

基于 DSHplus 的前轮转弯系统的仿真研究

Research on Simulation of Nose Wheel Subsystem Based on DSHplus

王汉斌 陆波 / Wang Hanbin Lu Bo
(上海飞机设计研究院, 上海 200232)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 200436, China)

摘要:

飞机前轮转弯系统是起落架系统的重要组成部分,在对前轮转弯系统进行分析研究的基础上,应用液压仿真软件 DSHplus,对前轮转弯液压系统建模仿真。仿真结果与地面试验结果基本一致,验证了模型的准确性。并提出应用频谱分析的方法,对转弯液压系统进行频率响应分析。该方法在设计初期能够增强系统的稳定性,减少研发开支,提高核心竞争力。

关键词: 液压系统; 仿真技术; DSHplus; 前轮转弯系统, 频谱分析

[Abstract] Nose wheel subsystem is the important part of aircraft landing gear system. Based on analysis and research upon the steering subsystem of the nose landing gear, by applying the hydraulic simulation software DSHplus, the model of the nose wheel subsystem is built and the simulation is carried out. The results are consistent with that of the ground experiments, which verify the model. In addition this method contributes to enhance the reliability of the whole system in the initial stage, thus reducing the cost of the design and making the product more competitive.

[Key words] Hydraulic System; Simulation Technology; DSHplus; Nose Wheel System; Frequency Analysis

0 引言

现代民用客机的前轮转弯系统大部分都是液压驱动的,并且工作在高压或恶劣的环境中,在设计时必须考虑具有较高的可靠性。随着科技的发展,人们对飞机各系统的安全性要求越来越高,而传统的设计验证方法耗费时间和成本。计算机仿真技术成为解决这一问题的突破口,在计算机上进行仿真试验,研究系统的各种工作状态,确定最佳结构和参数,使得系统设计在成型之前就得到不断地完善。

转弯系统是飞机的重要组成部分,也是飞机起飞和着落的关键部件。飞机转弯液压系统的设计是一项极其复杂的迭代过程,为了提高设计的工作效率,节约科研成本,往往需要借助于仿真分析工具。

本文使用 DSHplus 对某型飞机的前轮转弯系统

进行手轮转弯仿真试验,对系统进行动态仿真,并将仿真试验结果与试验室试验结果进行比较分析,并提出应用基于频谱分析的方法,对转弯液压系统进行频率响应分析,为前轮转弯系统的设计提供有效的参考。

1 DSHplus 与仿真技术介绍

1.1 DSHplus 介绍

DSHplus 源自国际流体动力学会,是全球著名的流体传动与控制系统仿真软件。它通过搭建图形化的液压系统原理图,对液压系统进行各种分析,并可以与物理硬件连接,实现实时半实物仿真。

DSHplus 软件主要包括液压库、机械库、控制库等。液压库中有液压泵、液压马达和控制阀等元件模型;机械库中包含电机、开关离合器、制动器和齿轮等元件模型;控制库包括各类线性和非线性的零部件、

模拟控制和数字控制单元以及各类逻辑单元模型。

1.2 仿真技术

仿真技术一般分为三类:1)物理仿真;2)计算机仿真;3)混合仿真。其中计算机仿真是用数学语言描述所研究的系统,并将该描述输入计算机,然后运用计算机对所建立的数学模型进行求解,得到表示该物理系统工作性能的结果^[1]。在初步设计阶段,仿真技术用于预测系统及元件工作性能,以及确定系统结构和优化参数;在设计阶段用于判断系统是否能够满足设计要求。

数学建模与仿真流程如图1所示^[1]。

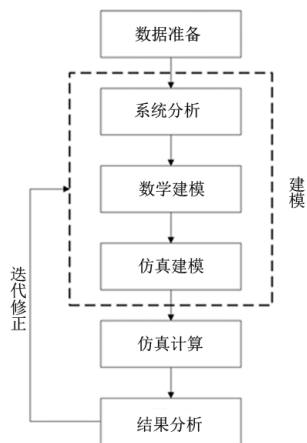


图1 数学建模与仿真

液压系统的仿真分为如下几个步骤:

- (1)明确仿真对象、目的和要求;
- (2)分析系统的物理属性,建立数学模型;
- (3)模型后处理,建立计算机仿真模型;
- (4)编程并选择计算算法;
- (5)分析仿真结果,编写报告。

2 前起落架转弯系统及工作原理

现代民用客机的前轮转弯系统一般采用电传操纵、电液伺服作动以及带位置反馈的闭环随动系统。转弯系统为飞机地面提供方向控制,具有低速滑行大角度转弯和高速滑行小角度修正航向,以确保飞机平稳滑行;在故障状态下,能够自动进入自由转向模式,具有防止发生摆振和被动控制功能。

2.1 前轮转弯系统

前轮转弯系统见图2。

2.2 工作原理

2.2.1 控制系统原理

图3为转弯系统控制原理框图,转弯控制指令可以由手轮和脚踏单独给出,也可以通过两者同时

作用。从控制系统框图可以看出,转弯系统采用的是负反馈控制,前轮转弯角度作为反馈信号,与转弯指令信号进行比较后给出控制信号,从而控制电液伺服阀,并进一步驱动转弯作动筒进行前轮转弯。

本文进行的是手轮转弯的仿真,图4给出手轮角度与转弯角度的对应关系。

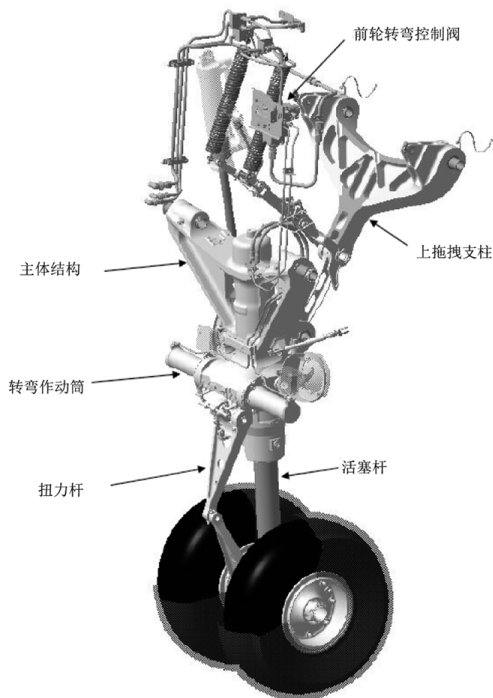


图2 前轮转弯系统



图3 转弯系统控制原理框图

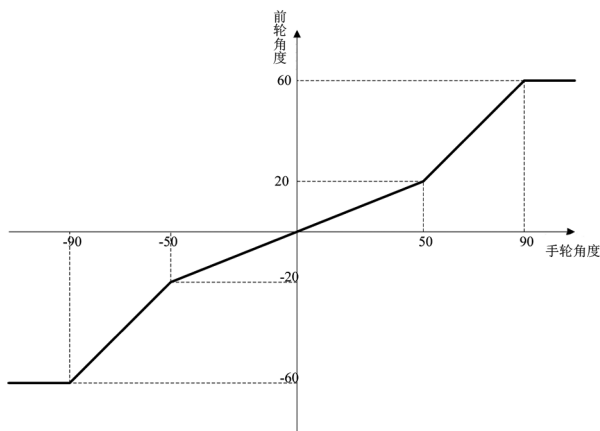


图4 手轮角度与前轮转弯角度关系

2.2.2 液压系统原理

液压系统原理图见图5。

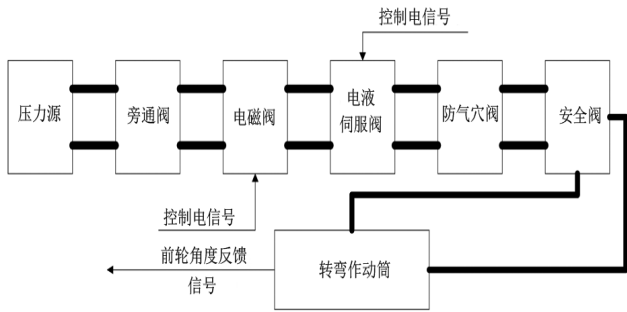


图5 转弯系统液压原理框图

起落架转弯系统包括:油滤,过滤来自飞机的液压油;入口单向阀,保护飞机液压系统避免受到可能的高压冲击,在飞机液压管路爆裂的情况下,保护转弯系统;电磁阀,控制转弯系统的液压油路通断;电液伺服阀,根据控制信号伺服控制液压油的流量与方向;安全阀,保护转弯系统,避免爆管;防气蚀阀和补偿器,补偿液体损失和温度波动,以避免作动筒腔产生气穴现象;转弯作动筒,传动活塞,利用齿轮齿条装置带动前轮。

转弯液压系统的工作原理为在起落架放下后,高压液压油经过油滤、单向阀,油液分为两路,一路到达电磁阀阀口,另一路到达旁通阀阀口。在电磁阀断电的情况下,压力油在电磁阀阀口被截止,同时压力油路在旁通阀阀口也被截止;在电磁阀上电后,压力油通过电磁阀并开启旁通阀使得压力油到达电液伺服阀阀口。在转弯控制信号的控制下,压力油经过电液伺服阀到达转弯作动筒的左右两腔,驱动作动筒齿条运动。作动筒齿条连接着齿轮,将直线运动转化为转动,从而实现前轮转弯。

3 系统建模

根据转弯系统液压原理图,基于 DSHplus 建立系统仿真框图。由于进行的是系统功能性仿真,在不影响系统功能的情况下,将旁通阀进行简化,并将油滤略去。同时,根据转弯作动筒的工作原理,选择双腔双杆作动筒模拟前轮转弯作动筒。

仿真模型如图6所示。

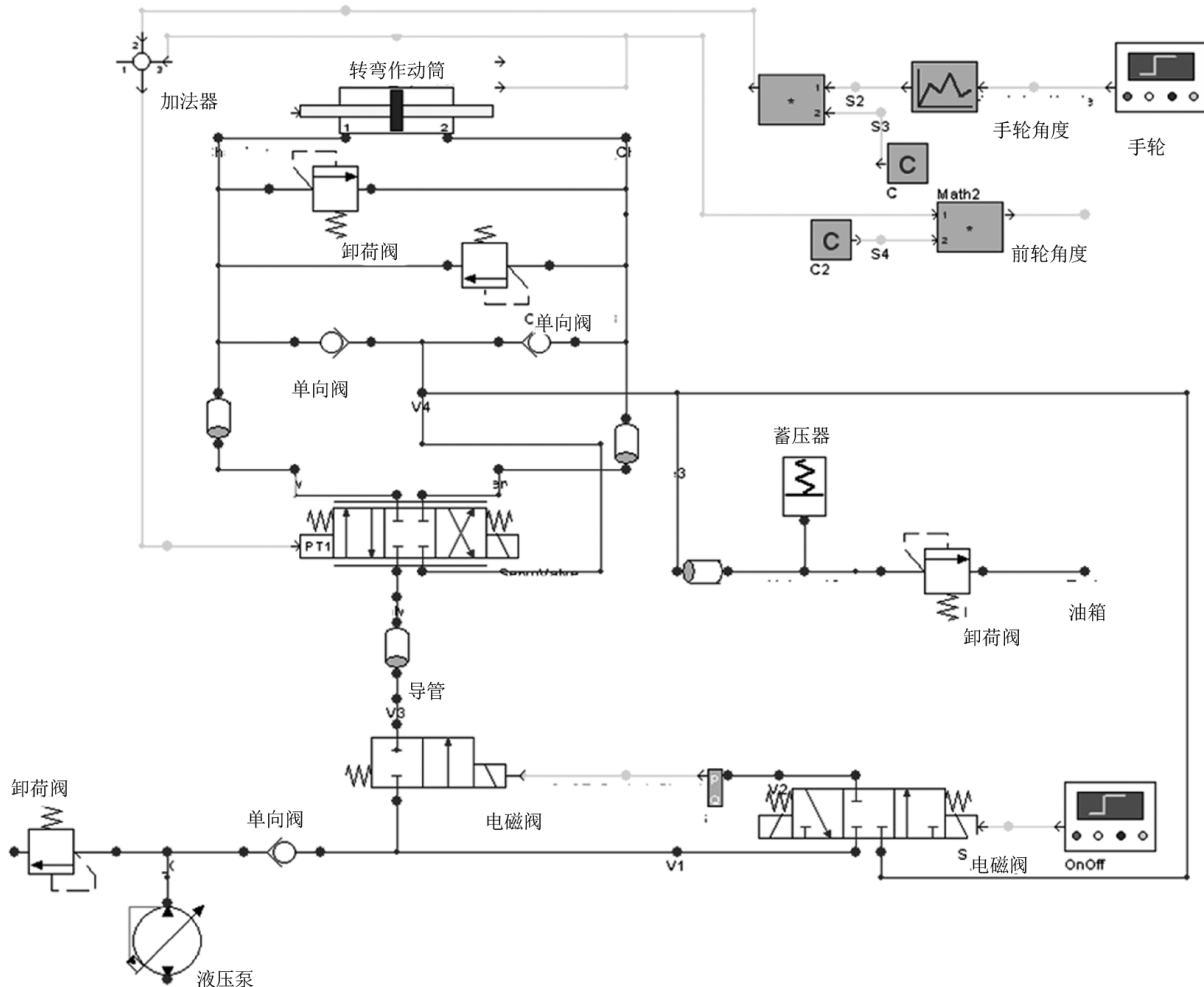


图6 转弯系统 DSHplus 模型

系统模型包括:

1) 控制模块

控制模块包括电液伺服阀的控制和电磁阀的控制。

(1) 电液伺服阀的控制。在实际的转弯系统中,手轮的角度信号转换为电信号输入至转弯控制模块,而其参数和控制律无法获知。针对这种情况,本文进行了设计,将角度信号直接转换成线位移,与转弯作动筒的位移反馈信号进行比较,得到电液伺服阀的控制信号,并在此基础上进行控制律的设计。

(2) 电磁阀的控制。给电磁阀一个开关信号进行阀的通断控制。

2) 转弯模块

转弯模块包括压力模块、转弯主模块和转弯作动筒。

压力模块由恒压泵和溢流阀构成;转弯主模块和转弯作动筒需要根据实际情况搭建。

4 仿真分析

4.1 参数选择

选择恒压泵作为压力源,其参数为 30L/min,额

定压力为 3 000psi;系统回油压力为 55psi;其余参数根据某型号飞机进行设置^[2-3]。

4.2 结果分析

在 0~40s 里进行仿真,给电磁阀设置常开控制信号,保证其在仿真时间段内处于开启状态;利用正弦信号模拟手轮角度输入。仿真结果见图 7~图 11,图 7 为转弯作动筒两腔压力-时间曲线,在 0~40s 内左右两腔压力维持在 1 480psi 上下,压力的大小与物理试验的结果基本一致(见图 8);图 9 为作动筒的活塞运动速度曲线;图 10 为手轮控制信号的角度和前轮转弯输出的角度信号,与实际情况一致。

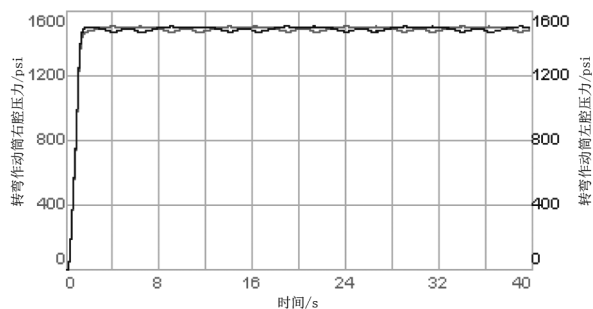


图 7 转弯作动筒两腔压力-时间曲线

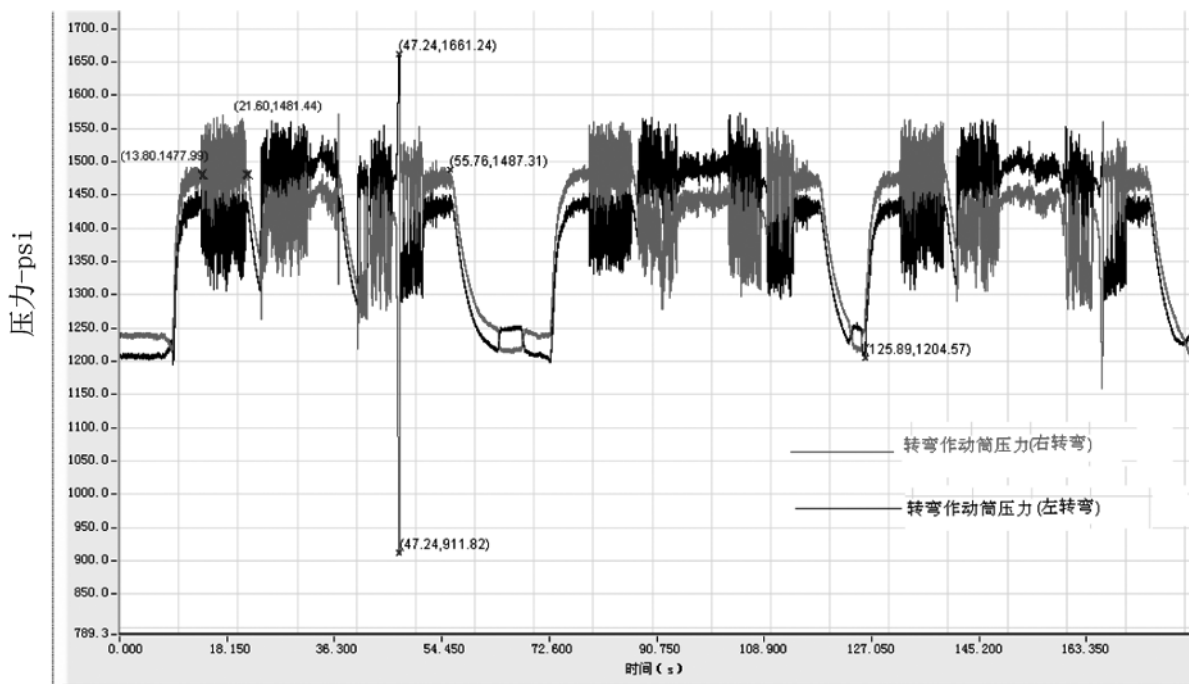


图 8 物理试验作动筒两腔压力-时间曲线

仿真结果表明:DSHplus 建立的转弯液压系统模型是准确可信的,能够用于系统性能的分析。

为了获得整个系统的频率响应曲线,在图 10

的基础上进行系统的频率特性分析。图 11 为系统的幅频响应曲线和幅角响应曲线,由响应曲线可以看出,转弯液压系统在低频域(小于 1Hz)时,

幅值平稳,相角位移较小,这表明系统在该频段具有良好的动态性能。结合实际情况,手轮产生的信号输入频率较小,在低频段,转弯系统能够迅速响应输入指令,这从另一个方面验证了系统设计的合理性。

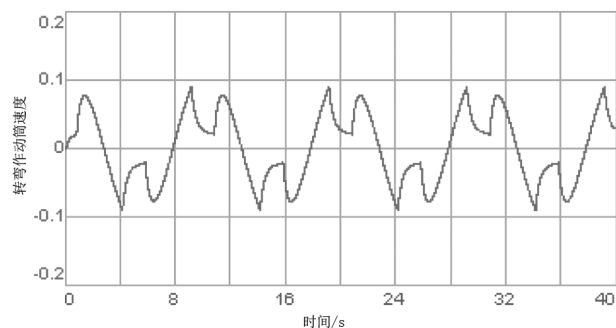


图9 作动筒活塞速度-时间曲线

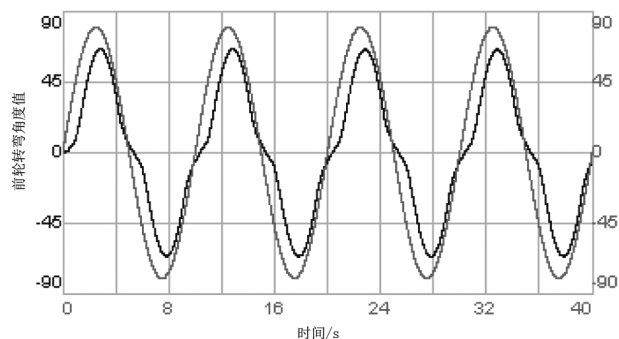


图10 手轮控制信号与前轮转弯曲线

5 结论与展望

本文通过对起落架前轮转弯液压系统进行 DSHplus 建模仿真分析,得出如下结论:

(1)应用 DSHplus 图形化建模进行系统仿真试验,得到的结果与物理试验基本吻合,表明 DSHplus 仿真分析在系统初步设计阶段能够有效地计算系统性能,验证系统设计的可行性。

(2)在设计初期,分析系统的幅频和幅角响应

特性,能够帮助系统避开不稳定频段,增强系统的稳定性。

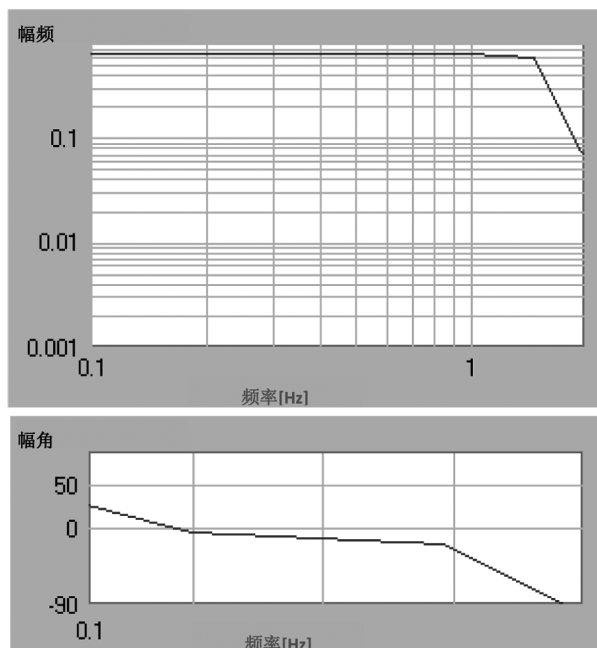


图11 系统的频率响应特性

(3)引入仿真分析,可以缩短系统设计周期,减少试验费用开支,为系列化研发产品提供了可能,从而提高企业的设计水平和竞争力。

本文采用了简易的反馈控制,今后可在此基础上进行转弯控制律的深入设计研究。

参考文献:

- [1]路甬祥. 液压气动技术手册[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [2]周恩涛. 液压系统设计元器件选型手册[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [3]郭军,吴亚峰,储妮晟. AMESim 仿真技术在飞机液压系统中的应用[J]. 计算机辅助工程,2006,15(12):42-45.

(上接第17页)

高飞机的升阻比;

(2)鼓包参数、鼓包位置及鼓包个数对减阻效果有较大的影响。

参考文献:

- [1]陈迎春,宋文滨,刘洪. 民用飞机总体设计[M]. 2010.

[2]吴光辉,陈迎春. 大型客机计算流体力学应用与发展[M]. 2009.

[3] Qin, N., Wong, W. S., and Le Moigne, A. Adjoint-based optimization of a BWB shape with shock control bumps. UKAA Consortium Conference, 2006.