

GT-VTRAIN 在可变气门正时系统开发中的应用

甄子源 丁万龙

(芜湖杰锋汽车动力系统有限公司, 芜湖 241009)

摘要: 本文以某发动机可变气门正时系统开发为例, 叙述了 GT-VTRAIN 软件在可变气门正时系统开发过程中的应用。在开发初期, 根据发动机配气机构的边界条件, 建立配气机构的仿真模型, 计算凸轮轴工作过程的扭矩。匹配相应的可变气门正时系统后, 再建立相位器模型及控制模型, 分析可变气门正时系统的响应速度及动态响应过程, 并在开发的发动机台架上用 Mototron 控制系统进行验证。

Abstract: This paper described the GT-VTRAIN software application for Variable Valve Timing system of an engine development process, a model of variable valve timing system as an example. At the beginning of the development, according to the boundary conditions of the valvetrain, the torque of the camshaft was calculated. After matching the corresponding Variable Valve Timing system, the Variable Valve Timing system response velocity and dynamic response process was analyzed using the VVT and control models. The simulation was corrected with the engine's test bench bed with Mototron Control System.

关键词: 可变气门正时系统、GT-VTRAIN、Mototron 控制系统

Key words: Variable Valve Timing System (VVT)、GT-VTRAIN、Mototron Control System

1 前言

汽车发动机可变气门正时系统 VVT 在当今高性能发动机已经普遍配备, 该系统可以依据发动机工况要求, 改变配气相位, 即改变进、排气门开闭的时刻。传统发动机进、排气门的开闭时刻都是固定的, 发动机只能根据某一工况选择最优化的配气相位, 使此工况发动机性能达到最好, 而可变气门正时系统可同时兼顾多个工况点, 使发动机在每个工况都能输出最佳性能, 得到更低的油耗值。

本文叙述了 GT-VTRAIN 软件在可变气门正时系统开发过程中的应用。首先, 根据发动机配气机构的参数, 建立配气机构的仿真模型, 计算凸轮轴在不同转速下的扭矩需求。其次, 在相位器设计参数确定后, 再修改模型, 增加相位器模型及控制系统模型, 分析可变气门正时系统的响应速度及动态响应过程, 并在开发的发动机台架上进行验证。

2 配气机构模型建立及结果校核

发动机凸轮轴扭矩直接影响可变气门正时系统输出扭矩的设计, 所以在开发初期, 根据主机厂提供的发动机配气机构的尺寸, 使用 GT-VTRAIN 软件建立发动机配气机构模型, 计算凸轮轴输出扭矩。图 1 是通过 GT-VTRAIN 软件设计的发动机配气机构的结构, 图 2 是凸轮轴扭矩测试试验台, 图 3 是相应的凸轮轴扭矩计算结果及测试的结果, 图 3-1 是不同转速下, 凸轮轴扭矩值的幅值, 图 3-2

是 1000rpm 下，仿真计算的结果。仿真结果与实际测试值相符。

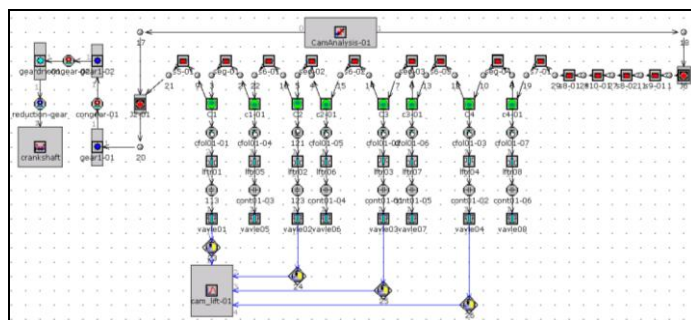


图 1 发动机配气机构模型

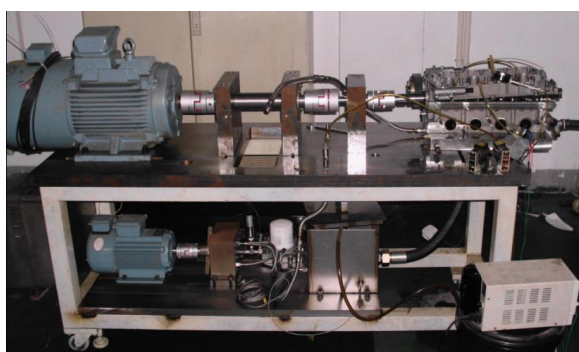


图 2 凸轮轴扭矩测试试验台

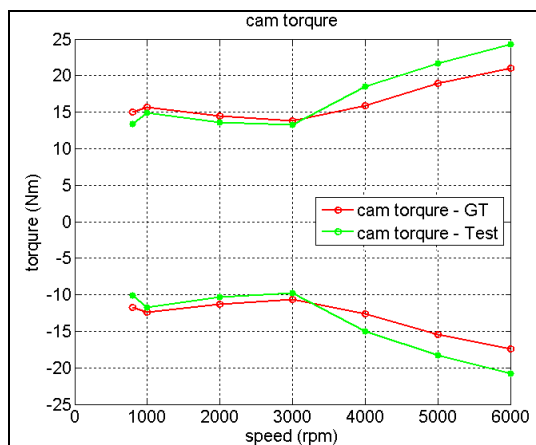


图 3-1 仿真与测试的凸轮轴扭矩值

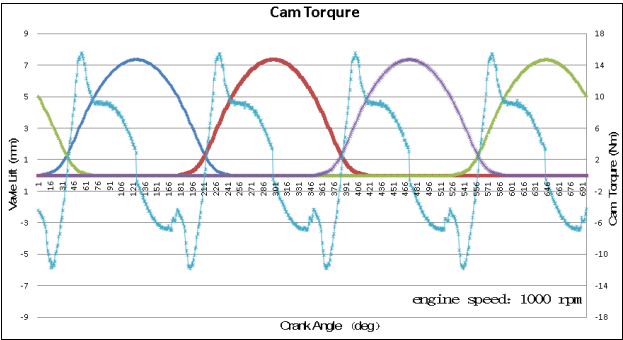


图 3-2 仿真的凸轮轴扭矩值（1000rpm）

3 可变气门正时系统模型建立

根据主机厂对可变气门正时系统液压油路布置要求，设计了相关的油路，并通过 GT-VTRAIN 软件建立油路模型。模型中油路的压力损失，根据 3D 流体力学计算软件的结果做了相应修正。在实际工作过程中，发动机 ECU 可以实现开环、闭环两种状态对可变气门正时系统的控制，所以用 GT-VTRAIN 软件建立了开环、闭环两种控制状态的模型，图 4 是开环状态可变气门正时系统模型，图 5 是闭环状态可变气门正时系统模型，图 6 是压力损失修正。

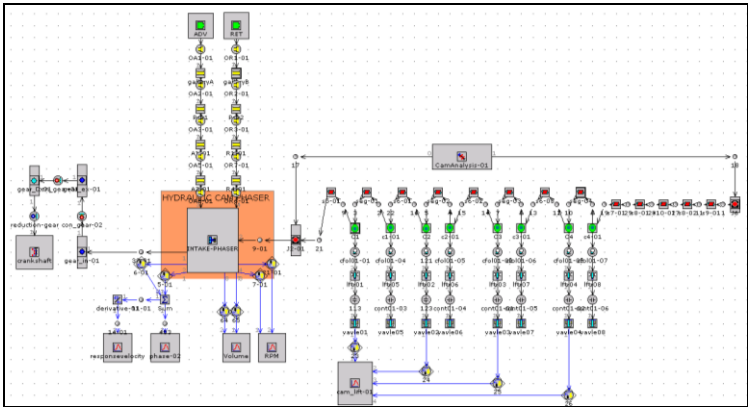


图 4 开环状态可变气门正时系统模型

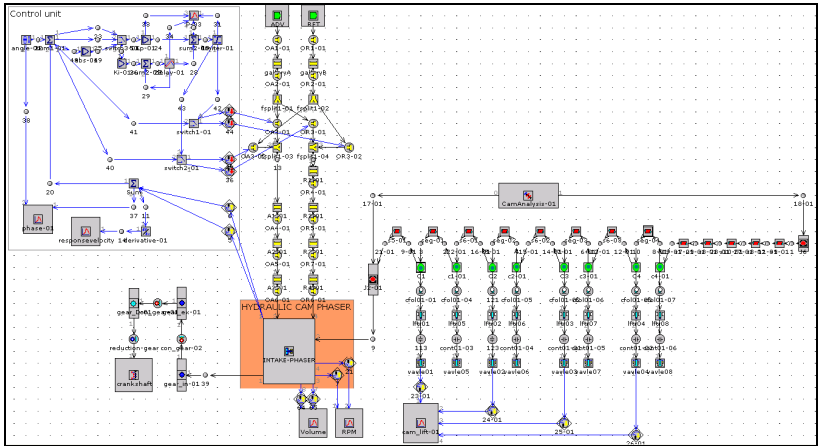


图 5 闭环状态可变气门正时系统模型

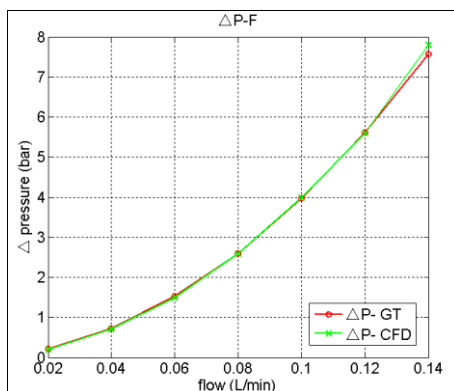


图6 压力损失修正

4 可变气门正时系统响应速度及动态响应过程

对可变气门正时系统的性能要求主要有开环状态下的响应速度和闭环状态下的响应稳定性两部分。根据已计算凸轮轴扭矩值，设计相位器的相关参数，并将参数处理为 GT-VTRAIN 软件中 HydrCamPhase 模块输入数据。并把发动机实际工作工况的转速、机油压力、温度边界做为参数，在 case setup 中做多 case 变参，在开环状态模型中计算可变气门正时系统的响应速度，在闭环状态模型中，计算可变气门正时系统的控制稳定性。

在发动机试验台架上，搭建由 Mototron 系统控制组成的可变气门正时系统的响应特性测试台架性能，Mototron 系统是一个独立的 ECU 控制系统，根据曲轴转速信号、凸轮轴相位信号实时计算处理出配气相位角度，并通过控制机油控制阀控制相位器的动作。通过此套控制单元即可测出可变气门正时系统的响应速度及动态响应过程。图 6 是 Mototron 控制系统，图 7 是可变气门正时系统的响应速度结果对比，图 8 是可变气门正时系统的动态响应稳定性结果对比。仿真结果与实际测试值相近。

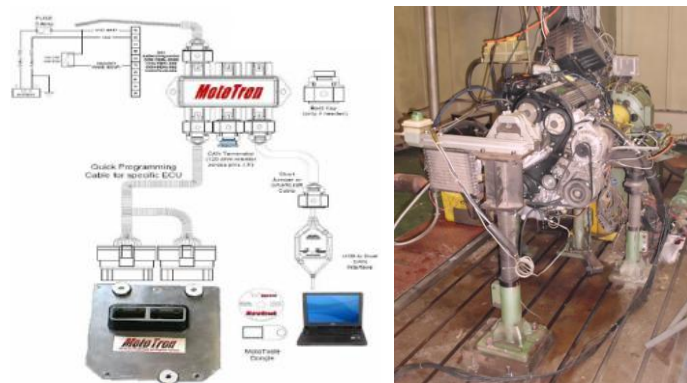


图6 Mototron 控制系统

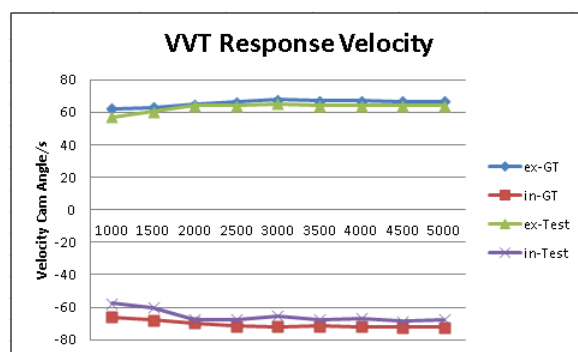
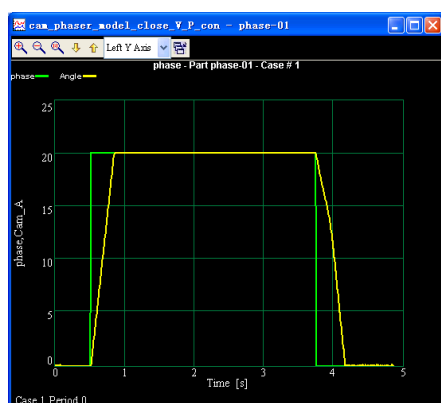
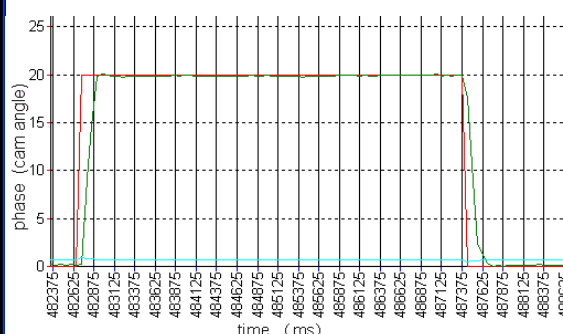


图 7 可变气门正时系统的响应速度结果对比



仿真结果



Mototron 控制系统测试结果

图 8 可变气门正时系统的动态响应稳定性结果对比

5 结论

本文通过对某一型号发动机的可变气门正时系统的开发过程阐述,展示了 GT-VTRAIN 软件在配气机构零部件开发过程中的应用。

针对同步开发的前期,可以根据主机厂提供的配气机构参数,利用 GT-VTRAIN 软件构建模型,计算凸轮轴扭矩,给可变气门正时系统的设计人员提供设计输入边界,并在其后的开发中,根据设计人员设计的 CAD 模型,在软件中建立相位器模型,并结合实际控制特点建立整个可变气门正时系统的开环、闭环控制模型,计算系统调相速度和控制稳定性。

最后通过实际发动机台架试验验证了软件计算分析结果的可信度。

6 参考文献

- [1] 肖生发,赵数朋 配气机构,汽车构造 2006.8
- [2] GT-POWER User's manual and Tutorial, September 2006
- [3] GT-VTRAIN User's manual, September 2006