

GM 依靠基于模型的设计实现混合动力开发标准化

通用汽车公司的双模式混合动力优化了各种驾驶条件下的燃油效率，包括时走时停的市内行驶、快速加速以及稳定的高速公路行驶。双模式混合动力被广泛看作是混合动力技术的一大进步，它使用三个行星齿轮组将传统引擎与集成到自动传动装置的两个 60 千瓦电动马达相结合。

GM 工程师们使用基于模型的设计，开发出了双模式混合动力控制系统，该系统目前已投入生产并用于 GMC Sierra Hybrid、GMC Yukon Hybrid、Chevy Tahoe Hybrid、Chevy Silverado Hybrid 和 Cadillac Escalade Hybrid 等多款汽车，并将改装用于 Chevy Volt (GM 的增程型电动汽车)。

GM 混合动力及电力传动控制高级经理 Greg Hubbard 说：“基于模型的设计使我们能够在更高的抽象级别上开展工作，通过早期系统仿真验证我们的设计，并从我们的模型中自动生成产品级代码，这为我们带来了很大的灵活性，我们可以尝试几乎所有新方法和控制策略，迅速做出更改，并避免了手工编码中常见的转换错误。”

挑战

GM 想要在四年内生产出采用双模式混合动力的汽车。对于常规动力项目来说，这一期限可能不算什么，因为工程团队有现成的设计做基础。GM 和 Allison 开发出的用于公共汽车的早期双模式混合动力技术目前已被 100 多个城市采用，但如果要用于轿车和



GM 双模式混合动力徽标，多种产品线的汽车都带有这个徽标

卡车，则需要对该技术进行“更精细、更绿色”的改进，所以该工程团队必须从零开始设计。Hubbard 说：“在紧张的计划内编写一百多万行代码，并且还要确保控制系统符合 GM 的高质量标准，遵从各种法规要求和安全标准，对于我们来说是一个严峻挑战。”

GM 工程师们还需要针对几个互相抵触的目标对设计进行优化，包括耗热率、响应能力和驾驶员舒适度，同时还要保证设计具有足够的灵活性，以便在各种车型上使用。为此，GM 工程师们必须确保多个复杂系统能协同运行，以实现最佳性能。GM 动力软件工程部门负责人 Kent Helfrich 解释说：“混合动力系统设计的关键是：将引擎、变速器、电动马达和电池集成到动力管理策略中。这些系统都非常复杂，要想先分别独立创建，最后再集成在一起，根本不可能实现。”

另外，GM 工程师们还需要先验证设计，然后再在硬件上实现。

挑战

为 GM 汽车开发新的混合动力技术

解决方案

依靠 MathWorks 工具和基于模型的设计实现控制系统设计和产品级代码生成的标准化

结果

- 确保了如期交付项目
- 实现了全球协作以及设计创意的交流
- 在所有生产线上重复使用设计



在 GM, 双模式混合动力将基于模型的设计发展到了一个新水平。该项目为我们在其他大规模全球工程项目上运用 MathWorks 工具的基于模型的设计, 增进了必要的信心和经验。



Kent Helfrich, GM

解决方案

GM 在 MathWorks 工具和基于模型的设计的帮助下, 开发了系统模型, 运用仿真技术对设计进行了验证, 并生成了双模式混合动力控制系统的产品级代码。这种方法使 GM 工程师们开发了多种策略, 加快了设计迭代, 最大程度减少了原型和返工工作, 并在硬件出来之前验证了控制系统。

借助 MATLAB®、Simulink® 和 Stateflow®, GM 工程师们设计出了控制系统总体结构, 对所有控制和诊断功能进行了建模, 包括混合动力操作策略、引擎启动-停止、主动阻尼、换档执行和推进系统安全。

同时, 他们还还为所有相关物理系统创建了详细的对象模型, 例如, 引擎、电动马达、电池、混合变速器和车辆动态等。他们使用对象模型运行闭环仿真, 通过标准的城市及高速公路行车耗热测试, 验证了控制系统。

利用 Real-Time Workshop Embedded Coder™ 为引擎、变速器和混合能源管理 ECU 生成产品级代码后, 他们使用 Real-Time Workshop® 和配有对象模型的硬件在环 (HIL) 仿真器以及非实时验证阶段的测试用例, 深入验证了控制系统。通过比较这些测试结果, 工程师们找出了 ECU 集成问题。

在混合动力硬件出来后, 该团队可以从 HIL 迅速转到原型车辆进行确认测试。

双模式混合动力技术曾荣获多项大奖, 包括《Automobile》杂志的“年度技术奖”和《Green Car Journal》的“年度新能源汽车奖”。

结果

■ **确保了如期交付项目。** Hubbard 说: “项目启动后仅仅九个月, 我们就推出了第一辆原型车。如果没有 MathWorks 工具, 我们可能做不到这一点。该软件使我们可以 在硬件出来之前, 完成大量的设计工作。”

■ **实现了全球协作和交流。** 位于美国密歇根州的 GM 工程师们与位于欧洲和亚洲的 GM 工程师们共享了 Simulink 模型。因此, 全球各地的团队可以同时围绕设计开展不同方面的工作, 例如, 控制策略、软件设计和物理问题, 这有利于发挥每位工程师的专长并避免集成问题。Hubbard 说: “Simulink 模型成为了为世界各地团队提供支援的唯一源泉。”

■ **在所有生产线上重复使用设计。** Hubbard 说: “我们将控制器总体结构重复用于其他现产车辆, 包括 GMC Sierra 和 Chevy Silverado, 以及即将生产的 Chevy Volt。” Chevy Volt 的控制系统设计之所以进展迅速, 完全得力于我们可以重复使用控制器总体结构。”

了解通用汽车公司的更多信息:

www.gm.com

应用领域

- 基于模型的设计
- 汽车
- 代码生成
- 基于事件的建模
- 验证、确认与测试

使用的产品

- MATLAB®
- Simulink®
- Stateflow®
- Real-Time Workshop Embedded Coder™
- Real-Time Workshop®