

# 电源环境应力筛选试验自动测控系统研究

曹金洲

(株洲南车时代电气股份有限公司, 湖南 株洲 412001)

**摘要:** 目的 设计开关电源环境应力筛选测控系统。方法 运用LabVIEW对仪器进行自动控制。结果 实现了仪器控制,数据采集、监视与存储,数据回放等功能。结论 测控系统运行稳定,操作简便,数据获取和处理便利。具有硬件配置简单、易维护,软件开发灵活等特点。

**关键词:** 环境应力筛选; 开关电源; LabVIEW

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2013.06.010

**中图分类号:** TP274 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2013)06-0041-04

## Environmental Stress Screening Test and Control System Design for Switch Mode Power Supply

CAO Jin-zhou

(Zhuzhou CSR Times Electric Co., Ltd, Zhuzhou 412001, China)

**ABSTRACT:** **Objective** To design a test and control system for the Environmental Stress Screening test of Switch Mode Power Supply. **Methods** The instruments were automatically controlled by LabVIEW. **Results** The system designed showed functions of instrument control, data acquisition, monitoring and storage, data playback, and so on. **Conclusion** The system is stable and the operation is easy. Data acquisition and processing is convenient. It also has features such as simple and maintainable hardware configuration, and flexible software development.

**KEY WORDS:** environmental stress screening; switch mode power supply; LabVIEW

开关电源在机车车辆电子装置中的应用非常普遍,因具体应用需求千差万别,电源种类也随之繁多,形成了多品种、小批量的鲜明特色。

环境应力筛选例行试验是机车开关电源生产检验过程中的重要环节,对发现产品早期失效,提高产

品可靠性,降低成本等方面起着重要作用。耗资大、时间长是环境应力筛选试验的显著特点,因此试验过程中快速准确侦测故障对于提升试验效率和改进产品设计有着重要意义。经过研究,实现了一种基于LabVIEW的实时测控系统,可以快速准确侦测故障。

收稿日期: 2013-06-05; 修订日期: 2013-06-18

Received: 2013-06-05; Revised: 2013-06-18

作者简介: 曹金洲(1984—),男,陕西省商南人,主要从事轨道交通电子产品测试试验及研究。

Biography: CAO Jin-zhou(1984—), Male, from Shangnan, Shaanxi, Research focus: trials and studies on rail transport electronic product testing.

## 1 试验及测试原理

### 1.1 环境应力筛选试验

为发现和排除产品中不良零件、元器件、工艺缺陷和防止出现早期失效,在环境应力下所做的一系列试验,称为环境应力筛选试验。作为一种有效的工艺手段,它不仅应用于产品的研制阶段,还用于产品的生产阶段。

筛选应力的种类有多种<sup>[1-4]</sup>,其中温度循环、随机振动、电应力等相互组合时筛选效果较好,又比较经济,因而受到普遍关注。产品在经受温度循环时,内部交替膨胀和收缩,使其产生热应力和应变。当产品内部存在瞬时的热梯度,或产品内部邻接材料的热膨胀系数不匹配时,应力和应变将加剧,并在潜在应力缺陷处出现应力集中,多次循环将会累积这种效应,最终使缺陷变成故障。由此可见,温度循环在揭示元器件缺陷方面起着主要作用。

随机振动是在很宽的频率范围内对产品施加振动应力<sup>[2]</sup>,让产品在许多谐振点上同时受到激励,从而使安装不当的元件受到扭曲、碰撞,导致产品的结构松动或磨损甚至损坏的一种试验方法。由此可见,随机振动在揭示工艺和组装方面起主要作用。实践中,通常采用随机振动—温度循环—随机振动的组合筛选顺序,实现温度循环应力和随机振动应力的协同作用,加速激发和暴露产品内部的潜在缺陷。

电应力可将受筛产品中某些缺陷加速发展成故障<sup>[3]</sup>,并可进行性能检测,及时侦测故障,从而提高筛选效果。电应力通常和温度循环或随机振动同时施加在试品上。在温度循环中,降温阶段不应通电,因为通电会使产品发热,影响产品温度变化速率。施加电应力时应尽量频繁地进行性能检测,以便及时发现故障和进行修复,节省筛选时间。若预知主要缺陷类型是间歇性的,则需要持续通电,连续进行性能检测。振动过程中应通电并进行性能检测,以便及时发现故障,防止间歇性故障漏检。若振动中出现故障,且该故障不会危及其他部分或产生危险时,可继续通电并振动,直到振动时间结束进行修理,否则应立即停止振动并修复。

对于电源产品,据研究表明,电应力施加方式为循环形式时对产品的开关机操作非常适用,有利于发现电源产品缺陷,尤其是在与随机振动和温度循环配合使用时,能在发现产品故障过程中起到良好效果。

综上所述,机车开关电源选择了温度循环、随机振动、电应力(包含开关循环)相结合作为试验应力,如图1所示。随机振动通常施加于温度循环的开始和终止2个阶段,也可根据需要施加于高温或低温

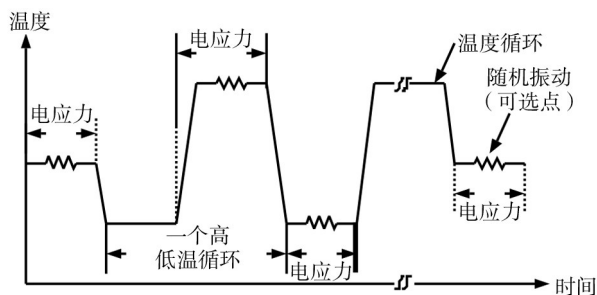


图1 环境应力筛选曲线

Fig.1 Typical ESS profile

温度稳定阶段。

开关循环作为电应力的组成部分,施加于温度稳定区段,动作方式如图2所示。开关循环的次数

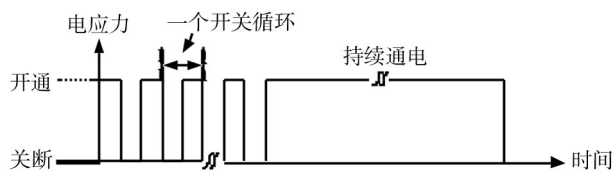


图2 电应力开关循环

Fig.2 Turn on-off circulation of electrical stress

根据具体产品选定,循环达到规定次数后持续通电。

### 1.2 开关电源测试

开关电源通过控制和调整开关器件(如MOSFET, IGBT等)的导通占空比,来抑制输入电压突变、负载突变等因素的干扰,实现输出电压稳定。

开关电源如图3所示。开关电源接收来自输入电源的电,经开关调整和变压,输出给负载供电。

通常开关电源测试需具备如下设备:可调电源,用于线性调整率测试;可调负载,用于负载调整率测

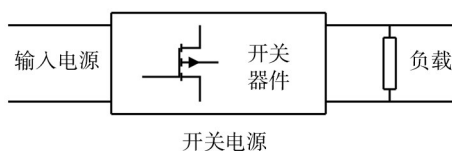


图3 开关电源

Fig.3 Simple diagram of switch mode power supply

试;万用表,用于输出电压等测量;示波器,用于开关器件电压波形等测量。

## 2 自动测控系统实现

### 2.1 功能需求及硬件选型

自动测控系统需具备仪器控制、试验箱温度监测、数据采集及分析等功能。功能需求及硬件选型如下所述。

1) 工控机。自动测控系统应能与各测试仪器进行通信。选用凌华公司RK-610工控机。

2) 总线。自动测控系统与仪器间需通过总线连接,总线类型对硬件选型至关重要。选用GPIB总线和PCI总线。

3) 程控电源。自动测控系统应能控制输入电源,进行电压、电流调节,并可自动获取电源电压、电流等参数。选用安捷伦公司N8740A 150 V 22 A程控电源。

4) 程控负载。自动测控系统应能控制负载电流变化,并可自动获取负载电压、电流。选用安捷伦公司N3300A电子负载,内置6个N3302A 60 V 30 A电子负载模块。

5) 程控万用表。用于监视负载电压。选用安捷伦公司34980A数据采集开关系统,内置34401A数字万用表。

6) 程控开关。实现在不同产品之间的通道切换。选用安捷伦公司34980A数据采集开关系统,配置3块34901A多路复用开关模块,可实现60路电压通道的扫描测试。

7) 程控示波器。用于监视开关管电压波形。选用泰克公司TDS3012示波器。

8) 产品温度监测。自动测控系统应能获取产品温度。选用NI公司PCI-6259数据采集卡,辅以温

度传感器实现产品温度采集。

### 2.2 自动测控系统程序模块

自动测控系统软件工具采用NI公司LabVIEW软件<sup>[4]</sup>。LabVIEW是一种基于图形化的编程语言,具有编程效率高、人机交互性好等优点,是进行测试系统开发的强大工具。程序代码采用模块化开发,当需求变更时,只需将对应模块进行修改、调试即可。

自动测控系统程序流程如图4所示。其中仪器控制,数据采集、监测与存储,数据回放等三大功能是其核心组成部分。仪器控制模块主要实现对程控电源、程控负载、程控数据采集开关系统的控制功能,主要包括初始化、仪器操作、关闭等功能。数据回放模块主要用于数据分析。当设计人员需要仔细观察数据超出允许范围时的详细状态时,即可调用数据回放模块进行观察。

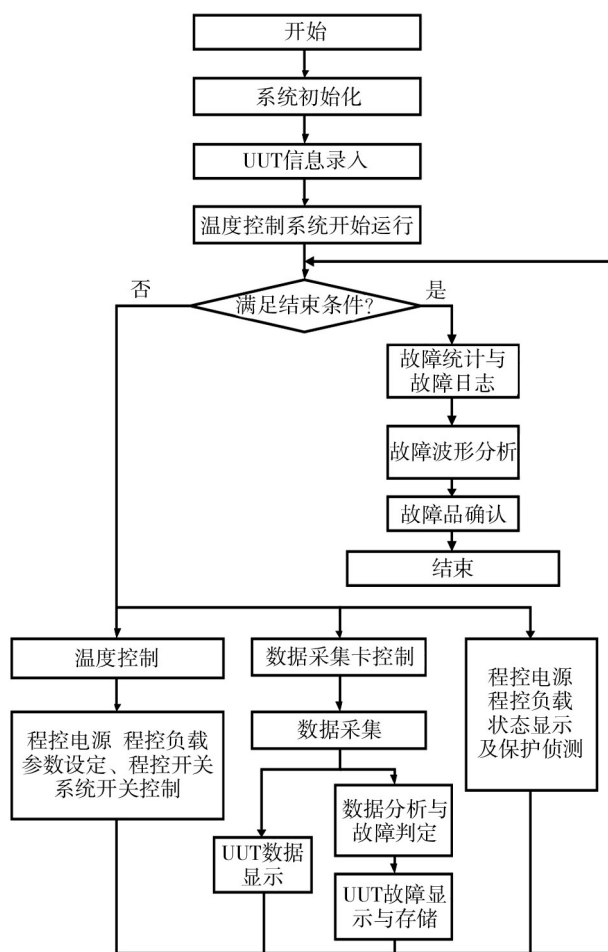


图4 程序流程

Fig.4 Program flow control

数据采集、监视与存储模块是软件实现中最为重要的部分。数据采集实现对程控数据采集开关系统的访问,读取采集到的数据。数据监视实现数据的显示,并对数据是否在允许范围进行判断。数据存储模块根据数据监视判定的结果确定是否存储。当数据超出允许范围时,数据存储模块将对应开关电源在此前后一段时间内(如前后5 s)的数据参数存储至文件,以便于技术人员通过数据回放模块进行分析。

需要特别说明的是,数据采集、数据监视、数据存储模块间需要进行密切的配合。为了实现这种配合,程序设计时采用了双队列结构。数据采集模块将采集到的数据同时存入队列数据监视队列和数据存储队列,数据监视模块对数据监视队列进行出队列操作。一方面将数据实时送至显示装置供技术人员观测,另一方面实时将数据与给定上限、下限进行筛查判断。当超出范围时,改变判定变量状态。数据存储模块实时监测判定变量的变化,当发现变化时,立即将对应数据存储到文件。该模块的简化示意图如图5所示。

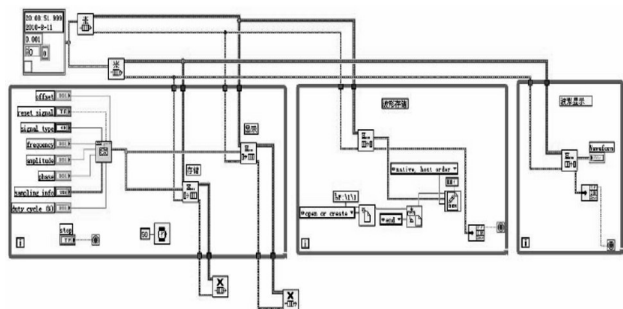


图5 数据采集、监视与存储模块程序

Fig.5 Block diagram of data acquisition, monitoring and storage module

### 3 试验验证

开发完成的自动测控系统实物如图6所示,软件操作界面如图7所示。经调试与验证,自动测控系统具备如下功能:自动调节仪器参数,自动采集并进行分析、存储、回放开关电源及试验箱试验参数等。

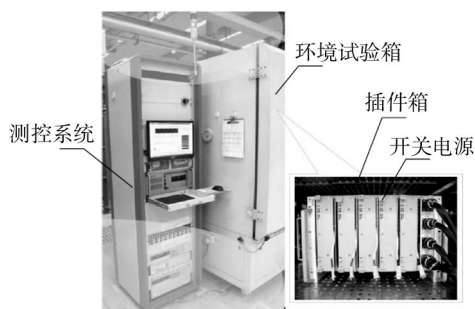


图6 自动测控系统实物

Fig.6 Real image of the automatic test and control system

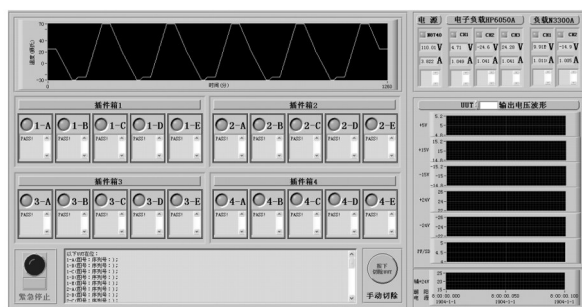


图7 软件操作界面

Fig.7 Software front panel for operator

## 4 结语

目前,该自动测控系统已成功应用于开关电源环境应力筛选试验,实现了自动测控系统与环境试验箱的有机结合,可准确获取温度循环、随机振动、电应力等应力过程产品参数,快速侦测、存储故障信息,辅助数据分析,减少了繁复的人工操作,有效降低了故障侦测与分析的难度。

### 参考文献:

- [1] 原艳斌,李晓钢. 高加速应力筛选试验技术研究[J]. 装备环境工程, 2005, 2(3): 22—23.  
YUAN Yan-bin, LI Xiao-gang. Study of the Highly Accelerated Stress Screening Technology[J]. Equipment Environmental Engineering, 2005, 2(3): 22—23.
- [2] 易难,吴凤凤. 电子产品整机高加速寿命试验技术应用分析[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2012, 30(5): 17—20.

- (5):33.
- [2] 张恒. QUV 和 Q-Sun 两种有效耐候性和光稳定性测试方法的比较[J]. 分析与测试, 2002, 35(6): 126—128.  
ZHANG Heng. Comparison of Quv and Q-Sun Two Kinds of Effective Weather Resistance and Light Stability Test Method[J]. Analysis and Testing, 2002, 35(6): 126—128.
- [3] AATCC 169—2003, 纺织品的耐气候性 氙灯曝晒[S].  
AATCC 169—2003, Weather Resistance of Textiles: Xenon Lamp Exposure[S].
- [4] ASTM G155—01a, 非金属材料曝晒用氙弧灯设备操作规程[S].  
ASTM G155—01a, Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials [S].
- [5] FZ 65002—1995, 特种工业用绳带 物理机械性能试验方法[S].  
FZ 65002—1995, Test Method of the Physical Mechanical Properties of Special Industrial Belt[S].
- [6] GB/T 8834—2006, 绳索有关物理和机械性能的测定[S].  
GB/T8834—2006, Ropes—determination of Certain Physical and Mechanical Properties[S].

(上接第 36 页)

- 测药柱使用寿命[J]. 推进技术, 1999, 20(5): 39—43.  
XING Yao-guo, MA Yin-ming, DONG Ke-hai, et al. Prediction of Service Life of Storage Grain Using Periodical Check Method[J]. Journal of Propulsion Technology, 1999, 20(5): 39—43.
- [3] QJ 2328—2005, 固体推进剂贮存老化试验方法[S].  
QJ 2328—2005, Composite Solid Propellant Storage Aging Test Method[S].
- [4] 谢镇波, 李洪伟, 贾明明. 基于状态监测和老化试验的火箭发动机寿命评估方法研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(4): 15—18.  
XIE Zhen-bo, LI Hong-wei, JIA Ming-ming. Study of Life Estimation Method for Solid Rocket Motor Based on State Monitoring and Aging Test[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(4): 15—18.
- [5] 任宁莉, 王冬, 张延伟. 环境温度对某固体推进剂贮存寿命影响研究[J]. 装备环境工程, 2010, 7(5): 39—41.  
REN Ning-li, WANG Dong, ZHANG Yan-wei. Influence of Ambient Temperature on Storage Life of Certain Solid Propellant[J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(5): 39—41.

(上接第 44 页)

- YI Nan, WU Feng-feng. Application and Analysis of Electronic Machine's Highly Accelerated Life Testing Technology[J]. Electronic Product Reliability and Environmental Testing, 2012, 30(5): 17—20.
- [3] 陈丹明, 赵书平. 环境应力筛选(ESS)应力参数的确定及其考虑因素[J]. 装备环境工程, 2006, 3(1): 63—65.  
CHEN Dan-ming, ZHAO Shu-ping. Parameter Selection of Environmental Stress Screening(ESS)[J]. Equipment Environmental Engineering, 2006, 3(1): 63—65.
- [4] 刘杭生. 筛选技术概述和新的筛选方法[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2005, 23(4): 55—57.  
LIU Hang-sheng. Screening Technology Overview and New Screening Methods[J]. Electronic Product Reliability and Environmental Testing, 2005, 23(4): 55—57.
- [5] 陈锡辉, 张银鸿. LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.  
CHEN Xi-hui, ZHANG Yin-hong. LabVIEW 8.20 Program Design from Novice to Professional[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.