

基于LMS Imagine.Lab Amesim 航空燃油系统解决方案

Solutions of Aviation Fuel System Based on LMS Imagine.Lab Amesim

LMS, A Siemens Business 刘松

每一次飞行任务中燃油系统都是至关重要的,因为燃油的重量在整个飞机总重中占有相当的比例,所以飞机的框架设计必须足够坚固以支撑足够大的燃油重量。同时在飞行中,燃油的消耗会导致飞机重心的改变,所以必须确保不影响飞机的操控性和飞行动力学。因此在产品设计的早期阶段,作出正确的决策对于燃油系统成功的研发至关重要,尤其对复杂燃油系统不同方案进行性能评估是保持创新性的必要条件。为了满足燃油系统以上要求,传统的试验方法已不能完全满足设计开发需求,随着计算机仿真技术的发展,基于模型的系统工程方法已经成为燃油系统技术发展的必然趋势。

基于模型的系统工程方法,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。LMS Imagine.Lab 航空燃油系统解决方案提供了一整套用于飞行器燃油系统仿真的元件模型库,结合热液压库、气动库和混合气体

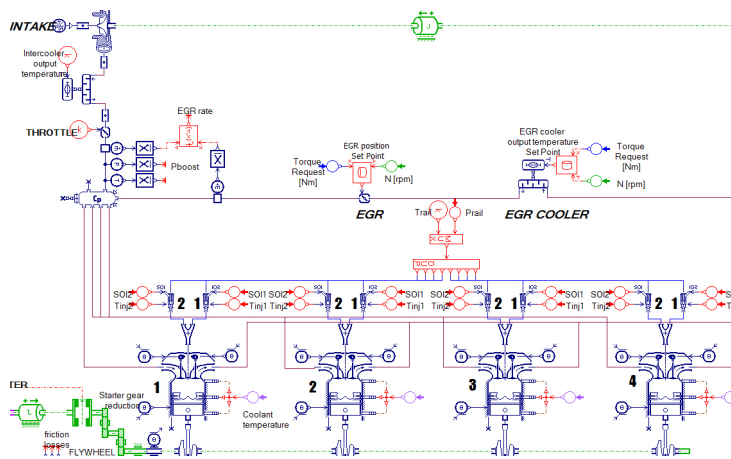
库,工程师能够建立完整的航空燃油系统模型,用户可以输入多组燃油箱的 CAD 信息、空间位置信息,定义飞行剖面、大气环境,设置油箱进出口高度(任意多油口)和油箱运动信息(加速度、姿态),计算在整个飞行周期燃油系统燃油/气体的流量、压力、温度、组分等的瞬态变化,分析在不同飞行姿态和加速度下的油箱液位高度、燃油容积、重心、自由面形状、油/气换热、进出油状态等重要信息,这为燃油系统和元件的选型及优化提供了有效技术手段。

着油箱内的油面下降,油量表传感器连续发出信号,驾驶员通过座舱内的油量表,就可以知道油箱内剩多少油。同时,通气管将外界大气或者增压空气引入油箱,填补油面下降空出的空间。增压油泵向发动机供油,保证发动机的燃油泵进口具有足够的油压。单向活门只允许燃油向一个方向流动,这样可以防止各油箱内的燃油串流。燃油在输油管内部流动时,耗量表发出信号,驾驶员通过座舱内的仪表就可以知道每台发动机的耗油量。

为了充分利用飞机容积,紧凑安排空间,现代飞机的供油系统都有几个油箱,大型飞机更多。油箱之间用输油管路连接,管路纵横交错。在

燃油系统供输油分析

航空燃油箱应具有足够的容量,保证发动机正常工作时的消耗。随



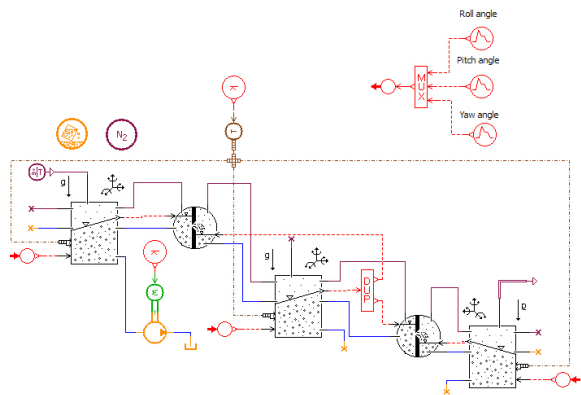
整机供输油系统分析

飞行过程中,既要保证发动机正常耗油,又要考虑燃油消耗所带来的油箱重心位置变化导致的飞行动力学问题,因此供输油系统在设计前期就必须考虑以上要求。基于 LMS Imagine.Lab Amesim 可以建立整个燃油供输油系统,包括燃油泵、三维油箱、隔板孔、油口及各种管道模型。

根据燃油系统模型,可以分析不同飞行姿态(俯仰、翻转、偏航)下的供油时序、流量、压力以及整个油箱的重心位置,给出非常直观的分析结果,用于整个系统设计匹配。

油箱增压系统分析

航空煤油是碳氢化合物,其特点是容易挥发、饱和蒸汽压高并且吸湿性强。飞机在高空飞行,会给燃油系统的正常工作带来一些问题,因为高空空气稀薄,大气压力急剧下降,油



多姿态三维油箱模拟

箱里的燃油表面压力降低到饱和蒸汽压以下,燃油就会沸腾起来,造成剧烈的蒸发。特别是弯管接头处,燃油的局部流速较大,局部压力降低,不仅燃油本身会蒸发,而且溶解于燃油中的空气也会分离出来。结果,燃油蒸汽会穿过通气系统逸入大气中,造成损失,缩短飞机航程。更严重的是,剧烈的蒸发和大量的空气泡会造成供油管堵塞,称之为气塞现象,它将破坏发动机的正常供油,轻则造成发动机推力下降,重则导致发动机

停车。为了防止气塞现象,必须保持油面压力在任何高度上都大于燃油的饱和蒸汽压。目前,一般飞机上都采用增压油泵来加大发动机燃油泵的入口压力。为了能够更好地设计增压系统,必须对整个燃油系统及其边界条件进行分析,而传统的测试方案很难模拟出飞行工况,因此运用 LMS Imagine.Lab Amesim 基于模型的仿真方法,可以在设计早期便能模拟出增压系统的设计需求,为进一步的试验验证打下坚实的基础。

燃油惰化系统分析

飞机燃油系统起火或爆炸是引起飞机失事的主要原因之一。飞机燃油系统的防火防爆能力直接关系到飞机生存力和易损性,也关系到飞机的利用率、成本以及人员安全。随着飞行技术的发展,飞机上将普遍采用燃油热管理技术,使燃油温度提高,这将导致飞机燃油箱的温度提高,相应地增加了飞机燃油箱起火爆炸的机率。因此,使燃油箱始终处于安全状态是非常必要的。

飞机燃油箱在一定条件下可分为4个不同的层面:最下面为液态燃油层,该层的燃油含有氧气,当压力变化和晃动时,燃油会释放出氧气;紧靠液态燃油层为富油气体层,它不仅含有大量的油分子,还含有大量氧分子;再上面为含氧最丰富的燃烧层,该层易燃;最上面为贫油分子层,氧气浓度很淡,不易燃烧。因此,在不同的飞行状态下,燃油箱的氧气浓度会发生变化,为了保证每个油箱的氧气浓度都低于9%,必须使燃油箱始终处于惰化状态,其中一个主要的技术是向邮箱充氮气。但是要想知道不同的飞行工况下各个油箱的氧

气压力和浓度,何时需要充氮气,这些都是需要采用系统的工程方法来解决。LMS Imagine.Lab Amesim 给出以下完整的解决方案。

根据建立的燃油系统模型,包含机载气体惰化系统,在设计早期就可以模拟出不同飞行工况下各油箱的气体状态,以及机载气体惰化系统实施策略,从而最大程度下减少燃油系统安全风险。

全机燃油能量管理分析

飞机燃油系统本身是非常复杂的,且需要和其他子系统耦合工作。在不同的飞行工况下,各个油箱之间是如何协同供油,如何保证整个飞机重心平衡,如何保证燃油系统的飞行安全,以及燃油系统如何与其他航空子系统进行能量耦合,这些问题都将给基于试验的设计方法带来挑战。LMS Imagine.Lab Amesim 提供了基于模型的系统仿真方法,并基于多领域专业模型库,在整个飞机概念设计阶段就可以对整个燃油能量管理进行有效的匹配分析,能够模拟分析不同飞行工况下燃油系统的燃油消耗情况、燃油箱惰化性能以及整个燃油系统的重心变化情况。并在此基础上,能够完成与其他航空子系统的能量耦合分析,比如燃油系统与环控、液压和电气系统的热综合等。

结束语

运用 LMS Imagine.Lab Amesim 基于模型的系统仿真方法,可以帮助工程师在设计早期完成燃油系统和元件的选型和优化(油箱CAD参数优化、油箱空间布局、管路布置等),且能够精确仿真分析完整飞行周期(起飞、爬升、巡航、下降、着陆、地面滑跑)下的燃油系统瞬态行为,预测和验证特定飞行工况(加速度、姿态)燃油系统的工作状态,为虚拟集成飞机设计提供有力的技术手段。

(责编 杰一)