

串联式混合动力汽车发动机控制的仿真与分析

Simulation and Analysis of Engine Control for Series HEV

刘海龙

(吉利汽车研究院)

Hailong Liu

(Geely Automobile Research Institute)

摘要: 串联式混合动力汽车研究的主要目的是在不牺牲动力性的前提下降低发动机的油耗和排放, 可以通过优化发动机的运行工况, 达到上述目的。对于采用恒温控制策略的串联式混合动力车型, 通过选取满足汽车恒速行驶需求功率的发动机和对发动机转速的控制, 使发动机运转在最高效率转速, 在维持蓄电池具有一定荷电状态的同时使油耗最低。

关键词: 串联; 混合动力汽车; 发动机; 优化; 仿真; GT-SUITEMP

Abstract: The main study purpose of series HEV is less fuel consumption and emissions without sacrificing the power, this can be achieved by optimizing the engine working condition. The constant temperature control strategy for series HEV, which meet the car demand power engine, maintenance the cell with a certain SOC with make sure the engine to operate at the maximum efficiency speed.

Key words: Series; HEV; Engine; Optimization; Simulation; GT-SUITEMP

1 概述

串联式混合动力汽车由峰值电源提供能量, 由发动机为峰值电源进行充电。为了降低油耗, 需提高能量转换装置的效率, 使发动机在高效区工作。在影响发动机在高效区工作的因素中, 驱动系统能量管理和控制策略为主要因素, 以及发动机高效区的位置和分布。因此, 可通过设计优化的能量管理和控制策略, 选用高效区位置和分布理想的发动机来实现串联式混合动力车型发动机高效工作和降低油耗的目标。

驱动系统控制策略是影响发动机在高效区工作的最主要因素。控制策略可优化发动机的工作点, 尽量使发动机始终在高效区工作, 以达到降低油耗的目标。

2 发动机额定功率值的设计

2.1 整车参数

表 1 整车参数

整备质量 kg	1500
迎风面积, m ²	3.5
风阻系数	0.31
轮胎滚动半径, mm	300
滚动阻力系数	0.01
变速器速比	1.45
主减速比	3.2

2.2 发动机额定功率值

在串联式混合动力电驱动系中, 发动机/发电机用以供给稳态功率, 以防止峰值电源完全放电。对于发动机的设计, 应考虑两种情况: 长时间采用恒定车速的行驶情况时, 如在高速公路上的运行和在软路面上的越野行驶; 采用频繁的停车-起动模式的行驶情况时, 如市区内的车辆行驶。^[1]

在平坦路面上恒速行驶时, 来自能源(或发动机/发电机, 或峰值电源, 或两者兼备)的输出功率可表达为

$$P_g = \frac{V}{g} (1000\eta_t\eta_m) \left(Mg f_r + \frac{1}{2} \rho_a C_D A_f V^2 \right) (kW) \quad \text{式中, } \eta_t \text{ 和 } \eta_m \text{ 分别是传动装置和牵引电动机的效率。}$$

图 1 中给出了本文中所建模型车辆恒速行驶时的负载功率。

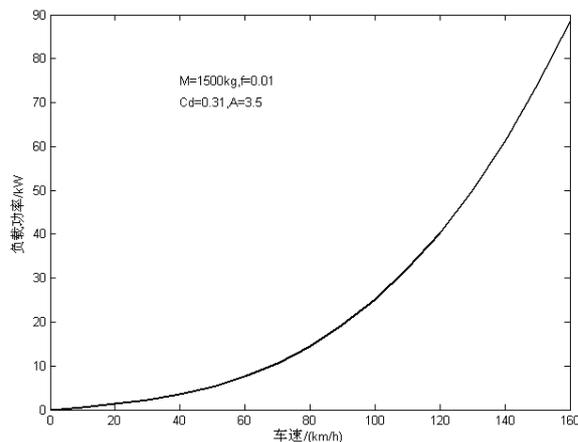


图 1 以恒速行驶的车辆的负载功率

2.3 发动机的运行点

在发动机系统设计中, 其功率容量应大于或至少不小于维持车辆恒速(运行于高速公路)行驶所需的功率。

对于串联式混合动力汽车, 应规定发动机的运行点。再此运行点上, 该发动机/发电机可产生上述功率。设计发动机的运行点在其效率最高点处。^[3]如图 2 点 a 所示。在该运行点处, 发动机产生如上述的所需功率。

图 2 所示为某汽油机的万有特性曲线。图中黑色粗实线为发动机最优工作曲线, 确定在发动机

输出功率下发动机效率最高的发动机工作点，将其作为发动机在该输出功率下的最优工作点，将整个发动机输出功率范围内各输出功率下的发动机最优工作点连成线，即得到基于发动机功率的发动机最优工作线。^[5]并在此最优工作曲线上得到发动机最经济工作点，如图 2 中 a 点所示。

3 GT-SUITEMP 模型概述

3.1 GT-SUITEMP 模型

在 GT-SUITEMP 中所搭建模型如图 3 所示。

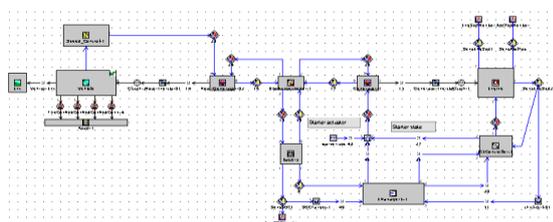


图 3 GT-SUITEMP 模型

3.2 控制策略

控制策略是一种控制规则，它预置在车辆控制器中，并给出各组件的运行指令。车辆控制器接收来自驾驶员的运行指令，以及来自驱动系和所有组件的反馈，然后应用特定的运行模式做出决策。显然，驱动系的性能主要取决于控制的质量，其中控制策略起着决定性的作用。^[1]

对于串联式混合动力车型，存在两种典型的控制策略：峰值电源最大荷电状态的控制策略；发动机开动和关闭（发动机开/关）或恒温的控制策略。^[2]

在特定的行驶条件下，如在高速公路上长时间的低载荷情况下的恒速行驶，可轻易的使峰值电源充电至其全电平状态，而发动机/发电机则被迫运行在其输出功率小于最佳值的工况之下，因此驱动系的效率降低。在这样的情况下，宜采用发动机开/关或恒温控制策略。该控制策略如图 4 所示，发动机/发电机的运行完全由峰值电源的荷电状态予以控制。当峰值电源的荷电状态到达其预设的顶线时，发动机/发电机关闭，车辆仅由峰值电源供电行驶；另一方面，当峰值电源的荷电状态到达其底线时，发动机/发电机启动，峰值电源由发动机/发电机向其充电。这样，发动机将能始终在其最佳效率区内运行。

本文中所搭建的串联式混合动力车辆模型所采用的发动机控制策略即为上述的恒温控制策略，在蓄电池放电状态下，蓄电池荷电状态为 0.6-0.7 时，发电机和发动机是关闭的，当蓄电池荷电状态低于 0.6 时，发电机启动发动机为电池充电，此时发动机运行在最高效率转速下，此模型中的控制程序通过 GT-SUITEMP 软件中的事件管理器模块进行处理，当蓄电池荷电状态高于 0.7 时，发电机

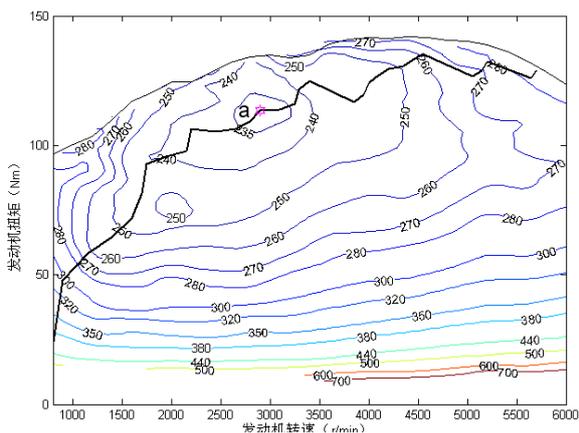


图 2 发动机的最优运行点

和发动机重新关闭。所建模型在特定的运行模式下仿真后的荷电状态和发动机状态如图 4 所示,从图中可以看出当蓄电池荷电状态低于 0.6 时,发动机启动,当发动机运行一段时间之后使蓄电池荷电状态达到 0.7 时,发动机关闭。维持蓄电池荷电状态在 0.6-0.7。

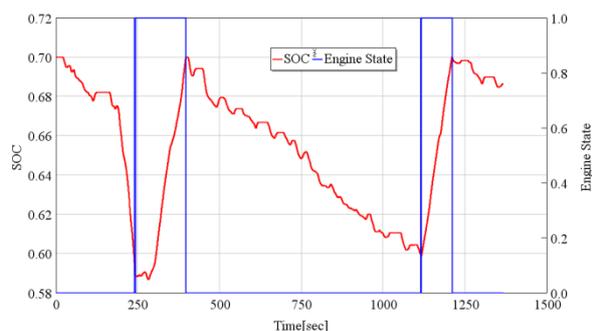


图 4 恒温控制策略

4 计算与仿真分析

4.1 运行工况分析

在 GT-SUITEMP 中运行仿真模型,在 GT-POST 后处理模块中打开运行结果。模型的运行工况如图 5 所示。

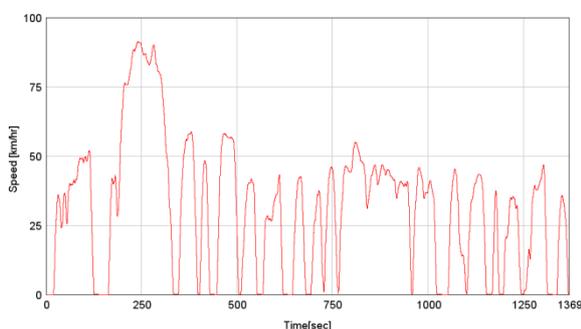


图 5 运行工况

4.2 发动机工作点

发动机在 UDDS 运行工况下的工作点如图 6 所示,从图中可以看出发动机的运行点固定在一定区域内,在此区域内发动机能为蓄电池充电提供较为适合的充电功率,同时油耗较低。

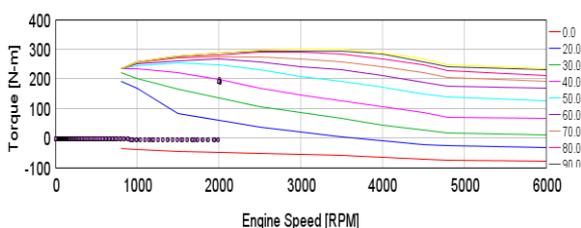


图 6 发动机工作点

5 结语

为使串联式混合动力汽车的发动机在高效区工作,文中介绍了根据车辆恒速行驶时所需的功率选取适合的发动机,同时介绍了基于发动机功率的发动机最优工作线和发动机最优工作区的确定方法,并通过 GT-SUITEMP 软件进行计算仿真。

6 参考文献

- [1] 倪光正, 倪培宏, 熊素铭 《现代电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池车-基本原理、理论和设计》机械工业出版社 2010.6
- [2] M.Ehsani, Y.Gao, and K.Butler, “Application of electric peaking hybrid(ELPH) propulsion system to a full size passenger car with simulation design verification” IEEE Transactions on Vehicular Technology, 48(6), November 1999.
- [3] 高建平, 何洪文, 孙逢春 《混合动力电动汽车机电耦合系统归类分析》北京理工大学学报 2008.3
- [4] 艾维山, 冯启山, 殷承良 《混合动力汽车发动机转速控制策略研究》内燃机工程 2006.10
- [5] 喻厚宇, 黄妙华, 邓楚南 《并联 HEV 发动机最优工作线和高效工作区的确定》新能源汽车 2007.4