

直线扳动航空开关疲劳测试系统设计与开发

沈亦纯, 周志峰

(上海工程技术大学 机械工程学院, 上海 201620)

摘要: 直线扳动航空开关是一种重要的航空元器件, 出厂前必须进行疲劳寿命等性能测试; 国内相关测试系统存在功能单一、自动化程度低、通用性差等不足, 直接影响着测试效率和精度; 本文在分析开关疲劳测试原理和规范的基础上, 设计了机械执行结构和测控系统, 开发了相应的 labview 测控软件, 实现了测试的自动化, 提高了测试效率和精度; 通过了委托单位技术中心的验收并交付使用, 具有良好的应用前景。

关键词: 航空开关; 疲劳测试; 计算机测控; Labview

Design and Development of Fatigue Test System for Linear Air-lift Switch

Shen Yichun, Zhou Zhifeng

(Dept of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: Linear air lift switch is an important aviation component, it must be tested for fatigue life and other performance parameters before rolling out. There are some problems in the domestic relevant test system, such as single function, low degree of automation and poor universality, which directly affect the test efficiency and precision. Based on the analysis of the principle and specification of the switch fatigue test, this paper designs the mechanical execution structure and the measurement and control system, which develops labview, the corresponding control software. It realizes the test automation and improves the test efficiency and precision. Through the commissioned by the technical center of the acceptance and delivery, has a good application prospects.

Keywords: aviation switch; test system; computer measurement and control; Labview

0 引言

直线扳动航空开关是一种重要的航空元器件, 广泛应用于航空领域中驾驶舱、控制台和辅助控制面板等方面, 实现电路的接通或断开。扳动开关对控制电路以及控制系统正确动作起着非常重要的作用, 出厂前必须对开关的接触电阻、疲劳寿命等性能参数进行检测。目前对开关进行疲劳寿命测试主要以按压式开关为主, 蒋媛媛^[1]针对按钮型低压开关设计了机械执行装置, 基于 labview 和 PLC 开发了测控系统, 实现了该类型开关的疲劳寿命测试。龙林^[2]等基于工控机和 PLC 开发了接近开关操作频率智能测试平台, 对接近开关的响应频率进行测试。张海涛^[3]等从电路、机械结构、软件等方面入手, 设计了一种电动工具开关寿命测试系统。唐静^[4]设计了一种键盘开关寿命试验机, 模拟手指按压键盘开关的操作状态, 测试开关的真实寿命。

国内针对直线往复扳动的航空开关测试系统较少, 现有少量的疲劳测试系统普遍存在着功能单一、自动化程度低、通用性差等不足, 数据的测量和记录大多依靠人工, 效率低、工作强度大, 直接影响着测试效率和精度。本文在分析直线扳动航空开关测试原理和规范基础上, 进行机械执行机构、测控系统和测试软件等设计和开发, 研制一种稳定可靠、自动化程度高的测试系统, 为我国航空电器开关测试提供一种有效、可靠、

高效的测试系统。

1 测试原理和规范

航空开关外形示意如图 1 所示, 其中内部机构由开关手柄、自动回弹的弹簧和触点等部分组成。当开关手柄处于中间时, 表示为断开状态; 当开关手柄向前端“ON”位置扳动时, 表示为接通状态; 当开关手柄向后端“OFF”位置扳动时, 表示为停止状态。开关底部有若干接线端子, 用于连接固定电路电缆。测试原理比较简单, 把开关接入测试回路, 测量接通时开关两端的电压降, 由于测试回路的电流是已知固定的, 这时可以计算出开关的接触电阻, 因此开关两端的电压降是最主要的测试参数。测试规范也比较简明, 就是以一定频率扳动开关, 实现开关的接通/断开, 测量开关接通时两端电压降信号, 在规定的测试次数内, 如果电压降大于测试规范规定的数值, 就可判定该被测开关已失效, 这时报警或停止测试。

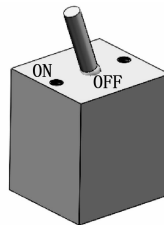


图 1 开关外形示意

根据测试原理和规范, 可以看出整个开关疲劳测试系统要有机械执行机构和测控两部分组成, 其中机械执行机构的主要功能是按照一定的频率, 模拟人工自动扳动开关, 实现开关的接通/断开; 测控部分的主要功能是自动采集开关接通时两端的电压降信号, 同时按要求控制机械执行机构的动作频率, 调

收稿日期: 2017-07-18; 修回日期: 2017-08-31。

作者简介: 沈亦纯(1994-), 女, 上海人, 硕士研究生, 主要从事计算机测控方向的研究。

周志峰(1976-), 男, 江苏常州人, 博士、副教授、硕士生导师, 主要从事计算机测控、图像测量、信号处理方向的研究。

整开关接通/断开的频率,并同时开关测试次数进行计数。

2 机械执行机构设计

测试系统机械执行机构采用 solidworks 设计,主要由框架、驱动、推杆、拨叉、开关安装板、电机及减速器等组成,其中电机和减速器为特殊定制,能在 $-60 \sim +90$ °C 温度范围能正常工作,执行机构三维装配如图 2 所示。拨叉和推杆之间通过铰链连接,为保护开关手柄,用尼龙加工成半圆形状,并把该尼龙半圆安装在推杆最前端。开关安装板有 5 个工位,可同时测试 5 个同类型开关。

根据设计要求,开关测试频率 5~20 次/分钟,即开关每分钟闭合 5~20 次,电机额定转速为 3 000 转/分钟,减速器输出的额定转速为 20 转/分钟,通过控制电压调整电机转速,经减速器减速后实现 5~20 转/分钟。通过离合器带动执行机构的主轴旋转,根据开关扳动行程,设计凸轮的的压力角和外形轮廓,并把设计的凸轮安装在主轴上,通过凸轮机构将主轴转动转化成拨叉摆动,带动推杆前后水平移动,实现对开关的拨动和复位。

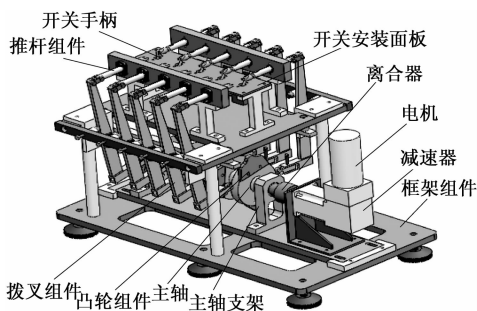


图 2 机械执行机构三维图

3 测控系统设计

测试系统主要由工控机、可编程直流电源、数据采集卡、直流电机、自研调理电路板等组成,如图 3 所示。其中工控机为控制核心,通过 RS232 通讯方式控制程控电源的输出,控制电机转速,经过减速器后驱动机械执行机构,实现开关的闭合或断开。数据采集卡采用凌华 PCI-9114 多功能板卡,当开关闭合时两端电压降信号经过隔离放大后进入数据采集卡,同时开关闭合/断开的动作经过调理电路板处理后变成方波信号,作为计数触发信号,实现开关测试的计数。

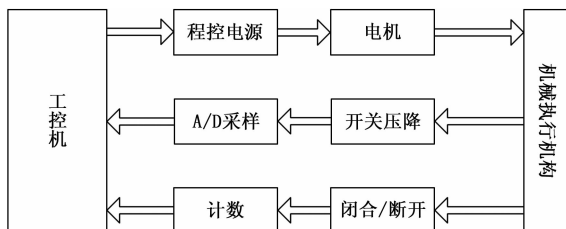


图 3 测控系统框图

根据委托单位测试规范,原开关疲劳寿命测试回路较简单,由 27 V/15 A 的稳压电源、模拟负载 R 和被测开关组成,如图 4 中的虚线框所示。当开关闭合时回路中 15 A 的电流通过开关,考虑开关的接触电阻,这时开关两端有几毫伏到几十毫伏的电压降。测试人员根据开关总闭合次数和每分钟闭合次

数,可以估算出完成一次疲劳寿命测试所需的时间,例如总次数为 8 000 次,开关闭合 10 次/分钟,则完成该开关的疲劳测试需要 800 分钟,经过 800 分钟后测试人员用毫伏表测量开关闭合时两端的电压降,如果该电压降大于某一设定阈值,则判定开关失效。这种测试方法主要弊端有:1) 计算和测量完全依靠人工,工作强度大;2) 测试过程数据没有记录和保存;3) 开关测试次数不精确,测试过程中由于电压波动等因素,开关每分钟闭合次数并不恒定,按总时间估算得到的开关闭合总次数并不精确;4) 有的开关没有达到设定测试次数之前就失效了,这时再按设定次数继续进行测试就是一种浪费,没有必要继续往下测试。

当开关断开时,电源的 27 V 电压就加在开关两端,这时开关两端的电压降就是电源电压 27 V。一般的模拟信号采集卡最大输入范围为 $-10 \sim +10$ V,如果把 27 V 直接加在采集卡输入端,则会损坏采集卡。因此,需要设计电流检测和采样触发电路,当测试回路中有电流通过时,产生触发信号通知数据采集卡进行信号采样。系统测控原理如图 4 所示,在测试回路中串入电流检测传感器(该传感器的内阻很小,一般为 0.01 或 0.001 欧姆,对测试回路的电流影响很小),当开关闭合时测试回路有电流,这时电流传感器检测到电流,经调理电路处理后变成高电平;当开关断开时测试回路无电流,这时电流传感器检测不到电流,经调理电路处理后变成低电平。这时开关的闭合/断开动作变成高低电平信号,该信号作为触发信号控制采样通道上模拟电子开关的闭合/断开,闭合时开关两端的电压降信号经过隔离放大处理电路变成 0~10 V 的信号,进入模拟信号数据采集卡;断开时被测开关两端 27 V 的电压降就不会加到数据采集卡上,这样就达到保护采集卡的目的。该信号作为 A/D 采样启动信号,当检测到上升沿(电平由低到高)时,说明这时被测开关闭合,启动数据采集卡 A/D 转换,进行开关两端电压降信号的采集。同时该信号作为计数信号,对开关闭合次数进行计数。

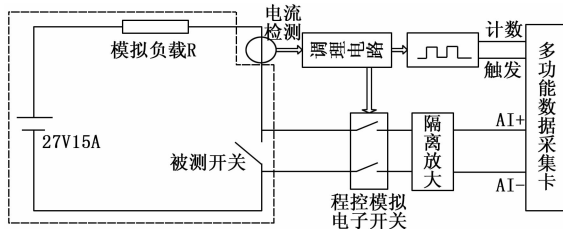


图 4 测控原理

4 软件系统设计

开关疲劳寿命测试系统采用模块化编程思想,从用户所需功能出发,测试软件按功能模块划分为:电机控制模块、计数模块、数据采集模块、图形显示模块、数据存储模块等,各模块功能如下:

1) 电机控制模块,按照程控电源的通信协议,通过 RS232 和程控电源通信,改变程控电源的输出电压,实现电机的转速控制,从而满足开关测试频率的需求。

2) 计数模块,根据触发信号对开关测试次数进行计数,开关每扳动一次,实现一次计数,在对应位置显示开关总测试次数,当测试次数达到预设次数时,系统自动停机。

(下转第 10 页)