

Measurement System of ECabin Based on Virtual Instrument

XIA Haiying, YAN Guoping, YOU Chao

Department of Electronics and Information,
Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China

Abstract: Taking advantage of virtual instrument digitalization and powerful calculation of computer, measure system of eCabin is designed to complete measurement index of eCabin automatically, and multiplex signal of eCabin output are processed properly. In view of the special test request for Peak to Peak Values of X signal, flexible template matching is proposed to locate peak and trough of Xsignal accurately, and the positioning error is limited to $\pm 0.06\text{ms}$. The test result of this system shows that it has high precision, stable performance, operation convenient.

Keywords: ecabin; virtual instrument; data process; flexible template matching

基于虚拟仪器的电子舱测试系统

夏海英, 严国萍, 游超

华中科技大学电子与信息工程系, 武汉, 中国, 430074

摘要: 利用虚拟仪器的数字化技术结合工控机的强大计算能力, 设计了电子舱测试系统, 可完成电子舱测试指标的自动测试, 电子舱输出信号进行相关处理, 报表生成。针对电子舱管脚输出的 X 信号峰值特殊的测试需求, 提出了用弹性模板匹配进行波峰和波谷的精确定位, 定位结果误差在 $\pm 0.06\text{ms}$ 内。电子舱测试结果表明, 该系统精确度高, 性能稳定, 操作方便, 满足电子舱流水线生产测试要求。

关键字: 电子舱测试, 虚拟仪器, 数据处理, 弹性模板匹配

1 引言

电子舱是导弹探测、跟踪目标的部件, 是导弹系统的关键部分。因此, 电子舱产品使用前的调试和检测至关重要。电子舱测试系统关键是需要完成对电子舱输出信号的采集, 处理, 测试结果判定^[1,2]。

本文采用虚拟仪器平台, 利用其高性能的模块化硬件, 结合其高效灵活的软件设计, 完成了电子舱输出信号的采集和处理, 并能够自动生成规范的测试报表, 标注出不合格的指标, 提高了开发效率, 缩短了开发周期^[3,4]。

2 系统的硬件设计

测试系统硬件部分主要由工控机、信号源、自制控制板、实际测量仪器以及打印机组成。实际测量仪包括万用表和示波器。

工控机通过串口控制信号源, 通过数字 IO 卡与控制板通信, 通过 USB 接口连接示波器和打印机。信号源为电子舱提供激励, 主要提供幅度、宽度均可调的五路脉冲信号源以及幅度、宽度、相位均可调的两路基准信号源及其它信号。控制板根据不同的测试组合选通相应的采集通道, 将电子舱的输出数据经调理后送到相应的采集卡。工控机采集到数据后, 进行处

理包括记录、显示和报表的生成。另外, 根据测试需要, 部分输出信号直接送至示波器, 经示波器的 USB 控制卡传送到工控机进行处理, 同时在示波器上显示波形。万用表用于测试电子舱静态电阻。

工控机和控制板的正常工作是整个系统正确稳定运行的关键。系统硬件组成中测量仪器、信号源和主控计算机系统由外购件组成, 硬件部分的主要工作是控制板的设计。其原理图如图 1 所示。

电子舱有较多信号需要测试, 且存在多种不同的测试组合, 为节约测试仪所需硬件成本, 并降低测试时信号及仪器间的干扰, 系统采用继电器阵列完成测试通道的切换。控制板接收来自数字 I/O 卡的控制命令, 经 FPGA 翻译, 实现相应继电器的选通。另外, 在控制板上还有电源保护电路、采样电路、信号调理电路等。调理电路的作用是将信号的幅度限制在采集卡要求的 $\pm 10\text{V}$ 内。

3 系统的软件设计

本测试软件基于 Windows XP 平台, 采用 Labview 8.5 图形化编程语言, 即采用了面向对象程序设计方法, 又保持了面向过程的灵活性, 充分利用了 Labview 的优点, 快捷的完成程序的设计, 降低了开发难度^[5]。

具体的程序流程如图 2 所示。

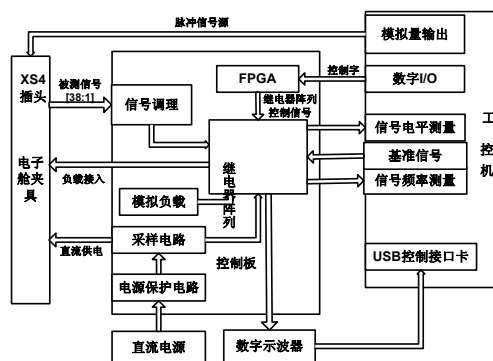


Figure 1. Hardware scheme

图 1. 硬件原理图

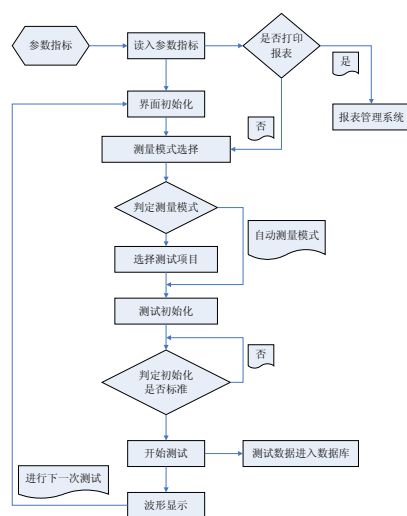


Figure 2. System flowchart

图 2. 系统流程图

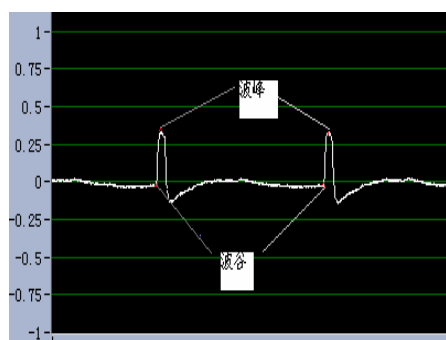


Figure 3. Peak-to-peak values of X signal

图 3. X信号峰峰值

Labview 用框图代替了传统的程序代码, 操作简单、快捷。本系统主要使用 DAQmx VI 生成信号采集模块, 使用串口 VI 生成串口通信模块, 使用报表管理工具包生成报表管理工具模块以及较为通用的示波器通信模块^[6]。

电子舱测试软件的工作方式分为两种: 自动测试和程控测试。可以按照测试顺序依次测试, 也可以对

选中的单项或多项测试项目进行单独测试。在测试过程中在界面上实时显示测试仪的测试状态、测试项目和测得的数据。具有电子舱测试数据实时记录、储存及打印功能, 能自动生成规范的测试报告、测试曲线。测试过程可随时终止, 并可查看自动生成的测试表格。

3.1 串口通信模块

电子舱所需信号幅度只有 2mV。为了尽量减少外围电路对小信号的干扰, 信号源独立于控制板, 直接连接至电子舱信号输入端。工控机通过串口直接控制信号源的输出信号模式。信号源接收到工控机的命令, 回应给工控机一个特殊字节, 用来判断控制命令是否送达信号源。工控机与信号源串口通信所用的配置是: 波特率为 9600b/s, 停止校验位为 2 位, 无奇偶校验。

3.2 信号采集模块

电子舱响应信号通过 PXI 6123 多功能数据采集卡采集到工控机中。PXI 规范是 CompactPCI 规范的扩展。PXI 6123 具有级别更高、定义更严谨的环境一致性指标, 符合工业环境下振动、撞击、温度与湿度的极限条件, 这满足了电子舱技术指标标准高的要求。PXI 6123 板卡可以使用 NI-DAQmx 测量服务开发包, 快速创建、测试并发布使用高性能的测量应用程序。

3.3 报表管理模块

本电子舱测试系统应用于电子舱生产流水线中, 对报表的要求严格。本测试系统利用了Labview报表工具包中的模板功能, 使用word制作出需要的表格结构作为模板。测试完成后系统调用该模板, 对其进行测试数据的插入, 方便准确的完成了报表的制作, 保存打印。

4 数据处理

电子舱性能测试的13个输出信号, 包含脉冲信号、逻辑电平信号、指示信号、方波信号和X信号。电子舱输出信号脉冲信号, 逻辑电平信号是所需条件加入后, 如果条件不改变一直存在, 要求测试峰峰值和电平值。指示信号是电子舱管脚给出的一个持续一段时间的脉冲, 要求测试脉冲幅值和持续时间。方波信号是电子舱管脚给出的持续3~5s的方波, 要求测试方波频率和幅值。X信号是电子舱管脚输出的周期性的特殊信号, 要求测试峰峰值。但该峰峰值并不是传统意义上的波形最大值与最小值之差, 而是波峰与波谷之间的差值。如图3所示。

电子舱测试软件要求能够真实显示电子舱的响应信号, 不能对采集到的信号做滤波等处理。因此, 在

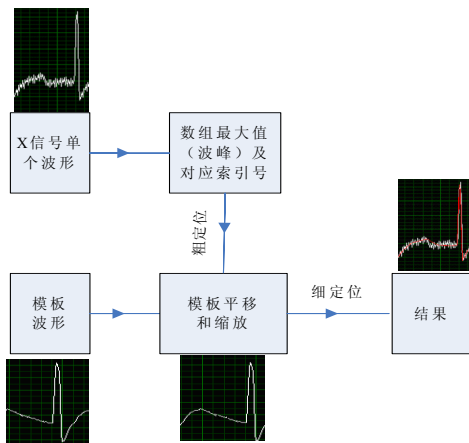


Figure 4. Matching process

图 4. 匹配流程

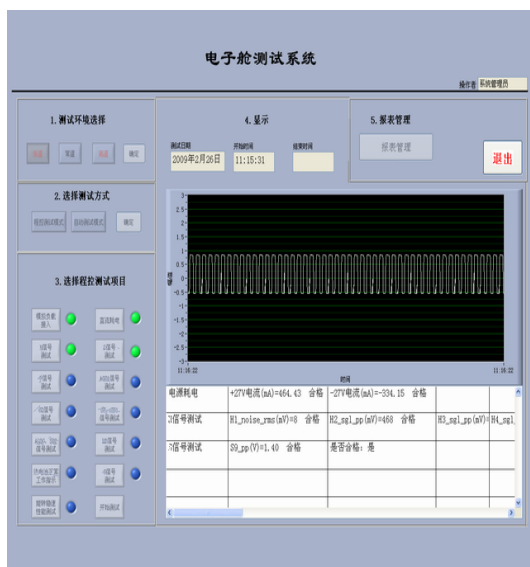


Figure 5. Electronic cabin tester

图 5. 电子舱测试仪

计算测试指标时，工控机需要对采集到的输出信号，根据测试指标要求，做数据处理。

逻辑电平信号的测量可以直接使用波形测量库中的电平测量子VI。波形测量库中峰峰值测量子VI并非测量单个脉冲的峰峰值，而是所有采集到的脉冲的最大峰与最小峰之间的差值。因此，传统的信号处理子VI并不能直接应用到数据的测量中来。脉冲信号峰峰值的测量办法是将采集到的信号以一个周期为单位保存到数组中，运用数组最大最小值子VI得到电子舱技术指标要求的峰峰值，取10个周期进行平均，提高测试结果的准确性。波形测量库中周期幅值测量子VI不能够对单个脉冲波形测试。因此，指示信号中持续时间和幅值的测量是通过将该单个脉冲波形复制重组包含两个该脉冲的波形，使用周期幅值测量子VI测量该

信号的持续时间和幅值。方波信号的测量可以直接使用波形测量库中的周期幅值测量子VI。

X信号输出所需要的条件之一是电子舱前端加入五路2mv的脉冲信号。因此，X信号最易受到噪声等干扰，变得不平滑。X信号波峰和波谷的位置难精确定位。尤其是在有噪声的情况下，X信号测试的关键是如何较为精确的定位波峰和波谷。X信号的频率是125Hz，是一个瞬间激励信号，采样频率设为80000b/s，单个脉冲内包含640个点。

本文采用了弹性模板匹配来进行波峰波谷定位。模板由640个点的数组组成，含单个理想的X信号，是对X信号理论计算得到。匹配流程如下：

首先，工控机将1s中采集到的125个周期的X信号保存到数组中，依次从数组中读取640个点，组成子数组。工控机搜索子数组的最大值，即波峰的粗定位位置，记录相应的子数组索引号。

其次，将子数组最大值对应的索引号与模板波峰对应的索引号比较。如果子数组索引号小，则对模板向左循环平移，平移量为两个索引号的差值。另外，模板根据子数组的最大值对模板波形进行幅度缩放，即子数组最大值/模板数组最大值的结果与模板数组相乘。

最后是细定位。以粗定位波峰为中心进行左右点的搜索，停止原则是标准方差最小。该标准方差是模板中每个点与子数组中的相应的每个点的差值之和再开根方。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}{N-1}}$$

其中， x_i 属于子数组， y_i 属于模板数组，N为数组大小。

经多次验证，弹性模板匹配定位结果误差在 $\pm 0.06\text{ms}$ 内。

5 实验测试

电子舱测试系的测试主界面如图5所示。

首先是验证电子舱测试系统是否再现了管脚输出信号。以X信号为代表，将电子舱测试系统采集到的波形与用示波器观测到的电子舱管脚输出信号对比。幅值误差为0.83%。

使用电子舱测试系统对同一台电子舱进行了5次测试，测试结果最小误差为0，最大为0.26%，满足了稳定性要求。

使用测试系统对3台性能正常的电子舱进行了测试，其测试指标与手动测试相比误差在5%范围内，其中，手动测试结果跟真实值比较也有一定的误差。

对 2 台不达标的电子舱进行测试, 其不达标的信号均被成功的测出。

6 结论

基于虚拟仪器的电子舱测试系统操作界面友好、使用方便, 提高了测试精度和测试效率。经过了连续 72 小时的通电考机, 并对部分产品进行了测试, 证明其性能稳定。电子舱测试系统通过了专业校准实验室的校准, 全部校准结果均满足设计要求。

References (参考文献)

- [1] An Introduction to LabVIEW in Virtual Instrument Development Platform. Computer Automated Measurement & Control, 1996, (3): 45-49.
李宇华. 虚拟仪器开发平台软件 LabVIEW 介绍. 计算机自动测量与控制, 1996, (3): 45-49. LI Yu-hua.
- [2] YING Huai-qiao. The Development and Outlook of Virtual Instrument & Computer Acquisition Test Analysis Instruments. Measurement & Control Technology, 2008, (8): 5-9.
应怀樵. 虚拟仪器与计算机采集测试分析仪器的发展与展望. 测试技术, 2008(8): 5-9.
- [3] ZHANG Yi-gang, PENG Xi-yuan. Automatic Microwave Measuring System. Harbin : Harbin Institute of Technology University Press, 2001
张毅刚, 彭喜元, 姜守达. 自动测试系统. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2001.
- [4] LIU Jun-hua. Modern Detecting Technology & Design of test system. Xian: Xi'an Jiaotong University Press, 2001.
刘君华. 现代检测技术与测试系统设计. 西安: 西安交通大学出版社, 2001.
- [5] LabVIEW User Manual. USA: National Instruments Corporation 2003.
- [6] SHENG Wang, LIU Wen-yan. Processing Dynamic Measuring Errors By Using Software. Process Automation Instrumentation. 2003, 24(11): 20-22.
盛 旺, 刘文彦. 动态测量误差的软件处理方法. 自动化仪表. 2003, 24(11): 20-22.
- [7] An Introduction to LabVIEW in Virtual Instrument Development Platform. Computer Automated Measurement & Control, 1996, (3): 45-49.
李宇华. 虚拟仪器开发平台软件 LabVIEW 介绍. 计算机自动测量与控制, 1996, (3): 45-49. LI Yu-hua.
- [8] YING Huai-qiao. The Development and Outlook of Virtual Instrument & Computer Acquisition Test Analysis Instruments. Measurement & Control Technology, 2008, (8): 5-9.
应怀樵. 虚拟仪器与计算机采集测试分析仪器的发展与展望. 测试技术, 2008(8): 5-9.
- [9] ZHANG Yi-gang, PENG Xi-yuan. Automatic Microwave Measuring System. Harbin : Harbin Institute of Technology University Press, 2001.
张毅刚, 彭喜元, 姜守达. 自动测试系统. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2001.
- [10] LIU Jun-hua. Modern Detecting Technology & Design of test system. Xian: Xi'an Jiaotong University Press, 2001.
刘君华. 现代检测技术与测试系统设计. 西安: 西安交通大学出版社, 2001.
- [11] LabVIEW User Manual. USA: National Instruments Corporation 2003.
- [12] SHENG Wang, LIU Wen-yan. Processing Dynamic Measuring Errors By Using Software. Process Automation Instrumentation. 2003, 24(11): 20-22.
盛 旺, 刘文彦. 动态测量误差的软件处理方法. 自动化仪表. 2003, 24(11): 20-22.