低, 则启动发动机, 控制发动机工作于高效区域, 并使发电机发电为电池组充电。

4 模型搭建与性能验证

图 2 控制策略模型

GT-SUITE 软件和 Simulink 软件通过相应的接口模块进行数据的传递。在 GT-POST 中查看仿真结果。

4.2 仿真分析

选择 NEDC 循环工况作为道路循环，对整车燃油经济性进行仿真分析。通过对仿真结果的分析对控制策略进行优化，保证发动机的工作点达到目标设定位置。整车性能仿真结果如图所示。

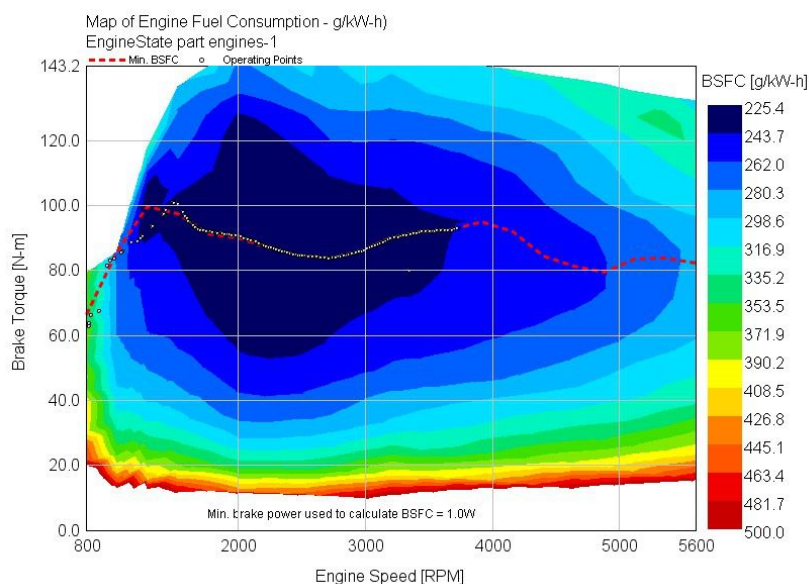


图 4 优化前发动机工作点

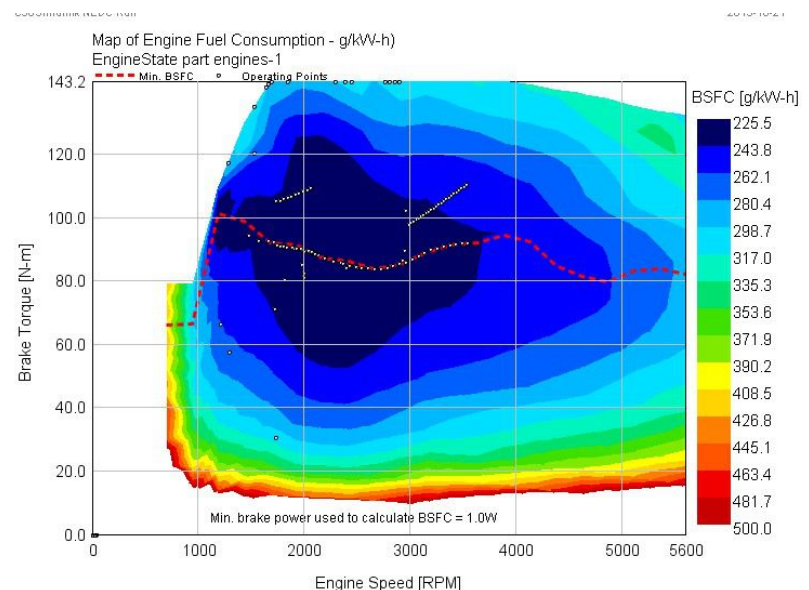


图 5 优化后发动机工作点

表 2 仿真结果

技术参数	单位	优化前仿真结果	优化后仿真结果
电量保持阶段燃油消耗率	1/100km	4.81	4.48

由仿真结果可知，基于发动机最优工作线控制策略能有效地分配需求转矩，合理的协调和控制发动

机和电机的转矩输出, 在满足整车动力性的前提下, 达到了较好的燃油经济性。

利用 GT-SUITE 软件和 Simulink 软件的联合仿真, 可以方便的搭建控制策略模型和整车模型, 根据仿真结果的分析可以有效的对控制策略进行优化分析。

5 总结

本文根据全新开发的混联式混合动力系统结构及各动力源工作特性, 制定整车工作模式和能量分配算法, 利用 GT-suite 软件和 Simulink 软件分别搭建整车仿真模型和控制策略模型, 进行联合仿真, 通过对仿真结果和各动力源工作状态的分析, 有针对性的优化控制策略算法, 使各动力源工作在最佳状态, 已达到降低燃油消耗和排放的目的。同时在控制系统开发阶段, 能够高效的对控制策略的优劣进行评估, 从而减少开发周期。

6 参考文献

- [1] 陈清泉, 孙逢春. 《混合动力车辆基础》. 北京理工大学出版社. 2001
- [2] 王海滨, 于水. 《并联式混合动力汽车控制策略及其发动机的优化》. 小型内燃机与摩托车, 2008