

基于模型的系统工程与虚拟铁鸟解决方案

Model Based System Engineering and Virtual Iron Bird Solution

LMS 国际公司 程 磊



程 磊

毕业于清华大学动力学与控制专业,研究方向是车辆、航天飞行器的动力学分析与控制。现担任 LMS 国际公司联合仿真技术经理,主要负责 LMS 公司一维仿真平台与三维仿真平台结合的机电系统多学科仿真平台技术研究、服务支持和工程咨询项目,在仿真平台的应用和实施、工程咨询等方面开展了卓有成效的工作。

当前,飞机整机的设计面临新的问题:一方面是系统本身越来越复杂,特别是随着多电飞机的发展,智能控制系统的采用越来越多,使得在传统开发流程中如何有效地考虑机电一体化系统开发,特别是在开发阶段如何综合地考虑控制系统和

基于模型的系统工程是系统工程的重要一环,在设计早期可以把物理系统的模型和控制系统的模型耦合起来建立机电一体化系统的系统模型,在系统模型基础上对整体方案进行分析和优化并完成各个子系统的性能指标设定。

受控对象的耦合成为开发的关键之一;另一方面是不同研发部门或供应商的系统如何集成,特别是在设计早期如何通过系统的集成确保系统设计的成熟性是全球航空行业产品开发面临的棘手问题。这两方面问题的系统解决方案就是基于模型的系统工程(Model Based System Engineering, MBSE),即通过应用模型来支持系统的需求定义、设计、分析、校核和验证,从概念设计阶段开始贯穿整个开发流程。基于模型的系统工程是系统工程的重要一环,在设计早期可以把物理系统的模型和控制系统的模型耦合起来建立机电一体化系统的系统模型,在系统模型基础上对整体方案进行分析和优化并完成各个子系统的性能指标设定。

基于模型的系统工程开发方法中涉及到的关键技术有:系统架构设计、多物理领域建模、集成的仿真

计算环境、模型和数据的管理。LMS 公司为飞机研究、设计与制造企业提供完整的基于模型的系统工程解决方案,通过和航空工业全球领先的整机厂商紧密合作,LMS 公司基于其多领域系统仿真集成平台 LMS Imagine.Lab AMESim(多领域、多学科和多层次的物理系统建模与仿真平台)开发出了 LMS Imagine.Lab System Synthesis(系统逻辑与架构建模,虚拟测试工况管理、配置管理和虚拟系统集成)和 LMS Imagine.Lab SysDM(系统级模型文件、数据与流程管理),从而使得 LMS Imagine.Lab 成为实现基于模型的系统工程开发方法的支撑平台,可用于复杂多电飞机开发的每个阶段(从前期的概念设计分析、详细设计到产品验证),如图 1 所示。

LMS 公司基于模型的系统工程解决方案在飞机整机开发上的具体应用就是“虚拟铁鸟(Virtual Iron

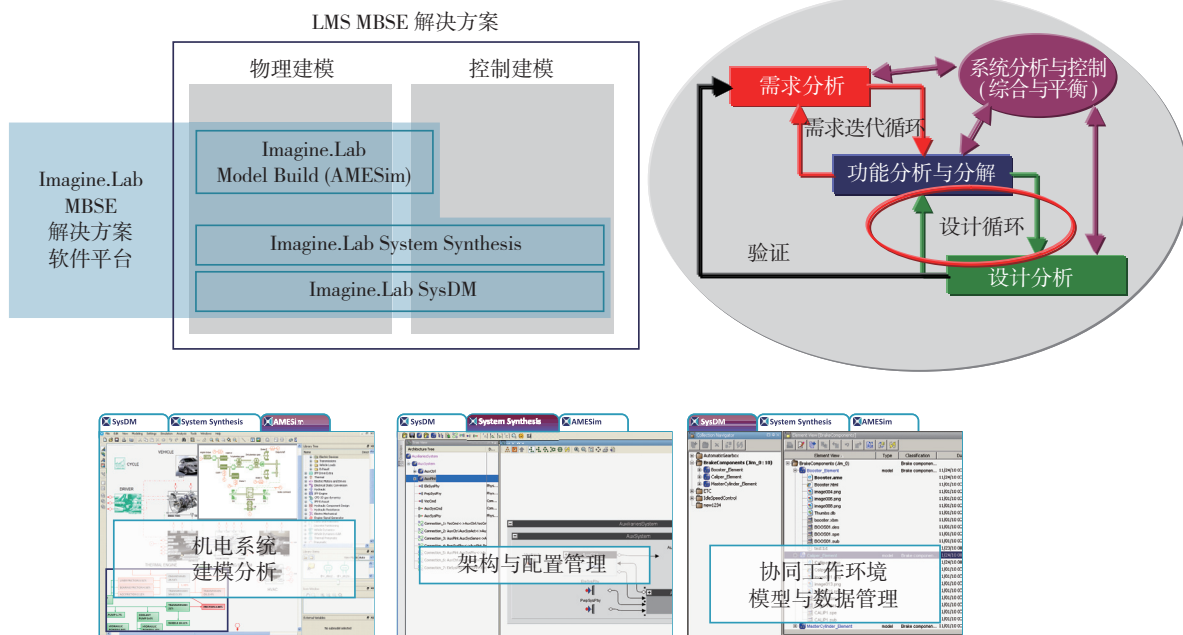


图1 LMS基于模型的系统工程解决方案架构

Bird)”,这一解决方案的主要目标是用于解决整机系统集成、整体方案与架构设计、整机性能分析以及整机控制系统开发与验证。整机系统集成是航空飞行器研发过程中难度最大同时也是最重要的问题之一。在传统的飞机研发流程中,一般在设计验证阶段通过“铁鸟试验”等各类物理试验进行系统综合和整机级控制性能验证,一方面成本较高,另一方面由于系统集成是在整个研发阶段的中后期进行,容易引起设计反复,使整个研发流程减缓。此外,物理试验自身有一定的局限性,如物理试验中无法完全模拟真实的飞行环境和飞行状态;物理试验难以考虑所有飞行工况,也比较难以表征系统软硬件的全部特征。

在这种情况下,基于MBSE技术的“虚拟铁鸟”解决方案应运而生。“虚拟铁鸟”的核心目标是建立全机级的虚拟样机,更全面地反映各子系统之间的复杂集成和耦合。基于LMS Imagine.Lab多领域系统建模技术和物理元件模型,可以建立控制、液压、环控、燃油、起落架、飞行控制、

电气系统等所有子系统的物理模型,并进一步将这些子系统集成而形成整机虚拟样机,即“虚拟铁鸟”。“虚拟铁鸟”具备完整的虚拟试验环境和仿真能力,在虚拟试验环境中,可以通过逻辑控制的设置和定义,像真实的物理试验一样,选择不同的试验模式和试验工况,如起飞、平飞、降落、滑行以及复杂的失效工况。“虚拟铁鸟”一方面可以支持整机系统集成和全机性能分析,如整机动力和能量管理,用于整机架构与方案设计,从早期设计阶段开始提高方案成熟度和全机性能;另一方面,“虚拟铁鸟”的物理模型可以作为整机级被控对象物理模型支持控制系统的开发,用于控制器开发的模型在环(Model in the Loop)、软件在环(Software in the Loop)和硬件在环(Hardware in the Loop)仿真,进行整机机电一体化的虚拟测试。通过整机级的虚拟仿真物理模型支持全机系统集成和控制器测试,就可以在整机物理试验之前,充分研究整机性能和方案,调试控制系统,从而显著地节省了“物理铁鸟试验”的次数和成本,如图2所

示。

近年来,“虚拟铁鸟”解决方案和开发方法已经在海外航空厂商得到广泛应用和实施。图3为某航空主机厂“虚拟铁鸟”模型用于控制器硬件在环仿真的应用实例。

“虚拟铁鸟”是全新的整机级系统集成与全机数字建模技术方案,“虚拟铁鸟”平台的建立,能够有效地改进现有设计流程,尤其是系统集成阶段的设计和评价方法,以及多电飞机的控制器虚拟测试和开发流程。通过进行整机级的一体化分析、评价和优化,避免不必要的重复设计工作,减少整机物理试验的次数和成本。基于“虚拟铁鸟”还可进行试验策略定义和试验规划,减少试验准备工作 and 重复试验,此外可实现基于整机建模和仿真分析的虚拟认证,在可能的情况下逐步减少试验认证。

“虚拟铁鸟”的实施需要建立一个多领域系统建模软件平台,在分布式架构中集成不同的仿真分析工具和子系统模型,同时需要支持实时模型的建立和硬件在环测试。由LMS Imagine.Lab AMESim、LMS Imagine.

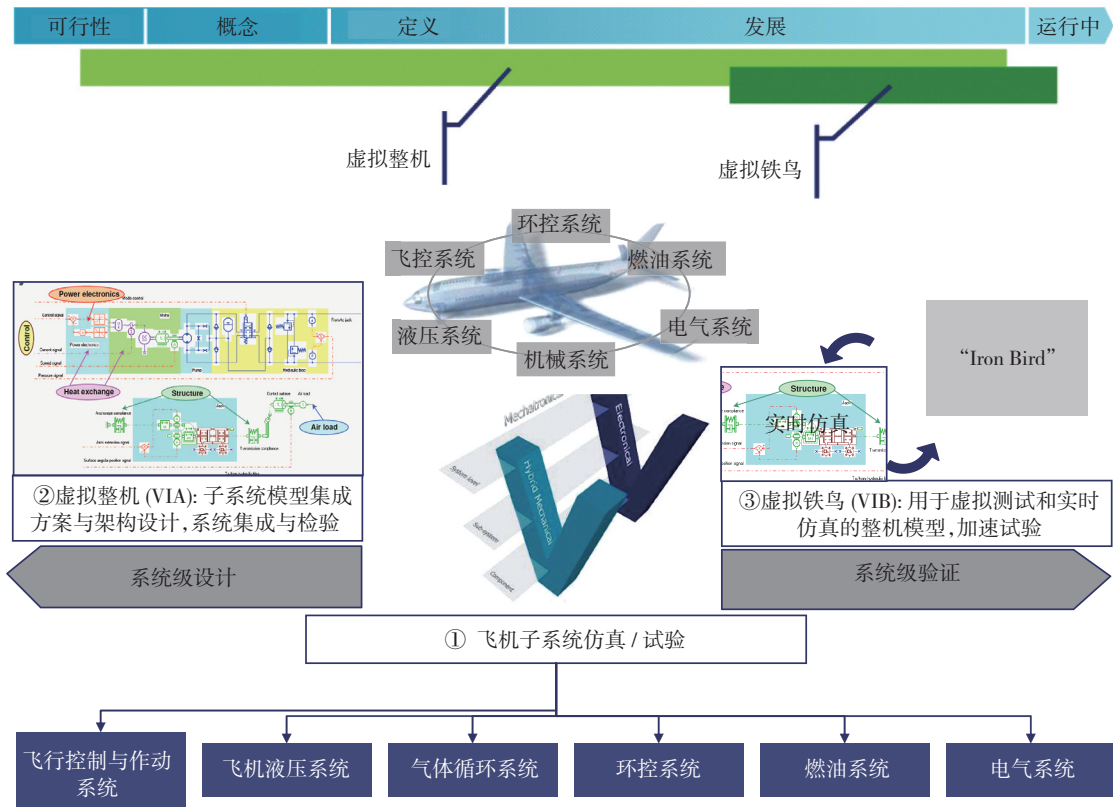


图2 LMS “虚拟铁鸟” 解决方案示意图

Lab System Synthesis 和 LMS Imagine. Lab SysDM 所构成的 Imagine.Lab 基于模型的系统工程解决方案是实现“虚拟铁鸟”和整机系统集成的理想平台。

(1) LMS Imagine. Lab AMESim: 创建和运行多物理场仿真模型, 以分析复杂的系统特性, 并支持控制系统的设计, 从早期的技术参数确定到子系统测试(硬件在环)。

(2) LMS Imagine. Lab SysDM: 存储和管理横跨不同部门的受控对象和控制系统的模型以及数据。

(3) LMS Imagine. Lab System Synthesis: 对工程设计问题进行综合, 根据性能需求创建产品的架构, 对不同技术方案以及配置进行综合的工况设定, 驱动仿真并对结果进行后处理的综合环境。

同时, LMS 为 MBSE 工程中所涉及的控制系统的开发提供包括控制开发流程建立、控制软件开发、V&V、C 代码的移植 (LCM) 在内的相关工程咨询服务及相关工具。

“虚拟铁鸟”的实现不仅仅需要合适的、现成的软件平台作为支撑, 更需要由具备实施经验的技术供应商与用户合作进行项目实施工作, LMS 公司愿与国内广大航空用户一道, 借鉴国外同行的实施经验, 逐步建立、完善、扩充并最终实现“虚拟铁鸟”平台。 (责编 深蓝)

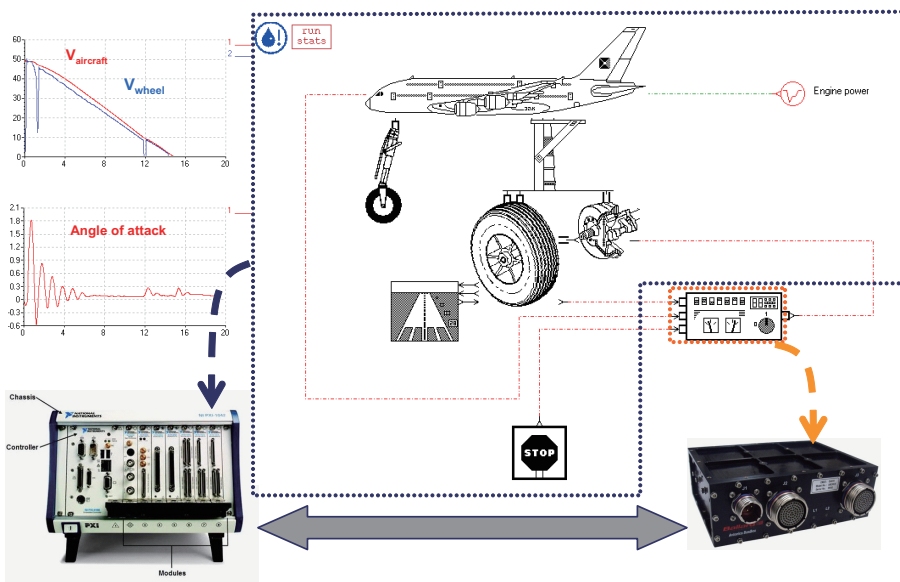


图3 “虚拟铁鸟” 应用于控制器硬件在环仿真