

基于 LabVIEW 的稳控装置测试系统设计

周晓宁,袁康,梁晖,曲晓蕾

(国网电力科学研究院/南京南瑞集团公司,江苏南京 210003)

摘要:随着电网发展对稳控装置的要求越来越高,稳控装置的发展速度日益加快,如何开发有效的稳控装置测试系统、提高测试效率、保证稳控装置的可靠性是摆在装置生产企业面前的一个重要问题。文中分析了稳控装置测试系统的功能需求以及需要解决的问题,提出了一种基于 LabVIEW 的稳控装置测试系统,该系统能够有效地提高稳控装置测试系统的开发效率和使用效率,为稳控装置的质量和电网安全稳定运行提供强有力的保障。

关键词: LabVIEW; 稳控装置; 测试系统; 虚拟仪器

中图分类号: TM712

文献标志码: A

文章编号: 1009-0665(2013)06-0032-03

电力系统稳定控制装置是为保障电网安全稳定运行而专门设计的一种专用自动控制装置,通常被配置于电力系统稳定第二道防线和第三道防线中^[1,2]。随着特高压电网建设和大区互联电网建设的不断发展,电网结构日益复杂,区域电网间的联系不断加强,稳控装置的应用愈发广泛。同时,由于稳控装置的应用焦点逐渐转向区域性电网和跨区互连电网的安全稳定控制^[3,4],其影响范围也不断扩大。一旦稳控装置出现故障,轻则导致装置退出运行,电网由于失去保护而不得不限负荷运行,重则导致装置误动、拒动,给电网运行和设备安全造成巨大损失。因此,通过有效的测试手段保证稳控装置的可靠性是摆在装置生产企业面前的一个重要问题。

由于电网的不断发展,对稳控装置的计算、控制和协调能力不断提出新的更高的要求。另外随着数字化变电站的推广应用,也为稳控装置的设计研发带来了新的课题。因此稳控装置的更新升级速度也不断加快,以南瑞稳定的产品为例,从早期的 DPY,UFV-2 系列,到 UFV-200,FWK-300 系列,再到 SCS-500,SCS-600 系列^[5,6],产品的更新频率逐渐提高到 2~3 年。如何能让测试系统快速适应不同装置的测试需要,并且降低开发人员和测试人员的工作量、提高工作效率,是开发稳控装置测试系统的首要问题之一。

1 测试系统需求分析

1.1 测试系统功能要求

稳控装置的测试主要包括 3 个方面:(1) 单板硬件测试:测试板内硬件功能,如采样回路、开入开出、存储芯片等;(2) 整机硬件测试:测试板间通信情况,包括总线背板、插件通信接口等;(3) 整机软件测试:测试整套装置逻辑功能,对于由多套装置组成的稳控系统,还需要测试整个系统的逻辑功能配合情况。

1.2 需要解决的问题

传统的测试方法主要存在以下几方面的问题:

(1) 硬件测试效率。由于稳控装置更新速度快,批量较小的特点,不可能采用类似工业流水线的全自动测试方式。因此,在测试过程中必将有许多需要测试人员参与的环节,如仪器设置、数据记录等等。如果能够提高测试环节中的自动化水平,那么将大大提高硬件测试的效率。

(2) 软件测试效率。稳控装置的应用往往是针对电网特性量身定制的,因此除了极少数的应用外(如低频低压减载装置),大部分稳控装置的逻辑功能是不尽相同的,这给稳控装置的软件调试带来了极大的挑战。目前,通过使用专用的稳控装置测试仪器可以模拟大多数电网的典型故障,给软件测试带来了很大的便利,但对于需要多装置协同的稳控系统调试、以及精确测试装置响应时间等应用而言,目前仍缺乏较为简易的实现方式。

(3) 测试系统开发和培训效率。在硬件测试中,提供给测试人员的用户界面一般有 2 种,一种是利用测试装置的液晶显示屏为用户提供操作环境,由于现在的装置显示模块多采用嵌入式操作系统开发,开发工作量较大且界面友好度较差,不同装置的界面难以统一,对测试人员培训造成了一定的障碍,而且对于不支持即插即用的板件而言,每次更换测试样品后等待系统启机会明显影响测试效率;另一种方式是利用装置通讯接口与 PC 机连接,在 PC 机上开发测试程序,这种方式测试效率较高,用户界面友好度较好,但目前多使用 C/C++ 进行开发,对开发人员的相对要求较高。

2 基于 LabVIEW 的稳控装置测试系统

2.1 设计原则

为了解决上述问题,本文提出了一种基于 LabVIEW 的稳控装置测试系统,该系统的设计原则是:(1) 能够

满足不同型号稳控装置的测试要求,并能够以尽可能小的开发工作量进行升级,以适应新装置的测试需要;(2)能够提供友好的操作方式,以提高测试人员的工作效率;(3)能够以比较便捷的方式,满足多装置协调测试等软件测试需求。

2.2 虚拟仪器和 LabVIEW

虚拟仪器(VI),是指在以通用计算机为核心的硬件平台上,由用户自己定义、设计虚拟的操作面板,测试功能由测试软件来实现的一种计算机仪器系统^[7]。

实验室虚拟仪器工程平台(LabVIEW)是一种用于科学和工程领域的图形化编程开发环境^[7],它是实现虚拟仪器的主要工具。选择 LabVIEW 作为测试系统的开发工具,至少具有以下几个方面的优势:

(1)灵活性和可扩展性。与传统仪器相比,虚拟仪器以软件为核心,打破了传统仪器固定外观、固定功能的模式,让用户根据自己的实际需要,灵活地定制系统。采用基于 LabVIEW 和虚拟仪器开发测试系统,不仅可以充分满足稳控装置不断变化的测试需求,而且更新速度快,成本低。

(2)友好的人机界面。对于终端用户而言,需要面对的不再是一堆各种式样的仪器面板,而是采用图形化编程技术实现的虚拟面板。这样,无论针对何种装置的测试,都可以开发出风格接近的控制面板,便于测试人员熟悉和掌握操作方法。

(3)强大的互连能力。LabVIEW 不仅提供了对 RS-232、RS-485 串口协议的支持,而且能满足 GPIB, VXI, PXI 等工业总线的控制需要,另外还能提供了基于 TCP/IP, ActiveX 等标准的库函数。因此,基于 LabVIEW,不仅可以通过工业总线和网络将众多仪器设备构成一个整体,还可以利用软件模拟各种仪器设备,以满足不同的测试需求。

(4)便捷的开发方式。LabVIEW 是一种纯图形化的开发环境,相对于 C/C++ 而言,更容易上手,有助于提高测试系统的开发效率。同时,利用 LabWindows/CVI,还可以集成 C 语言程序,从而方便地继承既有成果,有效地减少重复开发。

2.3 硬件测试系统的实现

与软件测试相比,稳控装置的硬件测试只与装置和板件的型号相关,测试内容固定、重复性强。因此,在设计时将硬件测试系统与软件测试系统独立开来加以实现。出于用户界面统一和良好的可扩展性的考虑,硬件测试系统的用户界面由两部分组成:提供测试内容选择的树形结构和测试过程中使用的虚拟面板。如图 1 所示。

LabVIEW 中提供了功能丰富的树形结构控件,通过树形结构+事件响应的设计(如图 2 所示),可以将



图 1 硬件测试系统用户界面

各种类型的测试集成到一个应用程序中,让测试人员方便快捷地找到测试项目,通过双击所需的测试选项,即可在虚拟面板中打开操作界面,改变了以往测试过程中在各种软件间切换的状况,提高了测试效率。

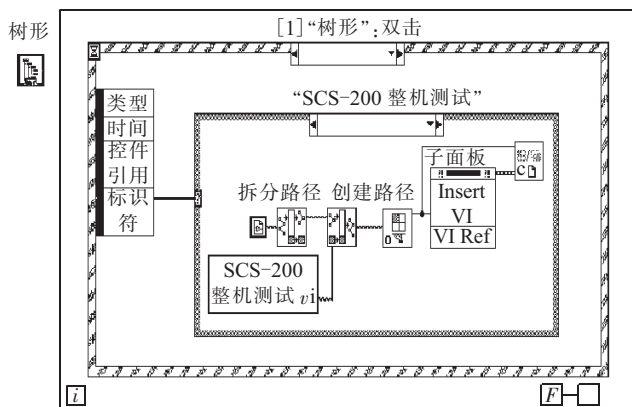


图 2 树形结构的事件响应

虚拟面板的设计则采用 LabVIEW 提供的子面板技术。子面板是 LabVIEW 8.0 之后引入的容器型控件,其使用方式与动态调用类似,但具有 2 个明显的优点:一是通过子面板调用 VI,可直接将被调用 VI 的前面板加载到调用方的子面板界面中;二是通过子面板调用其他 VI 时,自动终止子面板中调用的前一个 VI^[8],不需要人为释放资源。这样,测试系统开发人员只需针对不同的测试应用分别编写相应的子 VI,再在主系统中增加相应的选项通过子面板控件进行调用即可。如此一来,既可以保证用户界面的统一风格,又体现了良好的可扩展性。

2.4 软件测试系统的实现

软件测试系统的作用是验证稳控装置或系统的逻辑正确性,主要包括控制系统、数据输出、数据输入等部分,软件测试系统的组成框图如图 3 所示。

(1) 控制系统由 PC 机、工控机或专用控制器实现,主要负责用户界面、数据输入输出控制、数据分析等功能。

用户界面提供给测试人员的操作界面,对输出模

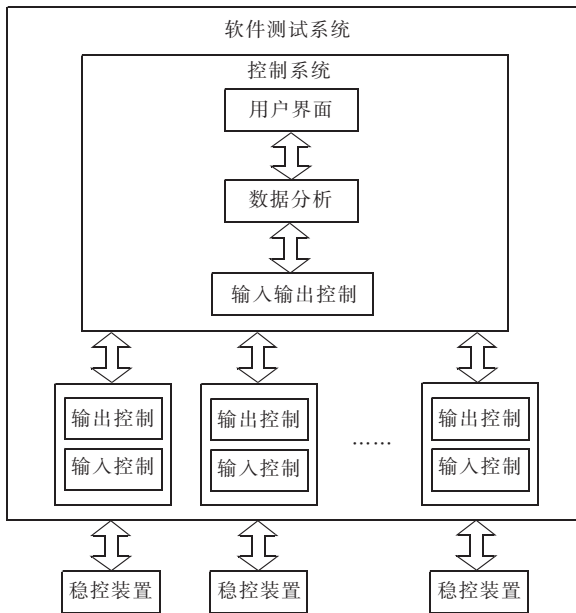


图3 软件测试系统组成框图

式、故障类型、时序关系等参数进行设置,并将测试结果反馈给测试人员;输入输出控制是通过 GPIB,PXI 等接口控制 I/O 单元,将根据用户设置的相关参数生成的数据交由输出单元产生输出信号,读取输入单元的采集数据;数据分析则将输入输出信号进行处理,生成测试结果,反馈给测试人员。数据分析的简要流程图如图 4 所示。

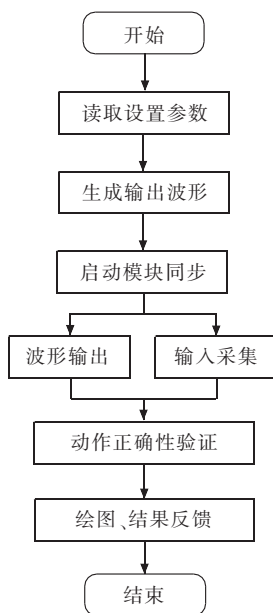
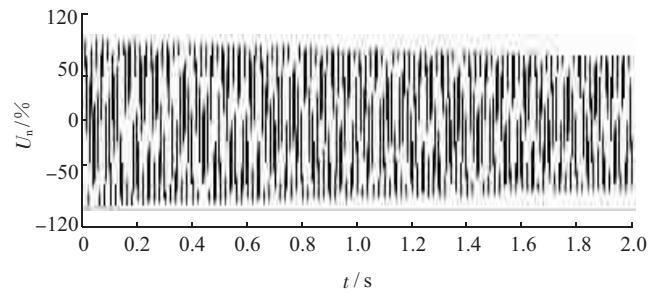


图4 数据分析流程

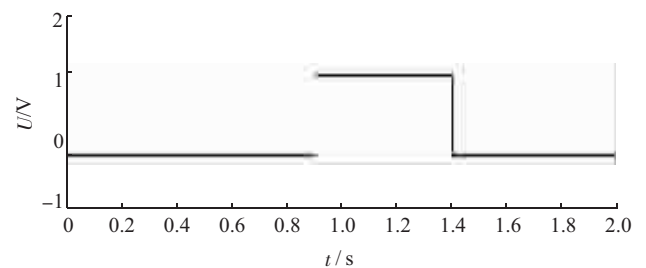
(2) I/O 单元包括模拟量 / 数字量输出以及模拟量 / 数字量输入单元,可以采用支持 GPIB,RS-232 控制的独立仪器,如任意波形发生器、示波器、台式万用表等;也可以采用基于 PCI,PXI 总线的模块化仪器。

模拟量 / 数字量输出单元是利用输出的模拟 / 数字信号,模拟稳控装置决策所需的电气量、开关量等信

号,模拟量 / 数字量输入单元是采集稳控装置输出的控制信号,以验证稳控装置动作的正确性。验证稳控装置低压动作的波形如图 5 所示。其中输出是母线电压下降的过程,输入是装置出口动作的情况。



(a) 低压动作测试输出波形



(b) 低压动作测试输入波形

图5 低压动作测试波形

依靠虚拟仪器的信号同步技术,可以精确同步多路输入 / 输出信号,从而达到多装置协同测试、精确测试装置响应时间等应用的需求。

3 结束语

基于 LabVIEW 的虚拟仪器技术与传统的测试系统开发方式相比,在灵活性、可扩展性、互联能力等方面都具有明显的优势,将该技术应用于稳控装置测试系统的开发,可以充分发挥其优点,以较小的人力、物力和时间成本,充分满足稳控装置不断变化的测试需求,有效地提高稳控装置测试系统的开发效率和使用效率。同时,基于 LabVIEW 的稳控装置软件测试系统可以有效地解决多装置协同的稳控系统调试、以及精确测试装置响应时间等应用难题,提高装置测试的针对性和准确性,为稳控装置的质量和电网安全稳定运行提供强有力的保障。

参考文献:

- [1] 薛禹胜. 时空协调的大停电防御框架:(一)从孤立防线到综合防御[J]. 电力系统自动化,2006,30(1):8-16.
- [2] 薛禹胜. 时空协调的大停电防御框架:(三)各道防线内部的优化和不同防线之间的协调[J]. 电力系统自动化,2006,30(3):1-10.
- [3] 周磊,周霞,罗凯明,等. 江苏低频低压减载与负荷联切协调配置研究[J]. 江苏电机工程,2012,31(4):6-8.
- [4] 丁留宝,王健. 银东直流西北侧电网稳定控制系统实现[J]. 江

衔接问题等等。

(2) 本文所有的工作都假设系统是平衡的, 实际中的电力系统因为电流电压都含有正序、负序和零序分量导致其不平衡。下一步可考虑在单机无穷大系统中设计不平衡条件下的 STATCOM 控制系统, 研究其暂态稳定状况, 对比不同故障之后 STATCOM 抑制系统振荡的效果。随着电力技术的不断发展, 将提出各种新技术以及优化控制策略, 输电线路的功率传输将更加优化。

参考文献:

- [1] 单渊达. 电能系统基础[M]. 北京:机械工业出版社, 2009, 264-267.
- [2] 姜齐荣, 刘文华, 韩英铎, 等. ± 20 Mvar STATCOM 控制器设计[J]. 电力系统自动化, 2000(12):24-28.
- [3] 王兆安, 黄俊. 电力电子技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2009: 4-5.

- [4] 谢小荣, 姜齐荣. 柔性交流输电系统的原理及应用[M]. 清华大学出版社, 2006:190-196.
- [5] MATHUR R M. 基于晶闸管的柔性交流输电装置[M]. 徐政译. 北京:机械工业出版社, 2005:78-89.
- [6] 刘文华, 卢军锋, 郑征, 等. 基于 SHE-PWM 的 D-STATCOM 的控制器和脉冲发生器的设计[J]. 北京:清华大学学报(自然科学版), 2002, 42(9):1188-1191.
- [7] 叶慧, 吴熙, 桂国亮. 并联双通道 STATCOM 附加阻尼控制抑制低频振荡研究[J]. 江苏电机工程, 2011, 30(04):30-33.
- [8] 王轩, 傅坚, 滕乐天, 等. 链式静止同步补偿器电流控制策略[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(12).

作者简介:

- 叶勇(1957), 男, 江苏六合人, 工程师, 从事变电检修、科技培训、企业管理工作;
- 陆路(1984), 男, 江苏泰州人, 工程师, 从事电网调度控制工作;
- 李杰(1982), 男, 江苏泰州人, 工程师, 从事电网调度工作。

Simulation of Taizhou Power Grid with STATCOM

YE Yong, LU Lu, LI Jie

(Taizhou power supply company, Taizhou 225300, China)

Abstract: The operational principle of STATCOM is introduced firstly. Combining theoretical analysis with MATLAB software simulation, the operational state of the Taizhou 220 kV power grid is analyzed. Based on the analysis, the access point and the capacity of STATCOM to be integrated into Taizhou power grid are recommended. Using the recommended design, simulations of the Taizhou power grid with STATCOM have been implemented. Simulation results show that STATCOM can improve 220 kV power flow distribution and support the voltage of 220 kV.

Key words: reactive power compensation; static synchronous compensator; power flow distribution; reactive power

(上接第 34 页)

苏电机工程, 2013, 32(1):37-39.

- [5] 宋锦海, 李雪明, 姬长安, 等. 安全稳定控制装置的发展现状及展望[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(23):91-96.
- [6] 宋锦海, 余文杰, 宣筱青, 等. 适应特高压互联电网的 SCS-500E 安全稳定控制平台研制[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(5): 91-95.
- [7] 付家才. LabVIEW 工程实践技术[M]. 北京, 化学工业出版社, 2010:1.
- [8] 陈树学, 刘莹. LabVIEW 宝典[M]. 北京, 电子工业出版社, 2011:365.

作者简介:

- 周晓宁(1954), 男, 广西鹿寨人, 高级工程师, 研究方向为电力系统安全稳定控制;
- 袁康(1982), 男, 山东龙口人, 工程师, 研究方向为电力系统安全稳定控制;
- 梁晖(1981), 男, 江苏淮安人, 助理工程师, 研究方向为电力系统安全稳定控制;
- 曲晓蕾(1985), 女, 山东莱州人, 工程师, 研究方向为电力系统安全稳定控制。

Design of Control Device Test System Based on LabVIEW Stability Control Device

ZHOU Xiaoning, YUAN Kang, LIANG Hui, QU Xiaolei

(China Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: The development of power system has a growing demand on stability devices. Stability control device producers face the problems of designing stability control device test system effectively, improving testing efficient, and guaranteeing devices' reliability. The demands of stability control device in term of functions and the problems urgent to be solved are analyzed in this paper. Based on these analyses, a LabVIEW based design of stability control devices test system is proposed. The proposed design is effective to promote the efficient of designing the test system.

Key words: LabVIEW; stability control device; test system; virtual instrument