

# 执行机构测试技术的应用

## Application of Actuator Testing Technology

中航工业昌河飞机工业(集团)有限责任公司 黎庆波

**[摘要]** 本测试系统采用虚拟仪器技术和模块化设计思想,硬件设计集成了多种功能模块,实现了执行机构外部工作环境的数字模拟,建立了相应的测试电路。软件以 LabWindows/CVI 为开发平台,利用其图形化的软件界面和丰富的数字信号处理库,实现了执行机构各项性能指标的综合测试。

**关键词:** 执行机构 测试 虚拟仪器

**[ABSTRACT]** The testing system uses virtual instrument technology and module designing thoughts, the hardware design includes various functional modules, the digital simulation of actuator work environment is realized, and the relevant testing circuit is established. The development platform is LabWindows/CVI, the comprehensive testing of actuator performance index is realized by using graphical interface and digital signal processing library.

**Keywords:** Actuator Testing Virtual instrument

执行机构是某型直升机旋翼转速控制系统的执行环节,安装在油门操纵连动系统上的油门环和总距油门补偿机构之间,它在被旋翼转速控制系统驱动后,使传动拉杆产生线性位移,带动油门操纵连杆,使发动机油门增大或减小,即使发动机的输出功率增加或减少,旋翼转速便向增加或减小的方向变化。作为某型直升机发动机油门自动控制的重要部件,在飞行过程中,无论处于什么飞行状态,其最佳旋翼转速是一定的。执行机构用于某型直升机任何飞行状态下,将旋翼转速调节到特定转速上,即使是在一台发动机停车时,也能达到稳定旋翼转速的目的。通过执行机构测试系统对执行机构进行装机前的校验,可提前发现故障件,消除故障隐患,保障直升机的出勤率及可靠性。

### 1 执行机构组成及校验技术指标

旋翼转速控制系统的执行机构是一个直流电动机,主要由永磁式直流电动机、减速齿轮、传动装置、位置传感器、极限微动开关及机械止动点组成。其中传动装置将直流电动机的旋转运动转换成拉杆的直线运动,实现发动机油门调节功能。

校验技术指标如下:

- (1) 消耗电流:  $\leq 2A$ ;
- (2) 机械行程: 输出轴的工作行程应为  $(2.0 \pm 0.1)$  mm;
- (3) 位置传感器输出:  $0\sim 800\Omega$  连续变化;
- (4) 空载起动电压:  $\leq 9V$ 。

### 2 测试系统的硬件组成

本测试系统对执行机构的外部工作环境进行了数字模拟,利用模块化设计思想,实现了制动力的产生、闭环受力测量、数字位移测量等功能模块设置。系统由工控机、匹配箱、综合测试板、通信接口等功能模块组成。匹配箱实现制动力控制、电机启动、动态采集执行机构及位移传感器位置、检测负载等功能。

#### 2.1 功率驱动模块

(1) 功率驱动模块的具体任务是: 输出  $0\sim 26V$  可调直流电压,为电磁制动器提供控制信号,实现  $20\sim 500N$  制动力输出。

(2) 动态测量执行机构的机械行程。主控制器通过串行接口给 12 位 D/A 转换器发送转换指令,得到模拟量的输出信号,经过运算放大器的调零和幅值放大得到  $0\sim 26V$  的电压信号,经过三极管放大输出  $\leq 2A$  的可调直流电源。

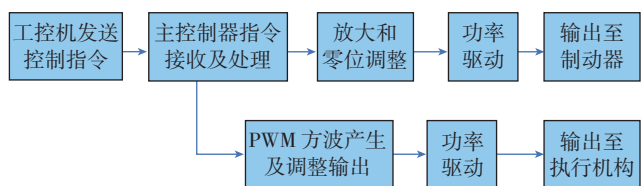


图1 驱动电路工作原理  
Fig.1 Working principle of drive circuit

#### 2.2 模拟量采集电路

模拟量采集电路的具体工作任务包括:

- (1) 自动连续采集输出电压、负载电流等参数;
- (2) 闭环测量负载力大小、执行机构活动部件的位置、外部机械位移;
- (3) 拖动器的开关换相控制;
- (4) 拖动器所加负载力的测量,采用 A/D 转换模块

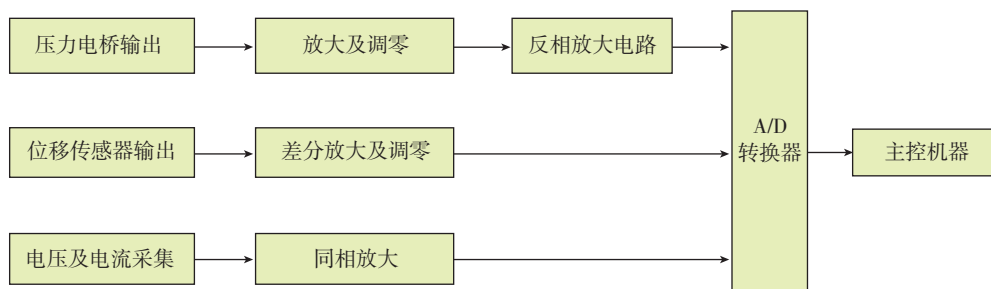


图2 数据采集原理框图  
Fig.2 Principle of data acquisition

进行多路分时采样,电路中设计多种信号变换电路,可以直接将 DC 0~30V (直流电压测量)、DC 0~10mV (负载力测量)、DC 0~5V (位置测量)、DC 0~5A (消耗电流测量)等模拟信号调理到标准信号范围进行测量。

主控制器根据上位机的不同指令执行不同的动作,将相应电压、电流等数据通过总线发送至上位机。

### 3 测试系统的软件组成

测试系统由工控机测试软件组成。工控机测试软件采用 LabWindows/CVI 设计,综合了图形化测试开发平台和标准化平台的优点,开发程序效率高、可靠性好;软件拥有丰富的数字信号处理库函数,界面设计方便灵活,满足测试系统软件的测试要求。该系统的软件组成框图如图 3 所示。

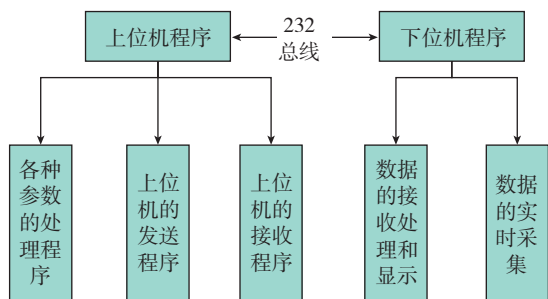


图3 系统软件组成  
Fig.3 Compositions of system software

工控机测试软件控制开关脉冲、模拟电源的自动切换,完成数据的接收、处理、显示、存储以及报表输出等工作。软件开发采取分层设计,分为主程序控制层、测试交互层、数据处理层、仪器驱动层。仪器驱动层针对不同的硬件编制相应的驱动程序函数库,其完成 I/O 硬件接口与处理层的连接,是实现高层软件与硬件相连的重要保证。数据处理层在后台对用户的操作进行解析计算,将控制字送给硬件驱动层,同时实现数据的采集控制、信号的分析与处理、数据的管理、标定程序、测试报告生成等。测试交互层完成人机界面交互,响

应用户的操作,完成数据的显示及报表的打印等功能。主程序控制层用于组织各部分协调工作,共同完成测试任务。

主要功能模块如下:

(1)系统主控程序:完成对各程序模块的控制和协调;

(2)数据采集程序:完成测试系统中电压、电流、负载力、位置的实时采集及显示;

(3)制动器电压输出控制程序:完成制动力大小的调节控制;

(4)测试结果分析程序:完成测试结果判定;

(5)数据存储程序:完成硬件标定参数的存储,并对各步骤的测试结果自动存入报表中,实现报表打印。

### 4 应用场合及发展前景

通过执行机构测试系统对执行机构进行装机前的校验,已消除执行机构机械行程超差、卡滞、极限位置微动开关不转换及位置传感器失效等故障,有效地保障了某型直升机旋翼转速控制系统的可靠性、安全性及出勤率。

执行机构测试系统具有自动化程度高、操作界面友好等优点。实现了测试环境的集成化、数字化模拟及测试。采用数字 PWM 模式、精密位移测量等模块,实现了执行机构外部工作环境的计算机模拟,使得系统结构紧凑,便于维护。该测试系统完全替代了基于传统分立式专用测试系统,解决了传统测试平台使用设备多、操作不方便的缺点。由于测试系统中自检测功能的应用,使得测试系统具有较高的可靠性。

执行机构测试系统的设计方法可应用于直升机电气、仪表、飞控等系统的机载成品校验设备的研制,实现机载设备的自动测试,提高直升机的总装效率,保证直升机型号的科研生产任务按节点有序进行及外厂飞机故障的快速诊断。

### 5 结论

该测试系统采用虚拟仪器技术和模块化设计思想,通过数字量输出,实现制动器和执行机构控制、位移测量等功能模块,完成了执行机构外部工作环境的计算机模拟,实现了测试环境的高度集成及自动测试。

(责编 亿霖)