

基于 LabWindows/CVI 的电动舵机 自动化测试系统设计

薄志峰

(92941 部队 葫芦岛 125001)

摘要: 舵机是高精度位置控制系统,是飞行器飞行控制系统中的伺服机构。根据电动舵机的测试需求,为实现对电动舵机空载和加载性能的测试,设计了一种基于 LabWindows/CVI 的自动测试系统。详细论述了电动舵机自动化测试系统的硬件、软件和功能组成。该系统应用虚拟仪器、LXI 总线、多线程同步等技术,可以进行多个测试单元的同步测试,准确快速完成电动舵机性能测试。应用结果表明,该系统具有测试精度高、覆盖性广、通用性强、易扩展升级和全程自动化测试的特点。

关键词: 电动舵机;自动化测试系统;LXI 总线;加载平台

中图分类号: TM383 TH73 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.99

Design of the automatic testing system of electric actuator based on LabWindows/CVI

Bo Zhifeng

(CPLA 92941 Unit, Huludao 125001, China)

Abstract: Actuator is a position control system with very high precision, and the servo mechanism of flight control system in vehicle. Based on the test requirements of the electric actuator, an automatic testing system based on LabWindows/CVI is designed for performance test both in idle-loading and loading of electric actuator. In this thesis, the hardware, software and function of the automatic testing system for electric actuator are introduced. With this system, comprehensive performance test for electric actuator could be completed accurately and rapidly, and be designed to perform synchronization test for several testing units by adoption of the technologies of virtual instrument, LXI bus and multithreading synchronization. The application showed that this system has features of high testing precision, wide coverage, strong commonality, easy extended and upgraded, fully automation etc.

Keywords: electric actuator; automatic test system; LXI bus; loading platform

1 引言

随着现代高科技技术的发展,飞行器对其控制系统的要求也越来越高。舵机作为飞行器控制系统的执行机构^[1-3],其性能的好坏直接关系着飞行器的操控特性。根据舵机中信号和能量传递介质形式的不同,可将舵机系统划分为燃气舵机、电液舵机以及电动舵机。近些年来,随着微电子技术、新材料技术、新能源技术、信息技术以及计算机技术的迅猛发展,一系列高性能舵机关键技术的出现为高性能舵机的研发提供了有力的技术支撑。电动舵机以其可靠性高、体积小、质量小、成本低等特点以及优越的储存性、测试性和维修性,越来越广泛的应用到各类先进飞行器中。

传统舵机测试方式主要为模拟方式,这种测试方式存在着技术落后、测试不充分、自动化程度低、测试精度低等问题。设计的电动舵机自动化测试系统以 LXI 总线为核心,应用 LabWindows/CVI、虚拟仪器、多线程同步等技术,可以进行多个测试单元的同步测试,准确快速完成电动舵机性能测试,具有自动化程度高、人机对话友好、测试精度高、通用性强、扩展性好以及维护升级方便等优点。

2 电动舵机测试需求

作为飞行器控制系统的执行机构,电动舵机的舵面在工作过程中除受到正常飞行的动力外,还受到了惯性力和气动力的作用,因此要求电动舵机在承受这些力的同时仍

收稿日期:2015-01

能按照控制系统的指令控制飞行器正常飞行。因此针对电动舵机的测试就要对其静态性能和动态性能分别进行测试。电动舵机主要测试性能如下：

- 1) 传动比和转向；
- 2) 零位误差；
- 3) 灵敏度；
- 4) 输出和输入范围；
- 5) 空载最大速度；
- 6) 负载能力；
- 7) 动态特性。

3 系统硬件结构及原理

3.1 系统硬件原理

系统以 LXI 总线为核心^[4-5]，将主控计算机、电动舵机加载平台^[6-7]、信号处理设备、接口适配器以及通用 LXI 总线模块等有机结合起来，采用数字采集与存储技术、可编程软件控制技术和自适应控制技术组成电动舵机自动化测试系统。自动化测试系统原理如图 1 所示。

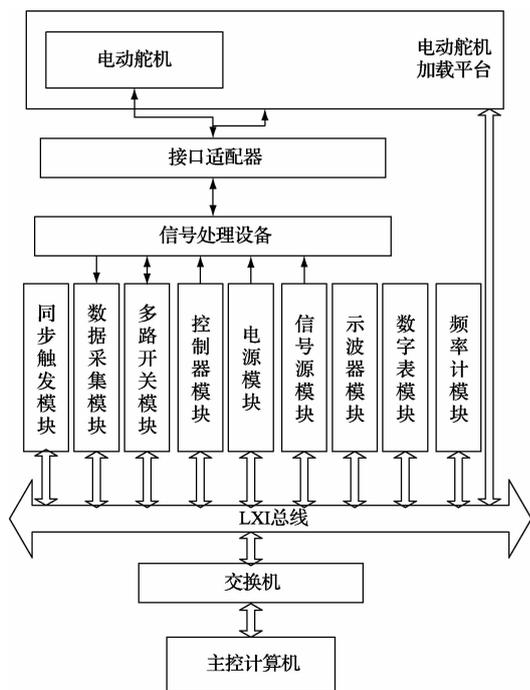


图 1 自动化测试系统原理

主控计算机是整个测试系统的控制核心，它控制着整个系统的运行，管理系统的运行过程，为测试操作人员提供人机对话接口，控制各种 LXI 仪器和设备的运行，将 LXI 仪器设备采集到的反馈信号及数据进行分析处理，判断被测参数是否合格。主控计算机通过电源模块、多路开关模块、信号源模块和控制器模块对电动舵机施加激励，并将由数据采集模块采集的电动舵机反馈信号分发到相应的 LXI 仪器设备和主控计算机上

进行处理和存储。信号处理设备和接口适配器提供电动舵机以及电动舵机加载平台的连接接口，用于连接自动化测试系统，对信号进行变换、处理，自动化测试系统产生的激励信号通过信号处理设备和接口适配器送往电动舵机，反馈信号经过接口适配器和信号处理设备送往测试设备进行处理和存储。

3.2 电动舵机加载平台工作原理

电动舵机加载平台的主要功能是模拟电动舵机飞行中舵面所受的气动力，并将测量的电动舵机及平台中力矩电机反馈信号通过接口适配器和信号处理设备传输到 LXI 总线模块以及主控计算机中进行处理、存储。电动舵机加载平台原理图如图 2 所示。

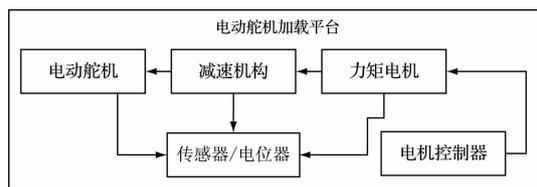


图 2 电动舵机加载平台原理

电动舵机加载平台可以实现对其台上各部件的定位、紧固；可以根据控制指令对舵机进行加载；还可以对相应的反馈信号进行测量和传输。主要由力矩电机及其电机控制器、减速机构、传感器/电位器、电动舵机以及夹具等构成。平台上配置了通用夹具的安装接口，舵机被安装在相应的专用夹具上，因此可以对不同转矩、功率的电动舵机进行加载测试。力矩电机作为平台的主要执行元件，它提供电动舵机测试时的加载转矩。减速机构将力矩电机输出的高转速、低转矩，转换为加载所需的低转速、大转矩。传感器/电位器主要用来测转矩、转速和角位置。

首先主控计算机控制电动舵机启动，并将电动舵机运动曲线转换为控制信号发送给电动舵机，按照同步信号将加载曲线的相应控制信号发送给电机控制器，电机控制器根据此信号控制力矩电机使力矩电机按照要求输出相应模拟载荷，在此期间，主控计算机接收平台返回的反馈信号，供主控计算机进行运行状态判断，以此构成闭环系统来控制转矩的输出，然后实时将反馈信号显示到控制计算机显示界面中。

3.3 电动舵机频率特性测试基本原理

电动舵机的频率特性是指电动舵机在一定幅值和频率的正弦信号的激励下，其输出的幅值和相移。如图 3 所示，主控计算机通过信号处理、传输电路控制信号源和负载对电动舵机施加激励，传感器/电位器将测量的反馈信号通过信号处理、传输电路反馈给主控计算机，主控计算机对这些反馈信号进行处理、存储和判断。

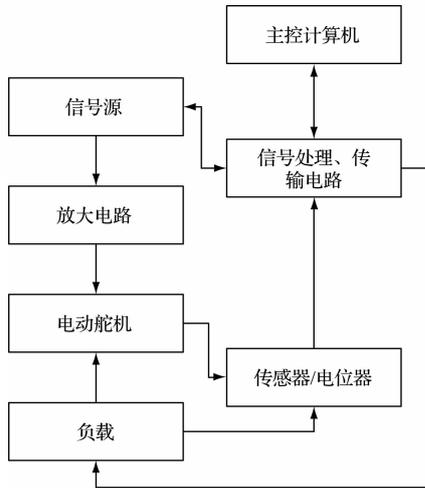


图3 电动机频率特性测试原理

4 系统软件平台设计

系统软件设计采用了虚拟仪器编程语言 LabWindows/CVI^[8-11]，它是美国 NI 公司开发的一套面向计算机测控领域的软件开发平台，它的集成化开发平台、交互式编程方法、丰富的功能面板和库函数大大增强了 C 语言的功能，它为测试、数据采集、过程监控及建立自动测试系统提供了一个理想的软件开发环境。

4.1 系统功能

为了用户能够方便地对系统进行维护和扩展，系统软件设计采用模块化思想。如图 4 所示，系统软件主要包括权限管理模块、测试项目管理模块、自检系统计量模块、标校模块、数据管理模块和故障诊断模块。系统程序通过调用多个相应的功能模块来控制系统的运行，并完成相应的测试任务。

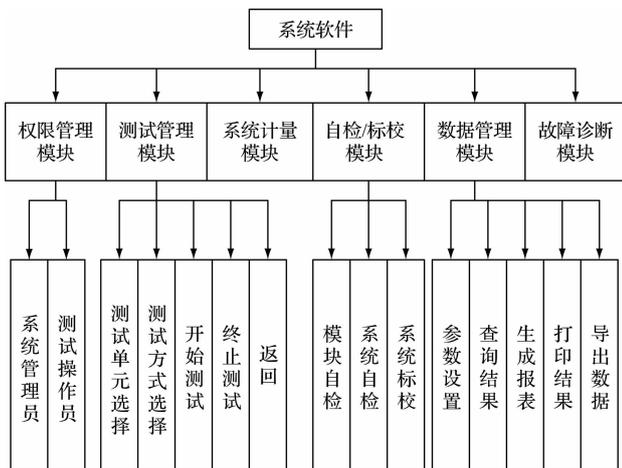


图4 系统软件功能

4.2 主程序流程

系统软件的主程序流程如图 5 所示。系统软件运行

后先进行用户登录，然后根据需要对参数进行设置，参数设置完成后初始化 LXI 仪器设备和电动舵机加载平台，完成初始化后选择测试项目(如传动比和转向、零位误差、灵敏度、输出和输入范围、空载最大速度、负载能力、动态特性以及全部测试等)和测试方法(如单步测试、连续测试等)，然后根据选定的测试方法执行选定的测试项目，采集测试数据并进行处理和存储。测试完成后如选择继续测试则回到参数设置界面，如不继续测试则点击退出按钮退出软件。

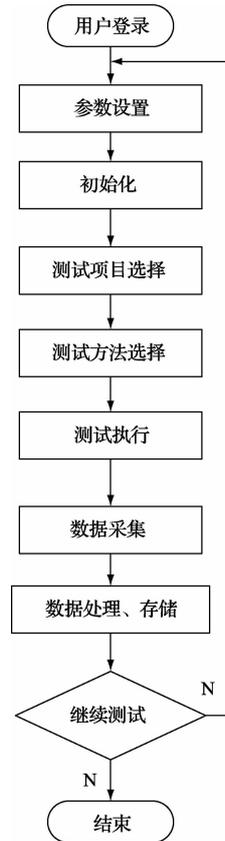


图5 系统软件主程序流程

4.3 多线程技术

电动舵机测试过程中，需要对多路电压、电流信号进行实时采集和显示；也需要实时采集传感器/电位器中的转矩、转速和角位置等反馈信号并进行处理存储及显示；还需要同时对电动舵机和电机控制器进行实时控制。若采用单线程技术进行程序设计则无法实现上述功能，因此系统软件采用了多线程技术^[12]。多线程技术是在操作系统支持某个进程执行多个线程的能力。

系统软件编程设计时，充分利用了 LabWindows/CVI 中的线程池技术。按照测试需求，将系统软件主程序的线程分为人机接口界面控制、指令信号控制、激励信号控制、反馈信号采集、数据处理与存储、数据分析以及实时显示等。将人机接口界面控制设为主线程，将指令信号控制、激励信号控制、反馈信号采集、数据处理与存储、数据分析

以及实时显示等设为次线程。这样多线程同时执行,既加快了系统运行速度,又提高了软件执行效率。

5 系统验证

为了检验所设计的电动舵机自动化测试系统的功能及有效性,使用传统设备和本文设计的自动化设备分别对某型电动舵机进行了5次测试。表1与表2为2种设备对舵机5次测试的测试时间和舵机零位误差对照表。通过对比可知,电动舵机自动化测试系统设计合理、可行,具有测试速度快捷、测试精度高、操作方便、自动化程度高等优点。但是系统中力矩电机智能控制也存在着一些问题,下一步应通过改进控制方法来增强力矩电机的智能控制。

表1 舵机测试时间对照 s

	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次
传统设备	467	455	471	463	478
自动化设备	89	91	90	90	91

表2 舵机零位误差对照 (°)

	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次
传统设备	0.030	-0.039	0.045	-0.041	-0.038
自动化设备	-0.007	0.009	0.000	0.011	0.000

6 结论

采用新技术的电动舵机控制算法复杂,以往对电动舵机的测试方法,不但操作繁杂、精度低下、测试速度缓慢,而且不能真实反映电动舵机的工作状态。利用 LXI 总线构建电动舵机自动测试系统,可以同步对电动舵机及其加载平台进行加载,实现了电动舵机加载平台跟随电动舵机加载曲线同步进行加载并进行信号测量处理的功能,能够反映电动舵机真实的工作状态,系统具有测试速度快捷、测试与控制精度高、操作方便、通用性强、可扩展性强、可靠性高等特点,满足目前电动舵机自动测试的需求,同时能够检验电动舵机的真实工作状态和性能,为后续电动舵机测试方法的研究奠定了基础。

参考文献

- [1] 董福庆,张昆峰,范缜煜.舵机控制器零偏电压的测试分析[J].电子测量技术,2013,36(7):18-22.
- [2] 李凯,袁峰,胡英辉,等.电动舵机减速器扭矩测量误差分析与补偿[J].仪器仪表学报,2013,34(10):2271-2278.
- [3] 王帅,阴玉梅,杨晓霞,等.直流电机型力促动器的控制系统设计[J].电子测量与仪器学报,2014,28(1):48-55.
- [4] 胡龙飙,尹洪涛,付平. LXI 数字多用表设计[J].电子测量技术,2014,37(8):46-50.
- [5] 刘浩,于劲松,周振彪,等. LXI 仪器的通用平台研究[J].电子测量与仪器学报,2012,26(2):95-100.
- [6] 刘宇翔.基于 dsPIC 的舵机负载加载实验平台设计[D].南京:南京理工大学,2011:1-52.
- [7] 柴晓慧.一种大功率电动舵系统负载性及加载装置研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2012:1-48.
- [8] 张琪,侯加林,闫银发,等.基于虚拟仪器的电路板故障检测与诊断系统的研究[J].电子测量与仪器学报,2011,25(2):135-140.
- [9] 张持健,陈航,李辉,等.分布式仪器终端和虚拟仪器技术集成的智能测量分析控制系统[J].国外电子测量技术,2014,33(10):76-79.
- [10] 陈明亮,蔡卫平,古建平,等.基于 LabWindows 的数字多用表自动校准系统[J].国外电子测量技术,2012,31(11):61-63.
- [11] 庞丽娟,陶小亮.基于 LabWindows/CVI 的测试设备设计与研究[J].国外电子测量技术,2014,33(6):78-81.
- [12] 郭峰,龙兵,戴志坚.多线程同步技术在逻辑分析仪软件开发中的应用[J].电子测量技术,2011,34(11):48-50,54.

作者简介

薄志峰,工学学士,工程师。主要研究方向为仪器与测试技术。

E-mail:393153330@qq.com