

基于LabVIEW与TestStand的关键设备自动测试系统

于洪泽, 韩松, 陆桂军, 王明玥, 于志强

(天津电气科学研究院有限公司, 天津 300180)

摘要:为减少关键设备在运行状态下发生故障可能造成的严重损失、实现其在投入运行前完成各项功能指标的检测,研制了基于图形化编程语言LabVIEW与测试流程管理软件TestStand的关键设备自动测试系统。该测试系统完成了硬件平台的搭建以及软件程序设计,可对关键设备进行自动测试,具有可靠性高、维护性强、操作简易、测试结果自动存储等特点,显著提高了关键设备的测试效率与测试质量。

关键词:图形化编程语言LabVIEW;测试流程管理软件TestStand;关键设备;自动测试

中图分类号:TP274 **文献标识码:**A **DOI:**10.19457/j.1001-2095.dqcd20108

Critical Equipment Automatic Test System Based on LabVIEW & TestStand

YU Hongze, HAN Song, LU Guijun, WANG Mingyue, YU Zhiqiang

(Tianjin Research Institute of Electric Science Co., Ltd., Tianjin 300180, China)

Abstract: In order to realize the detection of various functional indicators before the critical equipment is put into operation, and reduce the serious damage which may be caused by the fault in the running state, an automatic test system based on graphic programming language LabVIEW and test process management software TestStand was developed. The construction of the hardware platforms and the software modules were completed, which could test the critical equipment automatically. The automatic test system has the characteristics of high reliability, strong maintenance, easy operation, automatic storage of test results, etc., and improves the test efficiency and test quality of the critical equipment significantly.

Key words: graphic programming language labVIEW; test process management software testStand; critical equipment; automatic test

一些重要、复杂系统或装备(如列车、电站等)中的关键设备,在运行状态下进行功能检查,或对其在限值状态下进行测试,不仅操作难度大,也存在安全风险。因此,比较有效的解决方案是在产品出厂或投入运行前,通过模拟其运行条件下的工作状态进行测试,以保证在投入运行后的各项逻辑功能、性能指标正常,以减少运行过程中发生故障造成的严重损失。

本自动测试系统以测试某重要装备中的关键设备“电网控制器”为例,设计在离线条件下模拟其在线运行状态,实现该关键设备在产品出厂或投入运行前,以线下静态测试方式完成其模拟运行状态下的自动测试工作。测试操作包含数个测试序列,旨在验证关键设备的性能是否良

好,其输入、输出信号是否满足逻辑关系要求^[1]。

关键设备与各设备连接如图1所示。关键设备通过接收来自控制单元的控制信号,并将控制信号下传到各电气设备来实现对各个设备的控制。同时将来自电气设备的监测信号上传至控制单元或通过RS485 CAN及以太网等通讯方式传输给诊断计算机。

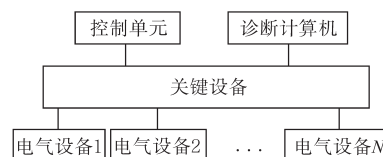


图1 关键设备与各设备连接示意图

Fig.1 The connection diagram between critical equipment and equipments

使用本测试系统可以对关键设备进行逻辑功能关系的测试、启动/关闭控制的流程测试、通道测试、通讯测试等。测试过程中将控制信号输入至被测设备,使用程控电源进行不同电压信号的模拟,采用NI控制器进行信号采集和处理,采集被测设备的反馈信号及输出端电压值,判断关键设备逻辑关系是否正确。测试过程中对所有测量及各测试的结果加以记录,并自动存储到对应文件中。

1 系统总体设计

本自动测试系统主要由3部分组成,分别为供电电源、测试硬件平台以及上位机测试系统。自动测试系统原理框图如图2所示。

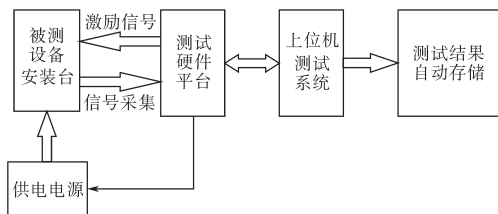


图2 自动测试系统原理框图

Fig.2 Schematic block diagram of the automatic test system

供电电源由3台程控设备组成,1台模拟蓄电池为被测设备提供相应信号;1台为被测设备提供主电源;1台为被测设备提供高电平输入信号。为满足测试需求,针对某些测试序列,首先使用被测设备所需电源电压上限进行测试,再使用电源电压下限进行测试。

测试硬件平台有2个主要功能:1)产生被测设备所需的各种激励信号;2)采集被测设备的响应信号,实现对信号输入输出逻辑关系的测试^[2]。

上位机测试系统提供良好的人机交互界面,主要实现以下2个功能:1)按照操作人员的指令要求,生成控制向量,为被测设备提供激励信号;2)分析测试硬件平台所采集的信号,与软件设定的阈值进行比较,将测试参数及结果实时自动存储并形成相应的测试报告。

2 硬件系统设计

本自动测试系统硬件原理框图如图3所示,采用NI控制器作为测试硬件平台。测试系统配件配置:18槽控制机箱PXI-1065,控制器选用PXIe-8840,继电器卡选用PXI-2568(SPST)或

PXI-2566(SPDT),模拟量采集卡选用PXIe-4304,开关量IO卡选用PXI-6508。

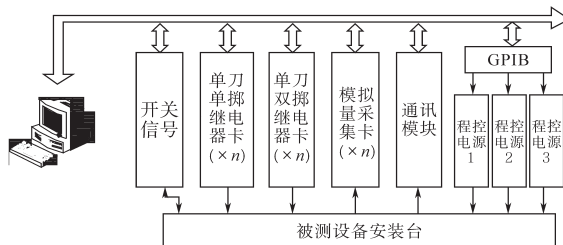


图3 自动测试系统硬件原理框图

Fig.3 The block diagram of hardware schematic in the automatic test system

被测设备的供电信号由程控电源提供。程控电源通过GPIB线缆与NI控制器通讯,实现测试过程中被测设备所需电压的控制。为提高程控电源控制精度,采用设备自带SENS信号对输出电压进行反馈。

安装台用于关键设备的安装,配有航空插头安装座,每个航空插头的位置和关键设备上航空插头的位置一一对应。航空插头连接线缆采用屏蔽线缆,有较高的抗干扰性能。安装台配有紧固夹具,用于固定被测设备。

在本测试系统中,由其他设备流向关键设备的信号由NI控制机箱内的PXI设备模拟产生,关键设备流向其他设备的信号则由NI控制机箱内的PXI设备采集。

2.1 模拟信号给定

模拟信号的给定可分为2大类:

- 1)数字量IO的模拟给定采用PXI-6508卡;
- 2)继电器触点、干节点、高电平等信号的模拟给定采用PXI-2568、PXI-2566卡。

模拟信号给定示意图如图4所示。

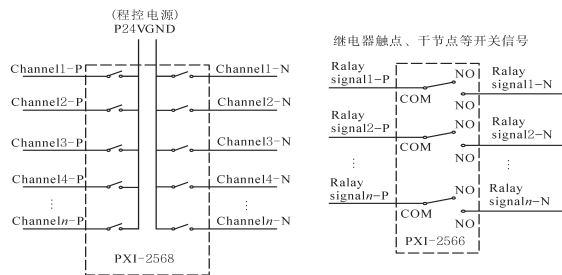


图4 信号给定示意图

Fig.4 Schematic diagram of input signals

2.2 信号反馈及采集

信号的采集也分为2大类:

- 1)数字量IO的采集采用PXI-6508实现;

2)模拟量信号的采集采用PXIe-4304实现。采集信号的具体实现方法示意图如图5所示。

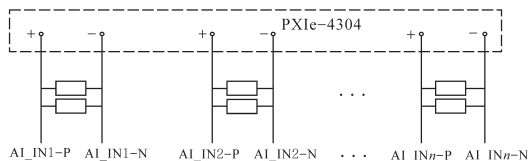


图5 信号采集实现方式示意图

Fig.5 Schematic diagram of signal acquisition implementation

3 软件系统设计

软件是本自动测试系统的核心。本软件系统不仅具有简洁易操作的人机交互界面,而且能迅速有效地控制测试硬件平台,同时还具有实时自动存储测试数据的功能,以便后续对数据进行调用及分析处理。

3.1 软件系统结构

本测试系统软件使用图形化编程语言 LabVIEW 开发人机交互界面,使用测试流程管理软件 TestStand 开发测试流程执行序列,软件系统整体结构如图6所示。

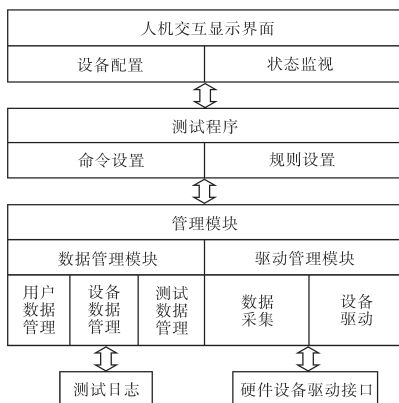


图6 软件系统结构框图

Fig.6 Structure diagram of software system

软件系统采用分层架构,自上至下分别为人机交互界面、测试序列管理模块和数据管理模块和硬件设备驱动接口模块^[3-5]。软件各组成部分具体功能如下:1)人机交互界面实现简洁灵活的测试操作,完成设备配置、测试状态监测等工作。人机交互界面某一状态如图7所示,显示了当前测试状态信息,如机箱条码、进度条、当前正在测试的部件名称及步骤编号等。2)测试序列管理模块完成设备命令设置、测试序列编辑等工作,简化并加速复杂序列的开发、提高代码的复用性和可维护性;3)数据管理模块完成对用户数据、

硬件仪器设备数据、测试数据的管理工作,统一简化了数据调用过程;4)硬件设备驱动接口模块实现对设备的驱动控制,采用模块化设计,便于驱动程序复用。

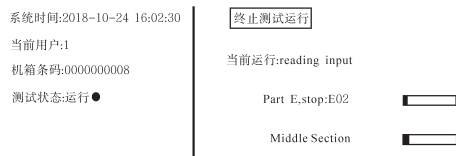


图7 人机交互界面截图

Fig.7 Screenshot of a man-machine interface

3.2 测试流程

测试程序首先对测试硬件平台及各系统参数进行初始化,以确认各设备均处于正常工作状态,后续按人机交互界面提示输入相应的用户名、密码、序列号,选择被测设备类型等信息。测试过程中,依据逻辑关系给定相应的输入信号,对输出信号进行采集,并将其与软件设定的阈值进行比较,判断被测设备的逻辑关系是否正确,同时将测试参数及测试结果自动存储并形成相应的测试报告。测试完成后,最终将测试结论显示在人机交互界面上。

系统测试流程图如图8所示。

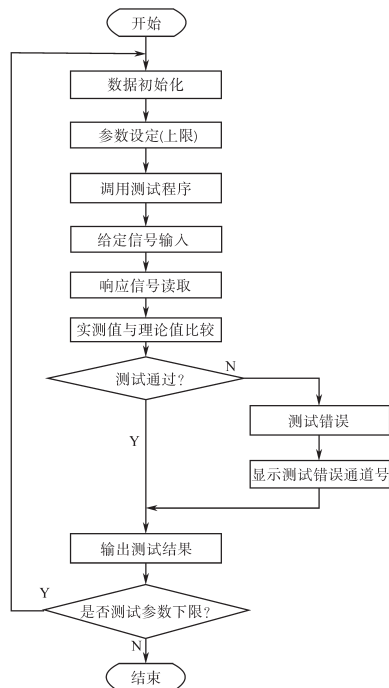


图8 系统测试流程图

Fig.8 Flowchart of system test

被测设备包含上电、断电、紧急上电、紧急断电等启动/关闭控制操作面板,在软件系统设计、进行测试过程中,需要实时持续监测是否操作

电/断电按钮。例如测试过程中如果按下“断电”按钮,则被测设备主电源立即停止供电。为满足上述操作要求,在TestStand程序中需要进行并行测试,即多线程结构^[6]。同时使用集合点(Rendezvous),以便恰好在同一时刻开始执行后续任务,使得2个线程可以同时开始运行集合点之后的步骤,实现同步的效果。在软件程序中,首先创建集合点,设置集合点的名称与集合数量,然后在需要同步的地方设置等待操作。

4 结果分析

本文提出的关键设备自动测试系统已经成功用于某现场实际设备生产测试。应用该测试系统对关键设备进行测试时,其测试参数及结果实时自动存储并形成其相应的报告。图9为关键设备测试时生成的测试报告摘录。

```
STP StartName TestBlockA
STP StartDate 20.12.2018
STP StartTime 18:48:47
STP StartTitle
TAB BEGIN Teilprüfung
TAB DIMENSION 4
TAB HEAD type time [hh:mm:ss] step value [HEX]
TAB DATA OutputHWTarget[HEX] 18:48:51 A 01 3DEF7E00003FC0FF
BEM Wait 120 s
TAB DATA InputHWActual [HEX] 18:50:51 A 01 000A30E00
TAB DATA InputHWTarget [HEX] 18:50:51 A 01 000A30E00
TAB DATA ResultInput 18:50:52 A 01 passed
TAB DATA OutputHWTarget[HEX] 18:50:53 A 02 3DEF7E780003FFC0FF
BEM Wait 1 s
TAB DATA InputHWActual [HEX] 18:50:55 A 02 000A30E00
TAB DATA InputHWTarget [HEX] 18:50:55 A 02 000A30E00
TAB DATA ResultInput 18:50:55 A 02 passed
TAB DATA OutputHWTarget[HEX] 18:50:57 A 03 3DEF7E580003FFC0FF
BEM Wait 1 s
TAB DATA InputHWActual [HEX] 18:50:58 A 03 000A30E00
TAB DATA InputHWTarget [HEX] 18:50:58 A 03 000A30E00
TAB DATA ResultInput 18:50:59 A 03 passed
TAB DATA OutputHWTarget[HEX] 18:51:00 A 04 3DEF7E380003FFC0FF
BEM Wait 1 s
TAB DATA InputHWActual [HEX] 18:51:02 A 04 000A30E00
TAB DATA InputHWTarget [HEX] 18:51:03 A 04 000A30E00
TAB DATA ResultInput 18:51:03 A 04 passed
TAB DATA OutputHWTarget[HEX] 18:51:05 A 05 3DEF7E780003BFC0FF
BEM Wait 1 s
TAB DATA InputHWActual [HEX] 18:51:06 A 05 000A30E00
TAB DATA InputHWTarget [HEX] 18:51:06 A 05 000A30E00
TAB DATA ResultInput 18:51:06 A 05 passed
TAB DATA OutputHWTarget[HEX] 18:51:08 A 06 3DEF7E7800037FC0FF
BEM Wait 1 s
TAB DATA InputHWActual [HEX] 18:51:10 A 06 000A30E00
TAB DATA InputHWTarget [HEX] 18:51:10 A 06 000A30E00
TAB DATA ResultInput 18:51:10 A 06 passed
```

图9 关键设备测试报告摘录

Fig.9 Excerpt of the critical equipment test report

在给定信号输入、相应信号读取写入测试报告时,由于同时给定或读取的信号通道数量较多,为便于报告可读取性,将信号给定与读取转换为十六进制后,自动写入测试报告中。

5 结论

本文针对关键设备的功能检测复杂、耗时长、逻辑给定信号通道数量多等问题,设计了一种基于LabVIEW与TestStand的自动测试系统。

该测试系统完成了硬件平台的搭建和软件程序设计,可对关键设备进行自动测试。

该测试系统具有人机交互界面友好、操作简单、易于维护、可靠性高等特点,大大提高了关键设备的测试效率与测试质量,解决了人工测试效率低、可靠性差等问题。

参考文献

- [1] 于洪泽,贺永鹏,袁绍民,等.基于LabVIEW与TestStand的通用板卡自动测试系统[J].电气传动,2015,45(9):67-69.
- [2] 郎杰.基于TestStand的自动检测程序开发[J].电子测试,2018,25(11):71-72.
- [3] 于建林,唐晓莉,丁国兴.基于TestStand的测试系统及应用[J].国外电子测量技术,2004,23(2):6-7,9.
- [4] 王浩伟,陈振林,钱进,等.基于TestStand的计量软件介绍[J].计测技术,2009,29(6):50-53.
- [5] 周培明,吴卫国,王文博,等.一种工程机械控制器性能测试系统设计[J].建筑机械,2016,36(1):75-79,82.
- [6] 胡典钢.TestStand工业自动化测试管理[M].北京:电子工业出版社,2016:179-180.

收稿日期:2019-04-02

修改稿日期:2019-06-18