

基于 AMESim/Matlab 的 液压六自由度运动平台仿真研究

吴健楠, 王勇亮, 赵玉龙, 董智超

(空军航空大学 军事仿真技术研究所, 吉林 长春 130022)

摘要: 为了提高液压六自由度平台的建模精确度, 改善控制效果, 采用 AMESim 和 Matlab 两种软件以及 PID 控制技术对平台单通道系统进行了联合仿真。仿真结果表明, 利用 AMESim 与 Matlab 各自优势的联合仿真技术具有良好的仿真效果, 为进一步开发、研制液压六自由度运动平台打下了良好基础。

关键词: 液压六自由度运动平台; AMESim; Matlab; PID

中图分类号: TH137; TP273

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)04-0064-03

Study on the hydraulic 6-DOF based on AMESim/Matlab

Wu Jiannan, Wang Yongliang, Zhao Yulong, Dong Zhichao

(Military Study Institution, Air Force Aviation University, Changchun 130022, China)

Abstract: In order to improve the accuracy and the control effect of hydraulic 6-DOF simulation model, the co-simulation was accomplished by using AMESim, Matlab and PID. The result shows that the co-simulation taking the advantage of both AMESim and Matlab received good effect in the simulation of hydraulic 6-DOF, which laid a good foundation in the further study of hydraulic 6-DOF.

Key words: hydraulic 6-DOF; AMESim; Matlab; PID

飞行模拟器是当今军事仿真技术的重要研究领域, 液压六自由度运动平台则是飞行模拟器的重要组成部分。液压六自由度运动平台通过计算机实时控制, 能够向飞行员提供飞机运动的动感信息, 使飞行员的感觉与真实飞行时的感觉相一致^[1], 其运动性能的优劣将直接关系到飞行模拟的逼真度。从力学角度看, 并联六自由度运动系统是一个非线性、强耦合、变参数的多变量系统^[2], 其建模难度非常大。而应用较为广泛的一些仿真软件, 如 AMESim、Matlab、ADAMS 等, 都有各自的优缺点, 从而造成了依靠单一的仿真软件建立的模型得到的仿真结果不尽如人意。

基于 AMESim 和 Matlab 联合仿真技术是近年发展的一项新技术, 它利用 AMESim 和 Matlab 接口技术将两个优秀的专业仿真软件联合起来, 解决了复杂系统建模难度大的问题, 广泛应用于汽车制造、航空航天等领域的仿真研究。为了检验该联合仿真技术在液压六自由度运动平台上的仿真效果, 本文以液压六自由度单通道系统为例, 对 AMESim/Matlab 系统进行数学建模, 获得了良

好的仿真效果。

1 液压六自由度运动平台组成及工作原理

1.1 运动平台组成

液压运动平台由控制计算机、接口系统、液压泵站、液压伺服系统、接口系统等组成, 基本组成结构如图 1 所示。

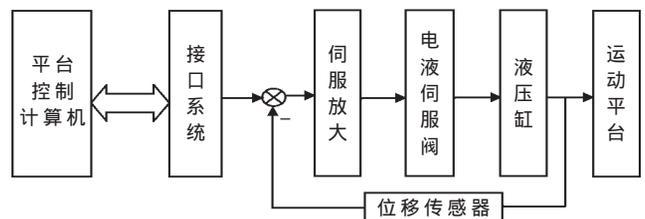


图 1 液压运动平台组成结构图

1.2 运动平台工作原理

控制计算机模拟实时接收飞行方程解算出的与控制运动装置有关的各种信息(也可由实验者直接输入与控制运动装置有关的各种信息)并进行处理, 经 D/A 变换、前置滤波、伺服放大后成为电液伺服阀的输入信号;

技术与方法 Technique and Method

电液伺服阀在液压站的配合下,控制液压缸的进油方向和流量,进而驱动液压缸平滑、稳定地伸缩,实时产生期望的过载、姿态、振动等运动信息;同时液压缸的伸长量还经位置传感器送给比较放大器,形成硬件闭环控制,同时也送给接口系统,通过A/D变换后输入给控制计算机,作为检测和控制信息;液压缸上下腔的压力差也反馈给比较放大器,进行压力补偿,提高控制精度。

2 液压六自由度运动平台联合仿真

由于AMESim软件具有很强的兼容性,同时考虑到Matlab软件具有强大的计算能力以及它与AMESim之间有良好的转换接口,本文选用AMESim对运动平台的各个组成部件进行建模,然后将模型通过接口技术导入到Matlab中,在Simulink环境下进行控制分析。由于篇幅有限,本文以液压六自由度运动平台单通道系统为研究对象进行建模仿真分析。

2.1 AMESim 环境下建模

机电液专业仿真软件AMESim采用面向系统原理图建模方法,便于工程技术人员掌握^[3],其自带的智能求解器能保证运算精度并具有良好的扩展性。图2所示为单通道系统在AMESim中的仿真模型。具体建模步骤如下:

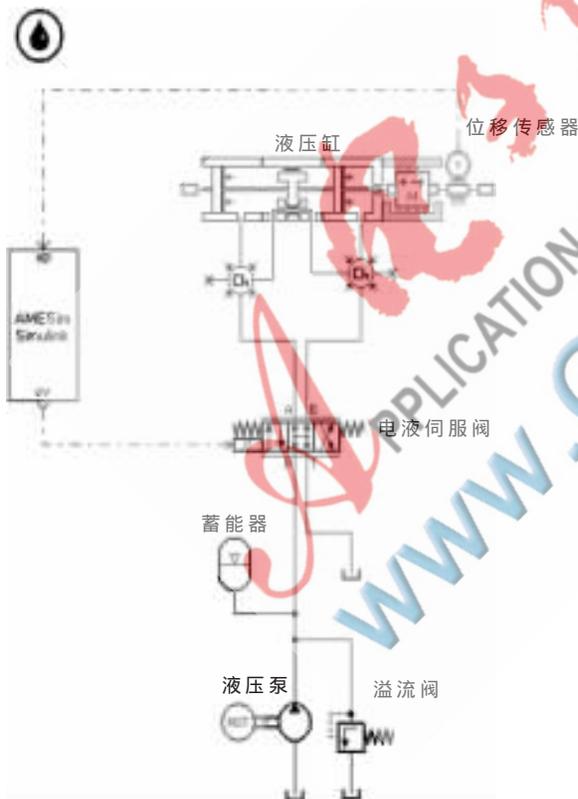


图2 液压六自由度平台单通道系统 AMESim 仿真模型

(1)在AMESim/Sketch mode 模式下根据系统物理构成搭建清晰直观的物理模型;

(2)在AMESim/Submodel 模式下为搭建的物理模型选择子模型;

(3)在AMESim/Parameter 模式下根据实际平台的参

数设置 AMESim 模型参数,具体设置如下:液压缸初始位移 0 mm;活塞直径 100 mm;杆直径 70 mm;质量块 300 kg;黏滞摩擦系数 0.000 1 N/m/s;静摩擦力 0.6 N;安全阀开启压力 21 MPa;汞排量 40 mL/r;转速 1 500 r/min;电机转速 1 500 r/min;伺服阀各通路额定流量 400 L/min;对应压降 3.5 MPa;额定电流 40 mA;伺服阀阻尼比 2;伺服阀固有频率 50 Hz。

2.2 AMESim/Matlab 下系统建模

AMESim 虽然可提高系统建模精度,但在数值处理、控制算法设计方面功能不是很强大;而 Simulink 借助于 Matlab 强大的数值计算能力,在数值计算及控制算法研究方面得到了广泛应用,但在 Matlab 环境下的建模精确度不是很高。采用联合仿真技术将两个专业仿真软件联合起来可取长补短,发挥各自的优势,提高仿真的精确度。

AMESim 与 Matlab/Simulink 的联合仿真通过 AMESim 的创建输出图标功能与 Simulink 中的 S 函数^[4]实现连接,图3为运动平台在 Simulink 环境下的仿真模型。

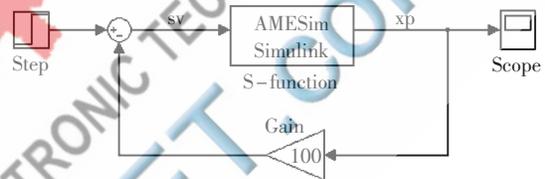


图3 液压六自由度运动平台单通道系统 Simulink 仿真模型

具体实现步骤为:

(1)在 AMESim 中采用绘图模式建立系统模型,并为 Simulink 的控制模块构造一个图标。具体方法为在绘图模式中点击“界面”(Interface)菜单,选择“创建输出”(Create Export Icon)图标,选择输入输出端口数目,定义图标联合仿真界面 SimuCosim 并对此界面进行说明,将模型与界面图标相对应的部分连接起来完成整个模型的搭建。

(2)在 AMESim 子模型模式下为系统各个模块选择合适的子模型并保存。

(3)在 AMESim 参数模式中输入系统各个模块参数。

(4)在运行模式下点击“开始”运行。运行结束即将 AMESim 模型转化为 Simulink 中可以调用的 S 函数。

(5)在 Simulink 中构建控制系统模型,在 S-Function 模块参数设置对话框中设置函数名及生成结果文件的时间间隔。

3 系统仿真分析

在 Simulink 环境下输入阶跃信号,设定仿真周期为 10 s,采样周期为 1 s,联合仿真下液压缸的位移曲线如图4所示。

由图4可知,联合仿真效果良好,系统稳定无超调,但系统上升时间过长(约 8 s 达到稳态)。而上升时间反映了系统的快速性,上升时间越短,控制进行得就越快,系统品质就越好。从图4的仿真结果可以看出,系统动态品质较差,不符合六自由度液压平台实时性要求,需

技术与方法 Technique and Method

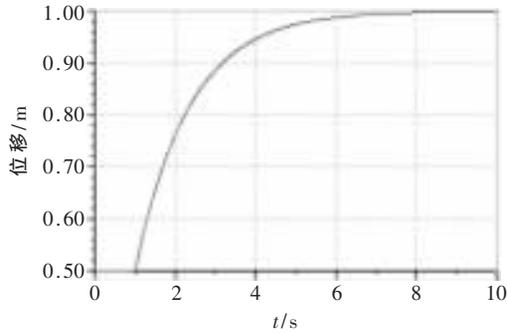


图4 液压缸位移曲线

要对 Simulink 模型做进一步改进。考虑到 PID 控制器具有结构简单、参数物理意义明确、被控对象适应性强、动态和静态特性优良等显著特点^[5],将 PID 控制器添加到联合仿真模型中,在 Simulink 环境下系统的输入信号采用阶跃信号,仿真周期和采样周期保持不变,通过 S 函数编写 PID 控制算法,对建立的模型进行控制,通过反复调试,确定 $K_p=100.32$ 、 $K_i=0.25$ 、 $K_d=4.5$,联合仿真后的液压缸位移曲线如图 5 所示。

由图 5 可知,加入 PID 控制后,系统的调节时间明显减少,约 0.8 s 达到稳态,系统的动态品质明显得到改善,同时保持了较好的稳定性和准确性,达到了预期目的,获得了良好的仿真结果。

利用 AMESim 和 Matlab 联合仿真技术对液压六自由度运动平台进行了建模仿真。仿真结果表明,采用联合仿真技术建立的模型仿真效果好、系统稳定无超调,达到了预期的要求。同时,针对联合仿真环境下模型特点,采用了 PID 控制,有效地提高了系统的精度和动态品质,改善了液压缸的伺服控制效果。

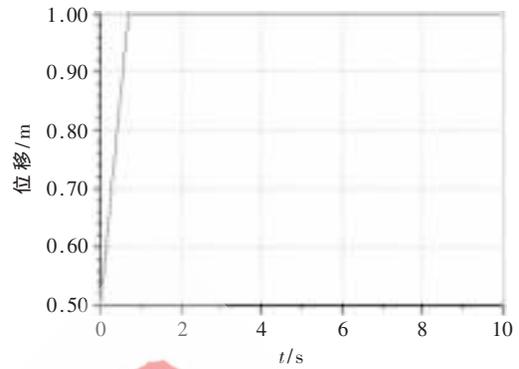


图5 加入 PID 控制液压缸位移曲线

联合仿真技术在液压六自由度平台上的实现为今后的研究打下了良好基础。

参考文献

- [1] 王勇亮,陈蕾.基于 Matlab 的液压运动平台控制系统设计[J].控制工程,2007,14(Z1):145-147.
- [2] 杨灏泉,赵克定,吴盛林.飞行模拟器六自由度运动系统的实验研究[J].系统仿真学报,2004,16(6):1217-1219.
- [3] 李毅,谷立臣.基于 AMESim 仿真的液压系统参数耦合研究[J].液压与气动,2010(11):19-21.
- [4] 江玲玲,张俊俊.基于 AMESim 与 Matlab/Simulink 联合仿真技术的接口与应用研究[J].机床与液压,2008,36(1):148-150.
- [5] 刘金琨.先进 PID 控制 MATLAB 仿真[M].北京:电子工业出版社,2012.

(收稿日期:2012-10-24)

作者简介:

吴健楠,男,1988 年生,在读硕士研究生,主要研究方向:飞行模拟器液压六自由度平台。