

·结构与工艺·

## 一种机载航电设备测试系统设计方法

李佳洛

(中国电子科技集团公司光电研究院,天津 300308)

**摘要:**针对某机载航电设备基本功能和主要技术指标,设计了一套测试系统。阐述了测试系统的总体设计、硬件设计和软件设计。硬件设计为本测试系统功能实现的关键,对激励信号产生、故障信息注入、数据采集功能模块进行了详细论述。对软件功能模块划分及工作流程进行了说明。该测试系统已应用于机载航电设备的调试、交付验收、故障排查。经过使用后表明,测试设备的软/硬件设计合理、自动化程度高、工作稳定可靠,提高了测试效率,节约了人力资源。

**关键词:**机载航电设备;测试系;激励信号;故障注入;数据采集

中图分类号:TN702

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2018)-01-0066-05

## Design Method of Airborne Avionics Equipment Test System

LI Jia-luo

(Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300308, China)

**Abstract:** According to the basic functions and main technical characteristics of a certain airborne avionics equipment, a test system is designed. The overall design, hardware and software of the test system are described. The hardware design is critical to realize the function of the test system. The function modules of excitation signal generation, fault information injection and data acquisition are discussed in detail. The classification and work flow of the software function modules are described. The test system has been applied to the debug, delivery acceptance and troubleshooting of the airborne avionics equipment. It shows that the test system has the reasonable design software and hardware, high automation, stable and reliable work in application, which improves the test efficiency and saves the human resource.

**Key words:** airborne avionics equipment; test system; excitation signal; fault injection; data collect

随着航空技术的进步,机载航电设备向数字化、综合化、自动化、智能化的方向快速发展。因此需要进行完整、细致测试,确保交付的产品工作正常、可靠<sup>[1]</sup>。

机载航电设备测试系统是为高效、精确的实施机载设备检测,保障其可靠工作而建立的一种测试系统。本文针对某机载航电设备实际测试需求,设计了一套测试系统,能模拟机载航电设备实际应用环境,满足产品在调试、交付试验、验收、系统联试、故障排除中的测试要求,提高测试效率,避免测试

设备重复带来的资源浪费,节约了人力资源<sup>[2]</sup>。

### 1 系统总体设计

#### 1.1 机载航电设备测试需求

建立一个平台为机载航电设备提供电源,模拟实际应用环境,能够施加激励信号和进行故障信息注入,并对设备功能及性能参数进行测试,将测试结果进行保存和显示,从而对机载航电设备的各项技术参数、性能指标作出评判<sup>[3]</sup>。

## 1.2 总体设计方案

文中所设计的测试系统是对某机载航电设备进行测试和维护的专用设备。通过上位机显示器模拟飞机综合显示设备,开发专用测试软件,结合测试按钮,完成激励信号产生、故障信息注入、产品输出信号的采集和测量,并对测试数据进行计算和解析,从而实现产品的技术参数指标测试及故障排查定位。

其中激励信号产生、故障注入和数据采集,是实现测试系统整体功能的关键技术。为此设计和定制了激励信号生成功能模块、故障信号注入功能模块和数据采集功能模块。

## 2 硬件设计

测试系统所有测试资源集成在1台机柜中,机柜分为上下四层,配备相应的安装导槽及紧固装置,主要由供电转换及功率控制部件、产品安装托架及测试电缆、功率脉冲信号检测装置、激励信号生产/故障信息注入/数据采集功能板卡、上位机及显示器组成,组成框图如图1所示。

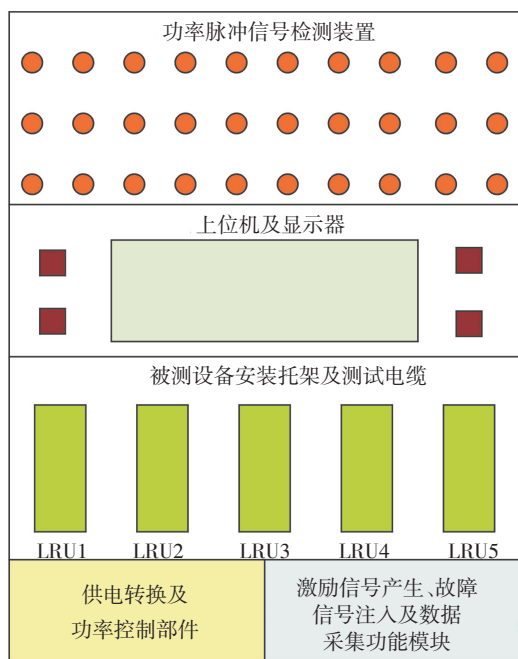


图1 测试系统组成框图

### 2.1 供电转换及功率控制部件

该部件输入电压为AC220V,设计了固态功

率控制器(SSPC),组成框图如图2所示。

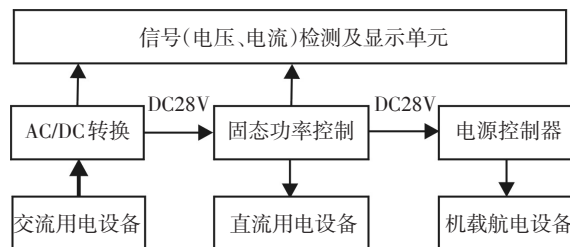


图2 供电转换及功率控制部件

主要功能如下:

(1)为测试设备提供工作电源,同时对被测试设备的功耗进行实时监测,对测试系统和被测机载航电设备用电情况进行显示;

(2)模拟飞机供电特性,能够实现飞机型号要求的供电兼容性试验方法中关于负载特性、正常瞬态电压极限、电压脉动、正常电压瞬变、电压尖峰、供电转换中断等试验项目,以验证被测设备电源适应性是否满足要求。

### 2.2 激励产生/故障注入/数据采集功能模块

三个模块的设计是测试系统的核心部分。本设计通过信号中枢(适配器)实现上位机与被测设备的数据交换,集中管理测试信号的输入和输出、提供与被测设备相匹配的电缆接口<sup>[4]</sup>。集成的信号类型主要有交流/直流电源、RS-422/1553B总线、数字逻辑信号、模拟信号,高压、大电流或特殊功能信号单独处理。组成框图如图3所示。

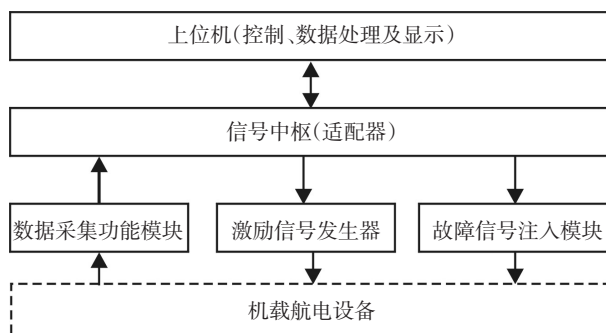


图3 激励/故障注入/数据采集组成框图

#### 2.2.1 激励信号产生

测试时引入对应的激励信号是全面检测机载航电设备功能的必要条件,被测机载航电设备完成

功能测试需要5路离散输入信号(DC28V有效或者接地有效)、8路RS-422总线信号和1路1553B总线信号。

模块通过继电器、数字开关、模拟开关等电路实现将上位机指令转化为项匹配的控制信号。通过预先设置操作流程,按顺序产生相应的激励信号,并反馈激励信号注入的正确性。测试不需人工手动操作,实现一键测试功能。自动化程度及测试的规范性、稳定性较高,对测试结果的判别不会因测试人员不同而有所差异<sup>[5]</sup>。

## 2.2.2 故障注入

故障注入采用人为引入故障的方法加速被测系统失效,基本原理是根据产品故障模式及危害度等级,建立故障模式库,通过硬件接口进行模拟,然后向被测系统进行故障注入。通过比较被测设备在出现故障之后的行为来对BIT诊断能力进行验证<sup>[6]</sup>。

机载航电设备主要故障模式包括:电源供电故障、电源转换故障、设备短路故障、120路功率脉冲输入通路开路/短路故障、RS-422通讯故障、1553B通讯故障等,主要故障模式及故障注入情况如表1所示。

表1 主要故障模式及故障注入参数列表

主要故障模式	电源供电	电源转换	设备短路	功率脉冲输入通路 开路/短路	RS-422通讯	1553B通讯
故障注入实现方式	控制继电器 断开输入电 源线	控制继电器断 开DC/DC输出 电源线	接通低阻抗电 子负载	大功率多路输出开 关短接	禁止差分通讯芯片发 送/接收使能信号	禁止1553B输出 控制芯片使能端
故障持续时间	持续	持续	5 s	100 ms	持续	持续
故障注入次数	1次	1次	1次	1次	1次	1次
故障检测方式	数据(电压) 采集	数据(电压) 采集	数据(电流互) 采集	数据(TTL电平) 采集	上位机显示	上位机显示

## 2.2.3 数据采集

数据采集功能实现方式如下:

(1)设计了32路16位A/D采集通路,量程范围0~50 V,采样频率高达100 kHz,分辨率为12位,对交/直流工作电源功耗、机载航电设备内部二次电源的电压、120路功率脉冲信号、功率器件管压降(损耗)和漏电流、其他易损关键器件的运行情况进行实时测量和监控,通过适配器发送至上位机;

(2)设计了8路数字离散量信号采集电路,量程范围0~50 V,对机载航电设备测试端口输出的离散信号进行实时状态监控,通过适配器发送至上位机;

(3)设计了8路RS422/232电气接口,对机载航电设备测试端口维护RS422/232端口数据进行实时状态监控,通过适配器发送至上位机;

(4)设计了定时/计数器,对功率脉冲信号的触发次数及持续时间进行测量,通过适配器发送至上位机。

## 2.3 功率脉冲信号检测装置

功率脉冲输出是被测机载航电设备的主要功

能,为了更直观和精确的对其进行测量,除了通过数据采集功能模块实现外,设计了功率脉冲检测装置。主要由数字信号检测电路、数字信号处理电路(CPLD)和状态指示灯组成。状态指示灯选用双色LED,当检测到的为大功率脉冲信号时,指示灯显示为兰色,当检测到的为小功率脉冲信号时,指示灯显示为红色,兰色优先级高于红色。

功率脉冲信号检测装置设计电平检测电路直接与120路被测通路负载端相连,功率脉冲信号经信号转换送入数字信号处理电路,通过计算分析,输出控制信号,控制LED指示灯的工作状态。

## 2.4 上位机和显示器

上位机和显示器是测试系统的控制中心,模拟真实使用环境下的中心任务机和综合显示设备功能。完成测试流程的控制、数据采集结果的处理,并对被测产品的检测结果进行显示和保存<sup>[7]</sup>。

## 3 软件设计

测试系统软件采用模块化设计,主要包括:系

统初始化及自检模块、测试管理模块、激励信号注入模块、故障注入模块、故障综合分析及诊断模块、测试数据报表生成及显示和保存模块<sup>[8]</sup>。

测试系统先提供激励后进行测量,工作流程为:首先初始化测试系统,调用系统自检模块,检查系统电源及各测试模块功能是否正常;根据任务性质(维护自检、交付测试)选择测试管理模块,启动相应的测试程序,最后通过数据采集功能模块,对数据进行解析和计算后进行显示和保存<sup>[9]</sup>。软件工作流程图如图4所示。

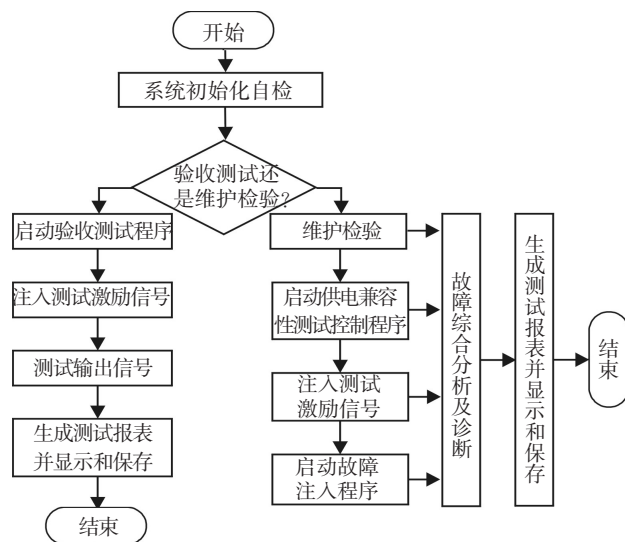


图4 软件工作流程图

(1)系统自检模块是测试软件的重要组成部分,主要完成系统组成检查、各模块自检,提示使用人员对测试系统进行维护;

(2)测试管理模块对操作进行分类管理,以提高系统响应能力;

(3)激励信号注入模块根据机载航电设备操作流程,设置相应的操作时序,对激励信号的注入进行管理,以实现自动测试功能;

(4)故障注入模块能够将系统置入到一个真实的故障条件下(例如:按钮失效,负载短路等等)来测试响应。经过对某机载航电设备故障模式及危害度分析,筛选出关键测试项(离散开关、总线报文等),有针对性地进行手动及自动的电子故障注入测试,检验机载航电设备是否能够合理得处置故障情况;

(5)故障综合分析诊断模块主要对各通道的测试结果进行综合分析判断,最终确定故障组件。

它是独立于测试程序并嵌入到测试程序中的应用程序在完成测试后,若某一测试结果与标称值不符合则置相应的故障标志位,测试主程序检测到这一故障标志位将调用故障诊断程序<sup>[10]</sup>;

(6)测试数据报表生成及显示和保存模块,主要用来将测量的数据按要求生成报表(可打印),调用上位机显控软件进行显示。故障注入流程图如图5所示。

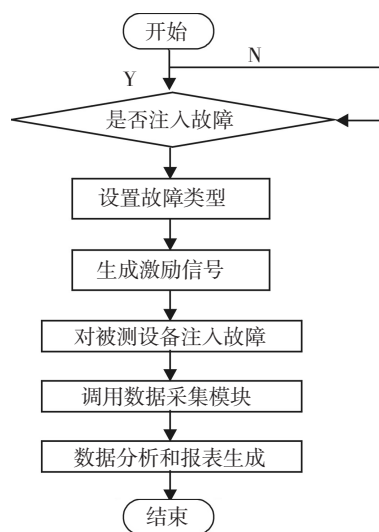


图5 故障注入流程图

#### 4 验证结果分析

依据研制要求,系统的测试项目涵盖了某机载航电设备的全部功能/性能指标,目前测试系统样机已完成研制,以人工测试做对比进行验证,测试系统的工作效率是人工方式的数十倍,并且测量误差范围更小。测试系统的应用,有效提高了生产效率,节约了人力物力,提高了原始数据的准确性,工作实用性得到了一致认可,并且得到了推广。

#### 5 结论

以某机载航电设备测试系统研制为背景,设计了一套测试设备,通过设备自检和故障注入,对该航电设备的离散量信号、模拟量信号、RS-422总线信号以及1553B总线信号等进行测试,并将该故障隔离到内场可更换单元、关键功能电路/元器件。测试系统已应用于产品调试和交付验收,自动化程度较高,极大地提高了测试效率,节约了人力资源。

## 参考文献

- [1] 田雨,陈光禹.电子系统通用测试平台的研究与实现[J].测控技术,2004,23.
- [2] 黄考利.军用自动测试系统(ATS)体系结构及智能故障诊断方法研究[D].南京:南京理工大学,2004.
- [3] 朱万年.智能化机内测试验证系统的设计与实现[J].航空电子技术,1988,93(4).
- [4] 徐小良.自动测试系统的面向对象框架开发方法研究[D].杭州:浙江大学,2003.
- [5] 雷廷万,何朝阳.综合测试技术通用性研究与应用[J].

测控技术,2007.

- [6] 刘君华.现代检测技术与测试系统设计[M].西安:西安交通大学出版社,1999.
- [7] 宋东,马飞,王传清.一种电子系统测试模型的研究与应用[J].电子测量与仪器学报,2010,24(9):853-859.
- [8] 蔡福喜,黄大贵.基于模块化设计思想的测控系统框架设计[J].测控技术,2009.
- [9] 朱万年.智能化机内测试验证系统的设计与实现[J].航空电子技术,1988,93.
- [10] 陈长龄,田书林,师奕兵,等.自动测试及接口技术[M].北京:机械工业出版社,2005.

(上接第35页)

## 5 结 论

结合异步采样技术和GRNN提出一种针对OSNR、CD的监测方法,该方法实现简单、可靠,运行效率高,适用于大量数据的处理。通过该方法实现了对OSNR和CD的监测,其中OSNR监测结果主要受CD的影响较大,而CD监测结果会同时受到CD和OSNR的影响,OSNR和非线性相关,传输距离增加是累积的非线性和CD会影响CD的监测结果。

GRNN网络的训练过程是通过训练样本和光滑因子决定的,这影响GRNN网络预测精确度和范围,可以对接收信号提取和光滑因子进行优化,对数据特征量通过其他方案进行量化或采用其他优化算法,例如遗传、粒子群等对训练样本和光滑因子进行优化,通过这些方法对该方法进行改进。

## 参考文献

- [1] 赖俊森,杨爱英,孙雨南. Multiple-impairment monitoring for optical duobinary system based on delay-tap asynchronous sampling[J]. 北京理工大学学报(英文版), 2013, 22(2):246-249.
- [2] Specht D F. A general regression neural network[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1991, 2(6):568.
- [3] Dods S D, Anderson T B. Optical performance monitoring

technique using delay tap asynchronous waveform sampling[C]//Optical Fiber Communication Conference, 2006 and the 2006 National Fiber Optic Engineers Conference, 2006.

- [4] Kowalczyk A, Hewitt D, Li J C, et al. Multi impairment monitoring for optical networks[J]. Journal of Lightwave Technology, 2009, 27(16):3729-3736.
- [5] Shake I, Takara W, Kawanishi S, et al. Optical signal quality monitoring method based on optical sampling[J]. Electron Lett, 1998, 34(22):2151-2154.
- [6] Shen T S R, Lau A P T, Liu G N. OSNR monitoring for higher order modulation formats using asynchronous amplitude histogram[J]. Photon Technol Lett, 2010, 22: 1632-1634.
- [7] Waszczyszyn Z. Fundamentals of artificial neural networks[J]. J Cent South Univ, 1999.
- [8] 邹文辉.改进的RBF神经网络及其在字符识别中的应用[D].四川:四川大学,2005.
- [9] Marzbanrad Javad, Mashadi Behrooz, Afkar Amir, et al. Dynamic rupture and crushing of an extruded tube using artificial neural network (ANN) approximation method[J]. J Cent South Univ, 2016, 23: 869-879.
- [10] Pritikana Das, Parida M, Katiyar V K. Analysis of inter-relationship between pedestrian flow parameters using artificial neural network[J]. J Mod Transport, 2015, 23(4): 298-309.