

飞机液压系统设计仿真与验证

挑战

在飞机液压系统设计流程中，缺少有效的集成方式建立全机液压系统，难以针对全系统耦合进行设计分析。考虑飞机系统安全性要求，任务执行必须准确无误，同时保障在出现单个故障情况下必须不致完全失效。液压系统用户众多，在各类复杂工况下的液压功率需求是设计的重要输入：

- 全飞行剖面任务场景下液压系统功率匹配性分析是系统的重要环节，传统试验方式难以得到相对精确的液压功率动态需求，实现满足各类工况的最小功率设计较为困难；
- 针对复杂场景的多负载耦合工况进行分析，需实现综合管理控制逻辑的验证与优化；
- 传统试验手段难以实现复杂、极端故障工况，尤其是极限工况下的故障影响分析。

方案

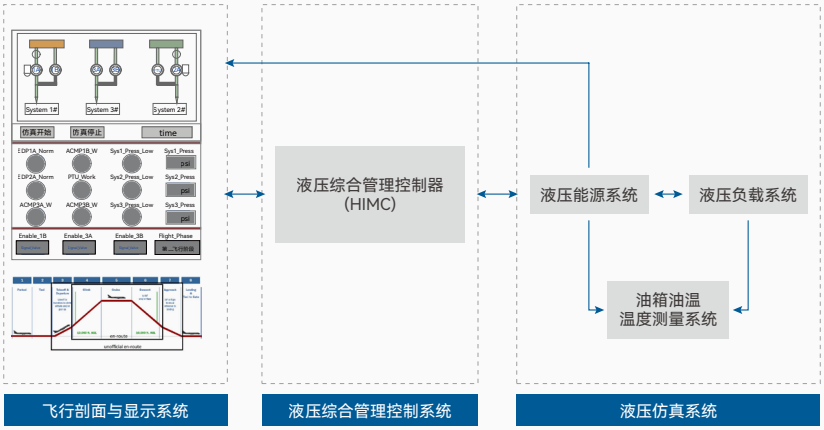
利用MWORKS.Sysplorer软件，依据飞机液压系统原理图，采用多领域统一建模语言Modelica构建飞机液压系统模型，包括3套液压能源系统、综合管理控制逻辑、液压用户系统（飞控液压用户、起落架液压用户），通过试验数据对组件、部件和系统模型进行验证。基于MWORKS.SDK开发了飞行剖面定义模块，飞行剖面数据驱动系统工况仿真。基于模型开展全飞行剖面下液压系统的工作特性仿真分析，进而对多余度液压系统功率需求、综合控制逻辑进行评估与优化。

价值

- 通过数字化模型的仿真模拟得到在全剖面下的动态功率需求，实现液压功率匹配性分析，从而为液压系统设计，尤其是余度设计提供相对精确的输入；
- 针对飞行剖面内的复杂工况，尤其是极限工况，通过飞行剖面定义模块，实现对这些复杂工况的快速和批量定义，极大提升虚拟试验的效率；
- 通过对仿真结果的分析，识别部件功率需求峰值、压力脉动峰值和带宽等，支持从安全性角度为控制策略的优化提供依据；
- 通过数字化模型，精准反映系统特性与复杂故障影响分析。

成果展示

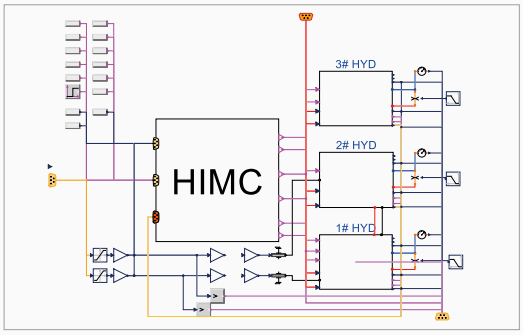
本案例面向飞机液压系统进行模型开发，液压系统包括液压能源系统、综合管理控制系统、液压用户、飞行剖面模块，采用Modelica语言构建了一套飞机液压系统模型库，包括液压泵、阀门、管道、作动器等48个组件模型，形成了典型飞机液压系统模型。



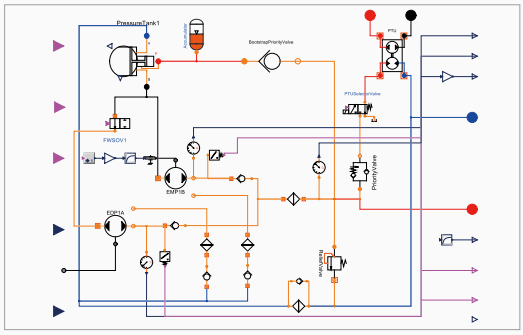
飞机液压系统模板框架

典型民用飞机液压系统一般采用多套相互独立、相互备份的液压能源系统为飞机提供液压能，模型库包括液压系统通用组件模型、控制逻辑模型、液压能源模型、液压用户模型、飞行剖面模块。液压附件模型构建了详细模型，能够模拟关键附件的工作特性，如柱塞泵模型。

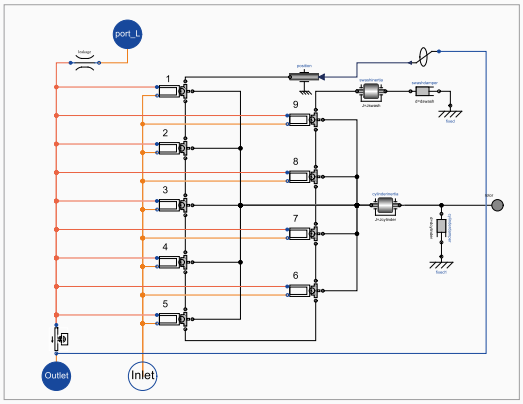
液压系统模型



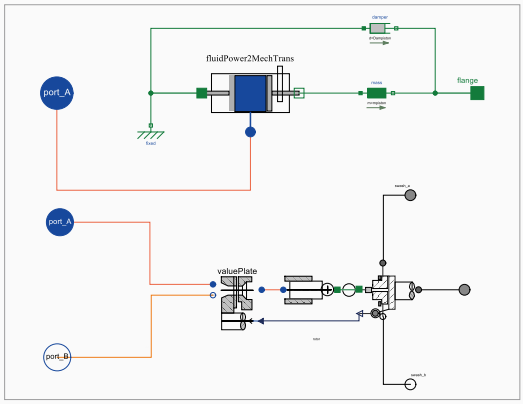
能源系统模型



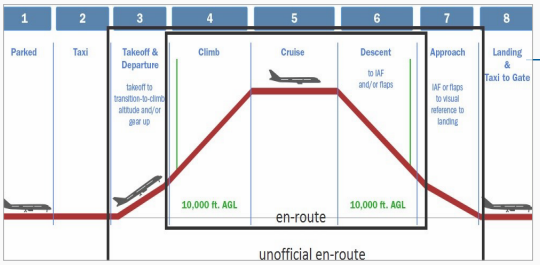
不同阶段模型规范应用



单柱塞详细模型



基于MWORKS.SDK定制化开发飞行剖面定义模块，用于液压用户流量剖面和指令剖面的快速定义，同时支持对既有液压用户飞行剖面数据表的读取，用户可以快速定义全飞行剖面作为液压系统模型仿真的输入边界。



制定飞行剖面

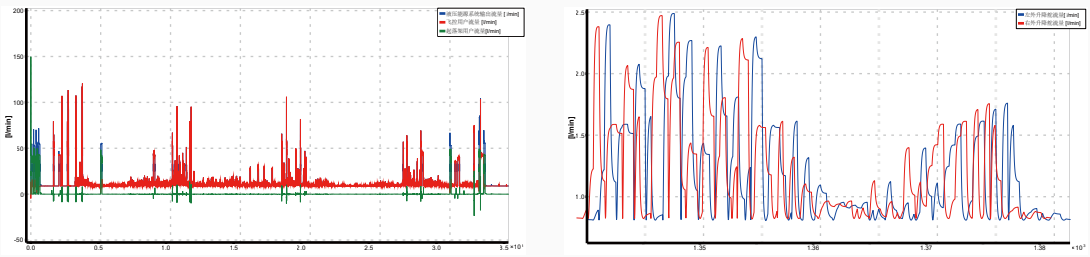
生成飞行剖面数据，驱动系统仿真模型



飞行剖面定义模块

通过4个架次的全飞行剖面数据对飞机液压系统模型进行验证，通过不断标定参数，对模型的精度进行校核，保证模型计算准确性。利用飞行剖面模块，定义了不同场景的飞行指令剖面进行虚拟试验：

- 正常工况仿真，对飞机液压系统全飞行剖面工作特性进行了仿真分析与验证优化；
- 典型故障工况仿真，对飞机液压综合管理控制逻辑进行了验证评估与优化，为液压多余度控制策略分析提供了数字化支撑。



全飞行剖面下仿真结果

苏州同元软控信息技术有限公司

0512-62720715/18115503283

marketing@tongyuan.cc

苏州工业园区淞北路333号D1幢

www.tongyuan.cc

关注同元软控 精彩内容不错过

关注MWORKS 精彩内容不错过