

虚拟仪器技术及其在电力系统中的应用

艾 欣¹, 杨以涵¹, 周孝信²

(1. 华北电力大学电力工程系, 北京 102206; 2. 中国电力科学研究院, 北京 100085)

摘要: 介绍了虚拟仪器技术和软件 LabVIEW 的特点和作用, 及其在电力系统中的若干应用实例。展望了虚拟仪器在电力系统中的应用前景, 认为虚拟仪器是 21 世纪的仪器, 将在电力系统测量、控制及仿真等多方面有着广泛的应用。

关键词: 虚拟仪器; 电力系统; 测量; 控制; 仿真

中图分类号: TM 764; TM 930

0 引言

在当今的信息时代, 计算机软、硬件技术的飞速发展, 从各个层面上影响、引导着各行各业的技术革新与发展。基于计算机技术的虚拟仪器系统技术正以不可逆转的力量推动着测控技术的革命。传统的测控系统多是以硬件或固化的软件为主, 功能单一及硬件设备的低可靠性是它的主要缺陷。虚拟仪器系统的概念不仅推进了以仪器为基础的测控系统的改造, 同时也影响了以数据采集为主的测控系统的传统构造方法的进化^[1]。

虚拟仪器系统技术的诞生虽然仅有不到 20 年的时间, 但却得到了广泛的应用和发展, 以“软面板”代替“硬面板”的各种仪器仪表已经应用于各行各业, 它在电力系统的教学、科研和生产中的应用也将会越来越广泛和深入。

1 虚拟仪器技术

1.1 概念

虚拟仪器(virtual instrument, 缩写为 VI)就是在通用计算机上加上一组软件和/或硬件, 使得使用者在操作这台计算机时, 就像是在操作一台他自己设计的专用的传统电子仪器。在虚拟仪器系统中, 硬件仅仅是为了解决信号的输入输出, 软件才是整个仪器的关键。任何一个使用者都可以通过修改软件, 很方便地改变或增减仪器系统的功能与规模, 所以有“软件就是仪器”之说^[2]。

虚拟仪器又被称为继电磁式仪器、智能仪器之后的第 3 代仪器。第 1 代电磁式仪器的原理主要以电磁感应和机械传动为主; 第 2 代智能仪器的主要标志是含有单片机等计算机硬件设备或一些固化的

软件, 而虚拟仪器是以软件开发仪器为主, 硬件只是一个安插在计算机内的数据采集卡, 起到模/数转换或数/模转换的作用, 仪器的其他显示、分析、计算等数据处理功能全部通过软件编程来实现。

1.2 特点

虚拟仪器系统的概念是测控系统的抽象。不管是传统的还是虚拟的仪器, 它们的功能都是相同的: 采集数据, 对采集来的数据进行分析处理, 然后显示处理结果。它们之间的不同主要体现在灵活性方面。虚拟仪器由用户自己定义, 这意味着用户可以自由地组合计算机平台、硬件、软件以及各种完成应用系统所需要的附件。而这种灵活性在由供应商定义、功能固定、独立的传统仪器上是达不到的^[1]。

从广义上讲, 任何基于计算机的设备都可以看成是虚拟仪器, 它们的共同点是都要依靠计算机的软件和硬件资源来工作, 而软件正是这些系统的灵魂和核心, 这也是虚拟仪器的特点。

虚拟仪器技术并不是简单地以软件代替硬件的一种技术, 它是随着计算机软、硬件技术的发展及计算机的广泛应用的必然结果, 同时也是测控系统对各种测量仪器设备提出的更高的要求。

虚拟仪器技术的广泛应用起源于各行各业的测量和测试系统, 无论是对电气量, 还是对非电气量都可以进行测量^[3,4]。虚拟仪器技术的基础是计算机技术, 所以网络化已经成为测量技术及虚拟仪器发展的新趋势^[5]。

目前公认的代表虚拟仪器技术最高水平的是美国 National Instrument Corporation 生产的系列产品, 主要有 LabVIEW (laboratory virtual instrument engineering workbench) 及 LabWindows/CVI 软件^[6,7]。

LabVIEW 面向的是没有编程经验的用户而不是编程专家, 尤其适合于从事科研开发的科学家、工

程技术人员,所以被誉为工程师和科学家的语言。今年最新版的 LabVIEW 6i,重点加强了网络功能,并提出了“网络就是仪器”的口号。

LabWindows/CVI 面向有 C 语言编程经验的使用者,提供了更广阔、更自由的编程环境。

2 在电力系统测量中的应用

虚拟仪器技术在电力系统中应用最多的是在测量领域^[8~10],它不仅完全可以完全代替传统的仪器,而且具有传统仪器不可替代的功能。特别是对于一些非标准的或超常规的测量、测试要求,应用虚拟仪器技术可以起到非常显著的效果。

2.1 相角测量

基于 GPS 技术的电力系统相角测量是近几年发展起来的新技术,它解决了原来电力系统因为没有准确授时而无法做到的异地相角比较的问题^[11]。实时相角测量监视系统由 3 部分组成。第 1 部分为测量站,它安装在现场,通常是通过科学方法选定一个系统中的若干个重要节点,主要测量被测点的电压、相角和时间,这个时间是经过 GPS 授时的时标;第 2 部分是通信系统,它承担在正常显示及故障录波时,各个测量站和调度中心站之间的数据交换功能;第 3 部分是调度中心站对各个测量站测量结果的数据处理和显示。

文献[12]介绍了采用 LabVIEW 软件研制的相角测量显示器,它与系统通信采用动态连接库方式接口,可以保证数据交换准确、不丢失。通过模拟表盘显示各测量站在同一时刻的电压相角和幅值,同时可以采用自动或人工方式记录所显示的数据,而且可以自动存储故障录波数据。该系统已经在某省电网实际运行了近 2 年,对监视和记录系统的低频振荡现象非常有效。

2.2 设备校验与测试

传统的互感器校验仪只能检定标准型号的互感器,如要求电流互感器的二次额定电流为 1 A 或 5 A,对于其他非标准的电流互感器则需要专门定做校验仪,既费时又费钱。随着基于计算机技术的数字采集系统的应用越来越多,各种小电流的、非标准的互感器得到广泛应用,而市场上却没有对这种互感器的准确度进行校验的仪器。应用虚拟仪器技术研制的虚拟校验仪充分发挥其自身灵活性的特点,可以校验各种类型的互感器^[13,14],并具有自动检测的功能,还能自动绘制出被测互感器的比差和角差曲线。

对电流互感器暂态特性的检测一直是互感器检测的一个难题,采用虚拟仪器技术研制的电流互感

器暂态特性分析仪,可以对电流互感器的各种暂态特性参数和指标进行检测,它有一个可以产生长时间常数的暂态电流发生系统,虚拟仪器部分可以测定互感器的暂态误差、铁心的饱和磁密等指标^[15]。

基于虚拟仪器的变压器综合测试平台,可以有效地代替传统的测试设备,而且更加高效、准确和便捷,同时还可以实现传统测试方案无法解决的一些问题^[16]。

文献[17]介绍了虚拟仪器在 300 MW、200 MW 发电机组联合启动调试中的应用。它可以记录试验过程中各种参数,比如通过虚拟仪器快速提供的实时频谱图,可以在励磁电压的谐波分析中清晰地辨认 600 Hz 的谐波分量。

2.3 参数测量与分析

在电力系统中对电压、电流、功率、频率等参数的测量是最基本的测量,传统的表计大多功能单一。应用虚拟仪器技术可以对电力系统中的各种电气量及非电气量进行测量,而且可以一机多用,使用更方便^[18~20]。

应用虚拟仪器技术还可以十分方便地进行谐波测量与分析,基于虚拟仪器技术的谐波测量设备和电能质量分析设备已经得到很多实际应用^[21~23]。与传统的仪器相比,这些虚拟仪器提供的一些分析和显示功能是传统仪器无法做到的。

因频率响应特性的影响,感应式电能表受谐波影响而产生电能计量的误差问题已经有定论。采用虚拟仪器技术研制的测量装置,可以将基波和各次谐波的功率和电能分别计量,用以解决这些参数计量误差的问题。网络通信功能是虚拟仪器技术领先于传统仪器的一个突出方面,因此开发虚拟仪器的远程抄表功能使得它在这方面的应用将得到更为深入的发展。目前这项研究正在进行中。

应用虚拟仪器技术也可以进行负荷特性测量和参数辨识。虚拟仪器本身具有功能丰富的数学计算,包括小波分析等模块,还具有与 MATLAB 软件的接口,准确的负荷模型对于系统进行离线仿真计算具有十分重要的意义。

3 在电力系统状态监控中的应用

采用虚拟仪器技术还可以开发变电站的在线监控系统^[24,25],它具有类似于 SCADA 系统的作用,但是它是基于虚拟仪器的,因此可以被称为“柔性的”SCADA 系统。例如通过各种传感器,如温度传感器、振动传感器、压力传感器等,将变压器的各种参数指标采集到计算机,通过虚拟仪器技术实现对变压器运行状态的在线监测,这对设备的状态维修有

着非常重要的意义。

利用虚拟仪器系统的数/模输出功能,可以根据所测量的系统状态自动发出相应的指令,以达到对系统运行及操作的控制。譬如,对可控硅开关可以发出触发脉冲,控制开关的快速开断和闭合;虚拟仪器的数/模输出可以形成任意波形的信号,经过功率放大,作为设备测试的信号源。

4 在电力系统仿真和教学软件中的应用

LabVIEW 软件是一种开发平台,像 C 和 Delphi 等编程语言一样,可以进行很多类型的仿真计算。

虚拟保护是对继电保护进行仿真的一个例子。例如虚拟三段距离保护,首先读取 EMTP 仿真的有故障的系统电压、电流数据文件,根据可以任意设置的三段阻抗、方向和动作时间,在虚拟保护的软面板上显示出故障类型、故障相、故障时间等,非常形象和生动。

在有些高校中已经建成了虚拟仪器实验室^[26],学生可以在计算机上模拟各种试验,这些仿真试验可以逼真地模拟很多试验,并且可以节省很多试验材料的消耗。

5 结语

本文介绍了虚拟仪器技术及 LabVIEW 软件的概念、特点和技术优势。通过对虚拟仪器在电力系统测量、控制及仿真等方面的应用实例介绍,说明了虚拟仪器技术在电力系统中大有作为,必将得到更为广泛的应用,对提高电力系统的自动化水平也将起到应有的作用。

参考文献

- 1 The Measurement and Automation Catalog 2000. Austin, Texas (USA): National Instrument Corporation, 2000
- 2 林正盛(Lin Zhengsheng). 浅谈虚拟仪器技术的演化与发展(Virtual Instrument Technology and Evolution). 微计算机信息(Microcomputer Information), 1997, 13(3); 13(4); 13(5)
- 3 秦树人(Qin Shuren). 虚拟仪器——测试仪器从硬件到软件(Virtual Instrument——A Testing Instrument Changing from Hardware into Software). 振动测试与诊断(Journal of Vibration, Measurement & Diagnosis), 2000, 20(1): 1~6
- 4 陈隆道,周箭,许昌(Chen Longdao, Zhou Jian, Xu Chang). 虚拟仪器——测试技术的新领域(Virtual Instrument: A Novel Field of Measurement Technology). 科技通报(Bulletin of Science and Technology), 1999(1): 24~29
- 5 赵伟,张小牛,孟浩文(Zhao Wei, Zhang Xiaoniu, Meng Haowen). 网络化——测量技术与仪器发展的新趋势(Networked——The New Developmental Trend of Measuring Technique and Instrumentation). 电测与仪表(Electrical Measurement & Instrumentation), 2000, 37(415): 5~9
- 6 G Programming Reference Manual. Austin, Texas (USA): National Instrument Corporation, 1999
- 7 LabVIEW User Manual. Austin, Texas (USA): National Instrument Corporation, 1999
- 8 朱守云,王春皓(Zhu Shouyun, Wang Chunhao). 虚拟技术及其在电气上的应用(Virtual Technology and Its Electric Applications). 电世界(Electrical World), 1997(8): 1~3
- 9 潘莹玉(Pan Yingyu). 虚拟仪器及其应用(Virtual Instrument and Its Applications). 电力自动化设备(Electric Power Automation Equipment), 1999, 19(1): 44~46
- 10 潘莹玉,莫付江,高泽民(Pan Yingyu, Mo Fujiang, Gao Zemin). 虚拟仪器及其在电力行业的应用(Virtual Instrument & Its Application in Power Industry). 电力系统通信(Power System Communication), 1999(2): 11~14
- 11 卢志刚,赫玉山,康庆平,等(Lu Zhigang, Hao Yushan, Kang Qingping, et al). 电力系统相角测量和应用(Power System Phase Angle Measurement and Its Application). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 1997, 21(4): 45~50
- 12 艾欣,杨以涵(Ai Xin, Yang Yihan). LabVIEW 在电力系统实时相角测量监视系统中的应用(The Applications of LabVIEW on the Power System Real-Time Phase Measurement and Monitoring System). 见: 16 届全国高校电力系统自动化年会论文集(In: Proceedings of CUS-EPSCA 2000). 吉林(Jilin): 2000. 1006~1009
- 13 艾欣,郝玉山,杨以涵,等(Ai Xin, Hao Yushan, Yang Yihan, et al). CT Calibrator Based on Virtual Instruments. 仪器仪表学报(Chinese Journal of Scientific Instrument), 2000, 21(4): 331~334
- 14 韩小涛,李启炎,王宇,等(Han Xiaotao, Li Qiyan, Wang Yu, et al). 虚拟仪器在互感器自动校验装置中的应用与研究(Research and Application of Virtual Instrument Technology to Transformer Calibrator). 电测与仪表(Electrical Measurement & Instrumentation), 2000, 37(415): 28~30
- 15 艾欣,郝玉山,杨以涵(Ai Xin, Hao Yushan, Yang Yihan). 虚拟仪器技术在电流互感器检测中的应用(The Applications of Virtual Instruments on the Measurement and Test of CT). 华北电力大学学报(Journal of North China Electric Power University),

2000, 27(2): 1~6

- 16 侯 毅, 韩 韬, 施文糠 (Hou Yi, Han Tao, Shi Wenkang). 基于虚拟仪器的变压器综合测试平台 (Virtual Instrumentation Solution to Integrated Measurement Platform for Power Transformers). 变压器 (Transformer), 2001, 38(1): 8~10
- 17 韩 文 (Han Wen). 虚拟仪器技术在发电机组启动试验中的应用 (The Application of VI Technology on the Test of Generation Start). 华东电力 (East China Power Technology), 2000(10): 56~57
- 18 黄义雄, 戚丽丽 (Huang Yixiong, Qi Lili). 虚拟仪器下的电力参数测试 (Power Parameter Measurement Based on Virtual Instrument). 自动化与仪表 (Automation and Instrumentation), 1998, 13(1): 12~13
- 19 王国燕 (Wang Guoyan). 虚拟仪器技术在动态电参数测试中的应用 (Application of Virtual Instrument Technique to Dynamic Electric Parameter Measuring). 新技术新工艺 (New Technology and New Process), 2000(7): 7~9
- 20 Caldara S, Nuccio S, Spataro C. A Virtual Instrument for Measurement of Flicker. IEEE Trans on IM, 1998, 47(5): 1155~1158
- 21 姿本刚, 刘永清, 吴今培 (Lou Bengang, Liu Yongqing, Wu Jinpei). 虚拟仪器在电力系统谐波测量中的应用 (Application of Virtual Instrument on Harmonic Measurement in Power System). 计算机自动测量与控制 (Computer Automated Measurement & Control), 2000, 8(5): 26~27
- 22 汪小平, 王绍兰, 杨维翰 (Wang Xiaoping, Wang Shaolan, Yang Wei-han). 基于 LabVIEW 软件虚拟仪器

- 的电质量分析仪 (The Power Quality Analyzer Based on LabVIEW Virtual Instruments). 仪表技术与传感器 (Instrument Technology and Sensor), 2000(5): 19~21
- 23 周 箭, 陈隆道, 郑家龙 (Zhou Jian, Chen Longdao, Zheng Jialong). 虚拟仪器技术在机电自动化进程中的作用 (The Action of VI Technology on the Procession of Mechanic and Electrical Industry Automation). 机械工业自动化 (Mechanism Industry Automation), 1998, 20(3): 13~16
- 24 Wang C T, Gao R X. A Virtual Instrumentation System for Integrated Bearing Condition Monitoring. IEEE Trans on IM, 2000, 49(2): 325~332
- 25 Young C P, Juang W L, Devaney M J. Real-Time Intranet-Controlled Virtual Instrument Multiple-Circuit Power Monitoring. IEEE Trans on IM, 2000, 49(3): 579~584
- 26 Stegawski M A, Schaumann R. A New Virtual-Instrumentation-Based Experimenting Environment for Undergraduate Laboratories with Application in Research and Manufacturing. IEEE Trans on IM, 1998, 47(6): 1503~1506

艾 欣, 男, 博士, 教授, 研究方向为电力系统分析与控制、虚拟仪器与电磁测量等。

杨以涵, 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力系统分析与控制、电磁测量等。

周孝信, 男, 中国工程院院士, 教授级高级工程师, 博士生导师, 中国电力科学研究院总工程师, 研究方向为电力系统分析与控制、FACTS 等。

VIRTUAL INSTRUMENT TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION TO POWER SYSTEM

Ai Xin¹, Yang Yihan¹, Zhou Xiaoxin²

(1. North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

(2. Electrical Power Research Institute of China, Beijing 100085, China)

Abstract: The characteristics and functions of the virtual instruments (VI) technology and LabVIEW software are introduced, and their applications to the power system at present are also presented. At last, the application prospect of VI in power system is prospected. It is regarded that VI is the 21st century instrument, and will be widely used in the measurement, control and simulation of power system.

Keywords: virtual instrument; power systems; measurement; control; simulation