

# 飞控襟翼硬件仿真系统的设计及应用

## Design and Application of Flight Control System of Flap Hardware Simulator

吴一欣 / Wu Yixin

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

### 摘要:

以飞机控制系统的设计要求为依据设计飞控襟翼硬件仿真系统,该系统是参照真实飞控襟翼系统的功能和接口要求,采用基于数字仿真扩展模拟电路接口的硬件仿真系统。其与真实襟翼具有相似功能、相同接口、完全可以替代真实襟翼完成相关试验。试验结果表明:该系统为飞控襟翼试验的圆满完成提供有效的保障。

**关键词:** 飞控襟翼硬件仿真系统; 铁鸟; 飞控系统

**中图分类号:** V216.7

**文献标识码:** A

[ **Abstract** ] In this paper, the control system of flap hardware simulator is carried out based on the request of flight control system. The interfaces and functions of this system are the same with the real flap flight control system. Hardware simulation methods based on digital simulation module expansion analog circuit connection are adopted to investigate the hardware simulation module of the flap flight control system which have the same function and connections with the real flap system. The related experiments could be done by using the flight control system of flap hardware simulator instead of the real flap system. The results show that the system could provide security for flap flight control system.

[ **Key words** ] flight control system of flap hardware simulator; iron bird; flight control system

## 0 引言

在某型飞机飞控系统襟翼铁鸟试验中,经常需要模拟各种故障,以验证襟翼系统的响应是否满足襟翼设计要求。由于襟翼系统故障设置后恢复比较麻烦,为了解决这个问题,本文设计了一种飞控襟翼硬件仿真系统,此硬件仿真系统通过硬件和软件模拟真实飞控襟翼系统的功能和接口,代替了真实飞控襟翼控制系统,为飞控襟翼试验提供了良好的硬件和软件平台,节省了试验成本。试验结果表明:该系统为飞控系统襟翼试验的圆满完成提供了有效的保障。

## 1 飞控襟翼硬件仿真系统工作原理

飞控襟翼硬件仿真系统工作原理:通过操纵飞控襟翼硬件仿真系统软件界面上的襟翼手柄模拟装置、综合飞机航电系统发送过来的航电系统状态数据与

控制指令信号,经过信号调理单元的解码和调理后,输入下位机襟翼控制仿真系统进行解析,下位机襟翼控制仿真系统将解析好的信号通过测控单元的电机控制器发送电机控制指令,动力驱动装置仿真台上的电机接收到电机控制指令后,驱动铁鸟真实襟翼舵面到襟翼手柄指定位置。在飞机真实襟翼运行过程中,下位机襟翼控制仿真系统通过信号调理单元解析传感器监测到的襟翼位置、倾斜角度、电机转速等数据,调整向测控单元的电机控制器发送的电机控制指令信号,实现对飞机真实襟翼的实时控制。飞控襟翼硬件仿真系统工作原理如图1所示。

## 2 飞控襟翼硬件仿真系统的硬件组成及功能

飞控襟翼硬件仿真系统由动力驱动装置仿真台、信号调理箱和下位机襟翼控制仿真系统三部分组成。各部分的具体构成及完成的功能如下。

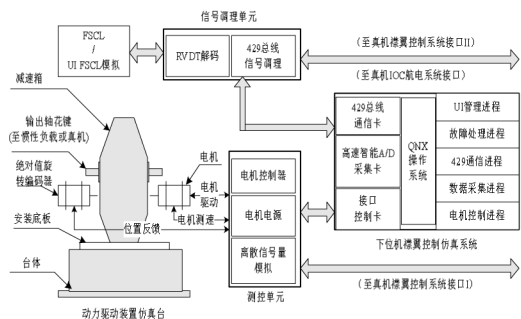


图 1 飞控襟翼硬件仿真系统工作原理图

动力驱动装置仿真台:动力驱动装置仿真台主要完成襟翼仿真驱动功能。包括提供襟翼运动的直流电机、测电机转速的霍尔传感器、完成 1 : 8 减速的减速机构、完成制动的电磁制动器、传动齿轮、测试襟翼转角位置的绝对位置编码器及支座等。

信号调理箱:信号调理箱主要用于对系统中各路电气信号的隔离与调制整形,分为测控单元和信号调理单元。测控单元上带有控制开关,用于向系统提供两路 FSOS、RAT 应急电源、系统紧急状态共 4 路开关量数字信号。信号调理单元用于 429 总线信号转接与调理,以及对真实襟翼控制手柄、襟翼位置传感器、襟翼倾斜传感器的 RVDT 信号激励/解调。

下位机襟翼控制仿真系统:下位机襟翼控制仿真系统主要完成信号的控制及采集。包括高速数据采集卡和多功能接口控制卡电路。高速采集卡完成信号的模数转换与转换结果的采集和存储。多功能接口控制卡包括控制直流电机转速的 D/A 转换器、采集 6 路 RVDT 位置输出的 8 选 1 模拟开关盒 A/D 转换器、离散量开关接口等。

### 3 飞控襟翼硬件仿真系统的软件组成及功能

飞控襟翼硬件仿真系统软件系统可以划分为监控子系统,仿真子系统和数据分析子系统三大子系统。其中监控系统运行在上位机上,基于 Windows 操作系统平台运行;仿真子系统运行在下位控制计算机上,基于 QNX 实时操作系统平台运行;数据分析子系统的信息采集在下位机上完成,数据分析模块则在上位机中实现。上下位机通过 LAN 网络接口通信。

飞控襟翼硬件仿真系统运行过程中,位于下位机的仿真子系统通过数据采集测量襟翼控制手柄位置、接收航电 IOC 发送的航电系统数据、检测紧

急开关超控开关状态等原始数据,监测襟翼位置、倾斜角度、驱动电机转速等反馈数据,根据控制算法控制襟翼动力电机运行,驱动襟翼转动。

位于上位机的监控子系统通过网络接口接收仿真系统发送的系统状态数据,在远程终端上显示系统运行状态。

数据分析子系统采集航电 429 总线上通信数据,采集指定 429 总线上的信号波形、角度传感器 RVDT 输入输出信号波形,在上位机上显示波形曲线、计算有关波形参数。

飞控襟翼硬件仿真系统软件总体结构如图 2 所示。

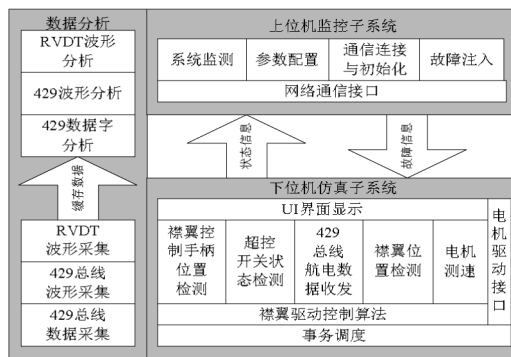


图 2 飞控襟翼硬件仿真系统软件总体结构图

## 4 飞控襟翼硬件仿真系统的应用

### 4.1 模拟真实襟翼手柄操纵襟翼运动

将动力驱动装置仿真台、信号调理箱、下位机襟翼控制仿真系统通过配套电缆和真实襟翼连接。通过下位机襟翼控制仿真系统模拟真实襟翼手柄控制动力驱动装置仿真台上的直流电机拖动真实襟翼运动。

具体实现方法为:下位机襟翼控制仿真系统软件界面切换到硬件仿真模式,通过鼠标拖动软件界面中的襟翼手柄档位至 4 档位,真实襟翼舵面参照指令运动到指定位置。下位机襟翼控制仿真系统软件操作界面如图 3 所示,襟翼运动测试结果如图 4 所示。从此项试验可以看出,飞控襟翼硬件仿真系统实现了模拟真实襟翼手柄操纵真实襟翼运动的功能。

### 4.2 模拟真实襟翼故障

将动力驱动装置仿真台、信号调理箱、下位机襟翼控制仿真系统通过配套电缆和真实襟翼连接。通过下位机襟翼控制仿真系统模拟注入一个真实襟翼故障。



图3 模拟真实襟翼手柄操纵襟翼运动软件操作界面

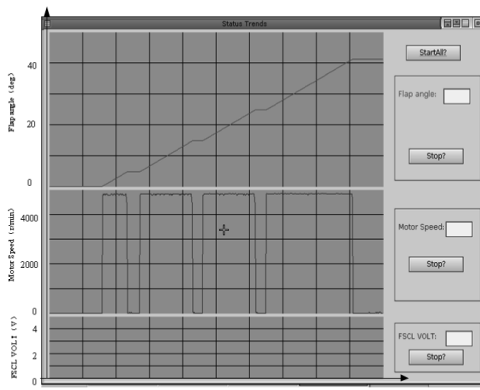


图4 模拟真实襟翼手柄操纵襟翼运动测试结果

具体实现方法为:下位机襟翼控制仿真系统软件界面切换到本地故障仿真模式,真实襟翼运动过程中,在下位机襟翼控制仿真系统软件界面中注入一个左内襟翼倾斜角度,以实现左右襟翼非对称故障,故障结果显示于软件界面中。下位机襟翼控制仿真系统软件操作界面如图5所示,故障注入显示结果如图6所示。从此项试验可以看出,飞控襟翼硬件仿真系统实现了模拟真实襟翼故障的功能。

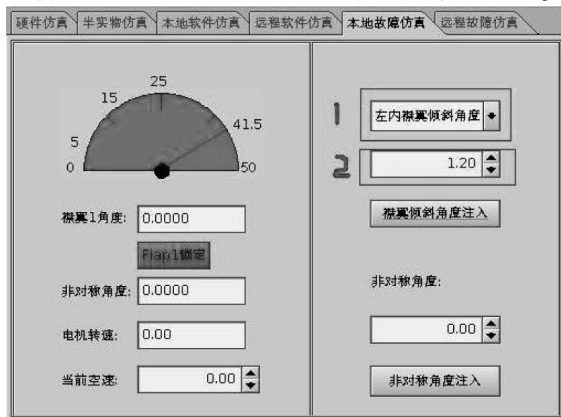


图5 模拟真实襟翼故障软件操作界面



图6 模拟真实襟翼故障注入显示结果

### 4.3 模拟真实襟翼超控开关(FSOS)动作

将动力驱动装置仿真台、信号调理箱、下位机襟翼控制仿真系统通过配套电缆和真实襟翼连接。通过下位机襟翼控制仿真系统模拟真实襟翼 FSOS 动作,真实襟翼根据 FSOS 指令运动到 25°位置。

具体实现方法为:下位机襟翼控制仿真系统软件界面切换到硬件仿真模式,在下位机襟翼控制仿真系统软件界面中按下 FSOS 超控开关按钮,仿真软件界面上显示 FSOS 超控开关信号有效,并以红色显示,电机全速运动到 25°。下位机襟翼控制仿真系统软件超控开关(FSOS)操作试验结果如图7所示。从此项试验可以看出,飞控襟翼硬件仿真系统实现了模拟真实襟翼超控开关(FSOS)功能。

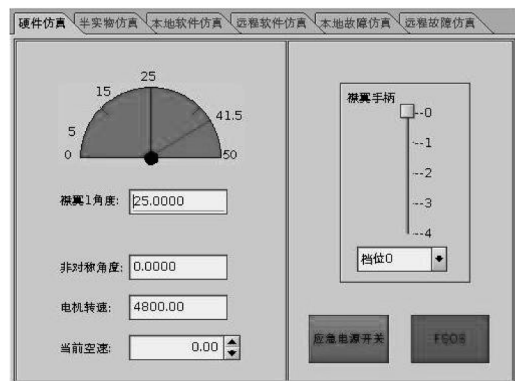


图7 模拟真实襟翼超控开关动作试验结果

### 4.4 模拟真实襟翼 RAT 应急电源开关故障

将动力驱动装置仿真台、信号调理箱、下位机襟翼控制仿真系统通过配套电缆和真实襟翼连接。通过下位机襟翼控制仿真系统模拟真实襟翼 RAT 应急电源开关故障,飞控襟翼硬件仿真系统发出故障告警。

具体实现方法为:下位机襟翼控制仿真系统软件界面切换到硬件仿真模式,在下位机襟翼控制仿真系统软件界面中按下应急电源开关按钮,仿真软

件界面上显示应急开关信号有效,并以红色显示,仿真系统立即进入系统紧急状态,通过硬件切断电机控制信号,此时系统紧急标志就会以红色提示用户系统进入了紧急状态。下位机襟翼控制仿真系统软件 RAT 应急电源开操作试验界面如图 8 所示。飞控襟翼系统进入紧急状态结果如图 9 所示。从此项试验可以看出,飞控襟翼硬件仿真系统实现了模拟真实襟翼 RAT 应急电源开关故障的功能。

## 5 结论

从以上试验结果可以看出,飞控襟翼硬件仿真系统可以代替飞机真实襟翼控制系统控制飞机真实

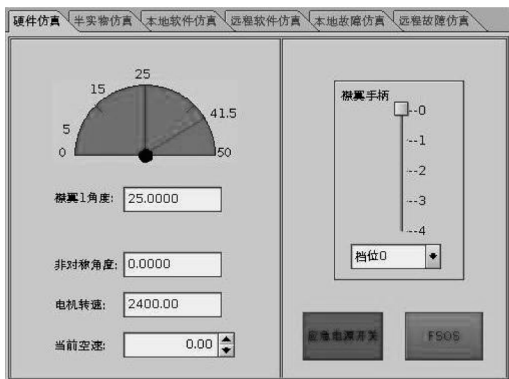


图 8 模拟真实襟翼 RAT 电源故障操作界面



图 9 飞控襟翼进入紧急状态试验结果

襟翼运动;飞控襟翼硬件仿真系统可以为飞机真实襟翼设置故障,并迅速恢复,解决了使用飞机真实襟翼控制系统设置故障难以恢复的问题。为飞机襟翼系统试验提供了良好的硬件和软件平台,节省了试验成本,为飞机襟翼试验的圆满完成提供了有效的保障。

## 参考文献:

- [1] 徐鑫福. 飞机飞行操纵系统[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1993.
- [2] 郭锁凤,申功璋,吴成富,等. 先进飞行控制系统[M]. 北京:国防工业出版社,2003.

(上接第 90 页)

分析,确定了计算结果中对流换热系数的修正方法,并给出了利用修正后的对流换热系数计算风挡防冰热载荷的算例。

## 参考文献:

- [1] 裘燮纲,韩风华. 飞机防冰系统[M]. 航空专业教材编审组出版,1985,6.
- [2] 中国民用航空局. CCAR25-R3 中国民用航空规章第 25 部:运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局,2001.
- [3] Wright WB. Users manual for the improved NASA Lewis ice accretion code LEWICE 1.6 [R]. NASA CR-198355,1995.
- [4] Baruzzi G, Tran P, Habashi W G. Actuator disk implementation in FENSAPICE, a 3D Navier Stokes in-flight icing simulation system[R]. 2003, AIAA-2003-0619.
- [5] 张大林,陈维建. 飞机机翼表面霜状冰结冰过程的数值

模拟[J]. 航空动力学报,2004,19(1):138-141.

- [6] 陈维建,张大林. 瘤状冰结冰过程的数值模拟[J]. 航空动力学报,2005,20(3):472-476.
- [7] 卜雪琴,林贵平. 基于 CFD 的水收集系数及防冰表面温度预测[J]. 北京航空航天大学学报,2007,33(10):1182-1185.
- [8] Ross R. The use of similitude in analyzing aircraft windshield anti-icing performance, in: AIAA Aircraft systems And Technology meeting, 1979, AIAA-79-1822.
- [9] Ross R. Analysis of an airplane windshield anti-icing system, in: AIAA 9th Atmosphere Flight Mechanics Conference, 1982, AIAA-82-1372.
- [10] 韩风华,左颜声,李东亮. 飞机风挡防冰热载荷计算[J]. 航空学报,1995,16(1):33-37.
- [11] 朱剑黎,董葳. 防冰部件表面流动换热与温度计算分析[J]. 燃气涡轮试验与研究,2011,24(1):15-18.