

# 基于 LabVIEW 的虚拟仪器技术及其在电力系统中的应用

张鹏<sup>1</sup>, 杜萍<sup>2</sup>

(1. 山东大学电气工程学院, 山东 济南 250061; 2. 济南市自来水公司, 山东 济南 250001)

**摘要:** 本文阐述了虚拟仪器技术及其软件开发平台 LabVIEW 的特点和作用, 及其与传统仪器相比具有的优势, 介绍了虚拟仪器技术在电力系统中的若干应用实例, 认为虚拟仪器技术在电力系统中的应用前景是十分广阔的, 相信随着计算机技术的飞速发展, 虚拟仪器技术将在电力系统中发挥更大的作用。

**关键词:** 虚拟仪器; LabVIEW; 电力系统

## 0 引言

计算机软、硬件技术的飞速发展推动了当今测控技术的发展。传统的测控仪器多是以硬件或固化的软件为主, 这已经远远不能满足现代科技发展的需要。为此, 美国国家仪器公司率先提出了“软件就是仪器”的口号, 即利用目前计算机先进快速的处理能力, 主要通过软件, 并辅以一定的硬件设备, 实现传统仪器的功能。

当前, 虚拟仪器技术发展十分迅速, 已在电力系统各个方面如电力参数测量、电力系统电能质量分析、故障录波、小电流接地选线、电力系统短路实验、电力系统仿真等得到了广泛应用。它的出现给电力系统运行方式和提高电力系统经济效益带来了新的方法和途径。

## 1 虚拟仪器技术

### 1.1 虚拟仪器的概念

所谓虚拟仪器 (Virtual Instrumentation) 是指通过应用程序将通用计算机与功能化模块硬件结合起来, 用户可以通过友好的图形界面来操作这台计算机, 就像操作自己定义、自己设计的一台单个仪器一样, 完成对被测量的采集、分析、判断、显示、数据存储等。

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。

### 1.2 虚拟仪器的特点

所谓虚拟仪器的特点是与传统仪器相比较而得出的。虚拟仪器与传统仪器相比具有许多优点:

#### (1) 传统仪器

传统仪器的功能通常由仪器厂商定义, 资料无法编辑, 硬件是其关键部分, 测量的误差较大, 价格昂贵, 功能固定, 扩展性差, 技术更新慢, 开发和维护的费用高。

#### (2) 虚拟仪器

虚拟仪器的功能通常由用户自己定义, 利用计算机强大的数据处理能力可对资料进行分析、检索, 软件是关键。由于减少了对硬件的使用, 误差较小, 价格相对较低。根据需要可对软件进行修改以满足新的需要, 技术伴随着计算机的发展而发展, 更新较快; 开发和维护费用较低; 接口友好, 使用简便, 用户只需用鼠标即可完成全部操作; 可方便地与网络和其它外设相联系。

综合来看, 和传统仪器相比虚拟仪器技术具有如下几个特点:

1、分析结果精度高。由于虚拟仪器能同时对多个参数进行实时高效的测量, 信号的传送和数据的处理几乎都是靠数字信号或软件来实现的, 所以大大降低了环境干扰和系统误差的影响, 在很大程度上减小了测量和计算引起的误差。

2、性价比高。虚拟仪器价格相对同类功能的传统仪器要便宜得多, 以虚拟仪器的形式开发系统可以降低测试系统的硬件环节, 从而降低系统的开发成本和维护成本。想要改进或改变系统的功能, 用户只要改动相应的软件即可而不需改变任何硬件。

3、界面友好、操作简单、智能化高。在基于 Windows 技术的虚拟仪器面板上, 用户通过鼠标和键盘即可完成所有的操作。

4、通用性、可扩展性强: 通用的硬件环境可支持多种模块化仪器, 而且虚拟仪器软件可移植性强。虚拟仪器面向应用的系统结构可以方便地与网络等外设连接。

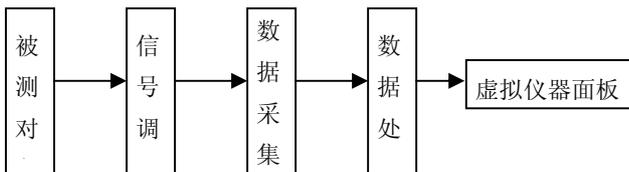
正是由于虚拟仪器与传统仪器相比具有上述优点, 所以虚拟仪器在工程实际中应用的越来越广泛, 并且在不久的将来, 会逐步取代传统仪器。

### 1.3 虚拟仪器的开发平台

虚拟仪器的软件开发平台目前主要有两类：第一基于传统语言 C、VC、VB 等，开发人员须有较多地编程经验；第二类是基于图形组态和编程的图形组态软，例如 LabVIEW 软件。LabVIEW 是实验室虚拟仪器集成环境 (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) 的简称，是美国国家仪器公司 (NATIONAL INSTRUMENTS™，简称 NI) 研制的虚拟仪器图形编程语言，它具有直观界面、便于开发、调试轻松、易于学习和掌握的特点，并且具有各种仪器驱动程序和工具库，是一个大型仪器系统开发平台。它开创了一种新的研究方法。LabVIEW 以软件为中心，用计算机强大的计算、显示和连接能力，在屏幕上组建用户自己的仪器仪表，实现“软件就是仪器”的功能。

### 1.4 虚拟仪器组建方案

虚拟仪器按其构成方式可以分为很多种，但是最基本也是使用地最为广泛的便是基于 DAQ(数据采集)的虚拟仪器系统，其流程图如下图所示：



常见的虚拟仪器组建方案

## 2 虚拟仪器技术在电力系统中的应用

任何仪器设备最根本的作用便是测取数据，同样虚拟仪器也是。虚拟仪器的所有功能都是在对所测数据进行分析、处理的基础上所获得的，因此数据测取便成为虚拟仪器的根本功能。与传统仪器相比，虚拟仪器可以任意选择被测量的数目、采样频率、数据处理方法、结果显示、数据存储等，于是在数据测取这一基本的功能基础上，通过对数据的分析处理便实现了虚拟仪器在电力系统中的各种应用。具体如下：

### 2.1 虚拟仪器在电力系统测量中的应用

这里所说的测量并不是简单对电压、电流、温度等常规电力系统物理量的测量，例如在进行电力系统潮流计算时，涉及到电压、电流和相位角的测量。电压和电流使用任何仪器就可以测量，而相位角的测量由于涉及到异地准确授时问题不容易进行测量。

现代的 GPS 技术解决了原来点了系统由于没有准确授时而无法做到的异地相角比较的问题。文

献[1] 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。

### 2.2 虚拟仪器在电力系统谐波测试中的应用

电力系统谐波的存在对电力系统的网损和安全存在巨大的影响，因此应提高对电力系统谐波的重视<sup>[2]</sup>。

以往在谐波测试时，需要大量的仪器设备，而且感应式的仪器设备受到谐波干扰后会产生测量误差，使用虚拟仪器便可以避免这个问题。文献[2]介绍了谐波测量的原理和虚拟谐波测试仪的构建方式。该谐波测试仪根据对电压、电流信号同步性和精确性，采用调整采样率的方法来确定定时器的定时值以实现采样的同步。当电力系统频率变化时，通过软件的频率跟踪功能确定电网频率，重新调整采样率，这样便可以尽可能地防止频谱失真和抑制谐波泄漏误差。

### 2.3 虚拟仪器在电力系统信号分析中的应用

电力信号的分析 and 处理是对电力系统进行分析的重要途径，因为电力信号中包含了电力系统的大量信息。通过对电力信号进行时间域、频率域、幅值域等不同域中的分析与处理，可以分析出电力系统的各种信息，如网络结构、系统参数等<sup>[3]</sup>。

文献[3]用 LabVIEW 软件开发了虚拟测试分析仪，用于信号的分析与处理。虚拟测试分析仪由三大功能模块组成：信号示波功能模块、数据采集功能模块、信号分析处理功能模块（包括时域分析模块和频域分析模块）。虚拟测试分析仪通过对信号的分析便可以得到信号的自相关性、互关性等时域信息，以及自动频谱、传递函数等频域信息。

### 2.4 虚拟仪器在电能质量分析中的应用

随着国民经济的发展，微电子和电力电子器件的广泛应用，对电能质量的要求越来越高。同时由于非线性、冲击性和不对称负荷等干扰性负荷和其它如系统故障等扰动源的存在，造成了大量的电能质量问题，不但影响了公共电网安全可靠运行，也对各种电力用户造成了危害。提高电能质量成为一件迫在眉睫的事情，建立和实施电能质量的检测和分析是提高电能质量的一个重要技术手段。

传统的电能质量的测量是由分离的仪器完成，成本高、自动化程度低、数据不集中、难以进行相关的分析、大量的采集工作重复，难以提供一个系

统的分析结果。山东大学电气工程学院电能质量与电力电子实验室设计了一种基于 LabVIEW 的虚拟电能质量检测和分析系统,可以对电压偏差、频率偏差、三相电压不平衡、电压谐波总畸变率、电压波动与闪变等 40 多项电能质量指标进行量测,可以对电能质量进行全面、准确的分析。本文详细介绍了基于 LabVIEW 的虚拟电能质量检测和分析系统的软件和硬件设计方案,限于篇幅,本文只对电能质量中的频率偏差、电网谐波和三相不平衡度等重要指标进行了详细分析,并给出了其检测方案和程序框图。

## 2.5 虚拟仪器在电力系统故障录波中的应用

对电力系统中个电量的实时波形进行监测与分析可以准确反映出系统的实际运行状态,由于系统暂态过程非常短暂,以目前传统的测试设备的技术水平难以完全实现在线数据分析,于是文献[4]便开发了一种基于虚拟仪器技术的故障录波装置,该装置可以使用较高的采样率记录电力系统故障时各电量的变化情况,为电力系统故障分析和保护的动作为分析提供依据。该装置主要有以下特点:

- 1) 便于事故分析。
- 2) 便于寻找故障点。
- 3) 便于了解系统运行情况。
- 4) 便于监视系统中的主要设备。

利用虚拟仪器技术开发基于 PC 机的故障录波装置,可使其硬件结构简单、可靠性高、兼容性好、功能大大增强、使用更为灵活,并且可通过更新软件实现不同的记录要求。

## 2.6 虚拟仪器在小电流接地系统单相接地故障选线中的应用

小电流接地系统即中性点不直接接地系统 (NUGS),我国的城市电网 35KV、10KV、6K 和部分 380V 均为 NUGS。NUGS 系统单相接地时可以继续运行 1~2 小时,但是随着系统容量的增加,线路总长度增加,电容电流加大,弧光接地引起的过电压倍数很高,如不及时找到故障线路将其切除,将会扩大事故<sup>[5]</sup>。

现在各种选线方法是根据不同的故障信息来进行选线判断,适用范围不一样,检测的准确度和精度也不一样。在实际情况中,各种不确定因素对选线方法构成一定的干扰,使单一的选线方法选线不准确。

文献[6]设计了一种基于虚拟仪器技术的小电流接地系统单相接地故障选线装置,该装置对各种故障信息进行综合分析,利用数据融合技术,对故

障电流的暂态分量和稳态分量分别选线,以消除单一选线方法的固有缺陷,这样能明显提高选线的精度。

文献[7]基于群体比幅比相原理进行故障选线,即:监视  $U_0$ ,当它大于电压闭锁设定值  $U_t$ 时,启动采样,并进行 FFT 分解,按基波或五次谐波排队取幅值最大的前三个电流进行比相,若某个与另外两个方向相反,则判该线路接地,否则为判母线接地。

由于采用了虚拟仪器技术,上述两种装置开发周期比较短,并能根据不同用户的要求改变参数,灵活配置。用虚拟仪器技术来实现配电网单相接地故障选线装置是一个很好的方法。经现场验证,基于 PC 机的虚拟选线装置具有良好的可靠性,并具有可扩展性强、稳定、操作方便灵活等特点。

## 2.7 虚拟仪器在电力系统短路实验中的应用

由于电力系统的稳定性关系到国计民生,所以它对新接入的装置,在可靠性方面要求很高。大部分装置在实际应用于现场之前,必须先进行动模实验室经过短路试验。实验包括当系统在各种不同的合闸角发生短路时测取装置的各个动态参量在短路过程中的瞬时变化曲线,所以电力系统短路试验的数据采集和控制系统必须精度高,响应快,并且能够精确控制合闸角的大小。采集与控制系统能否达到这样的要求在很大程度上决定了短路试验的成败。如果使用传统的仪器来进行则很难实现上述要求,而这正是虚拟仪器的优势所在。

文献[8]介绍了一种适用于电力系统短路试验的实时数据采集和控制系统,硬件以 NI 公司的 PCI 总线 E 系列数据采集卡为核心,软件以 LabVIEW 为开发平台。通过该系统,可以同时获得高采样速率和高采样精度,并且能够精确控制瞬间合闸角的大小。

## 2.8 虚拟仪器在电力系统仿真中的应用

电力系统关系重大,不能随便在电力系统上进行实验。电力系统仿真可以在不使用电力系统的基础上进行电力系统的实验,这样做得好处是可以减小试验成本,使没有条件进行系统试验的人先用仿真程序进行模拟电力系统的试验。

虚拟保护便是对继电保护进行仿真的一个例子。文献[9]中的虚拟保护便是对电力系统继电保护进行仿真。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,可以根据任意设定的三段阻抗、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。

### 2.9 虚拟仪器在电力系统中的应用小结

从上述虚拟仪器在电力系统中的应用可以看出，采用虚拟仪器技术可以有效的代替传统的测试设备进行电力参数的测量、电力系统谐波测试、电力系统信号分析、电力系统故障录波、电力系统小电流接地系统单相接地故障选线、电力系统短路实验、电力系统仿真等，而且更加高效、准确和便捷。

同传统仪器相比，虚拟仪器的优势显而易见。它具有成本低、资源利用率高、测试速度快、使用灵活方便、开发更快速和用户界面友好等优点。此外，它还具有良好的可扩展性，随着电力系统的逐步扩容对设备需求的不断增加，可根据技术的发展和用户的需求不断进行升级，避免二次开发或降低二次开发难度，减少设备的投资，提高了电力系统的经济效益，为电力生产和电力系统可靠运行提供了一条重要途径。

### 3 结语

本文介绍了虚拟仪器及其开发平台 LabVIEW 软件的概念和特点，以及与传统仪器相比虚拟仪器所具有的优势。通过对虚拟仪器在电力参数的测量、电力系统谐波测试、电力系统信号分析、电力系统故障录波、电力系统小电流接地系统单相接地故障选线、电力系统短路试验、电力系统仿真等方面的应用，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。

#### 致谢

本文在写作过程中得到了王昌林教授的大力

支持和帮助，还有来自青岛大学电气工程学院陈贵基教授和张家霆讲师在虚拟仪器技术和电力系统知识方面的大力支持，可以说没有他们便没有这篇文章的问世，在此向他们致以崇高的敬意。

### 参考文献

- [1] 艾欣, 杨以涵, LabVIEW 在电力系统实时相角测量监视系统中的应用, 16 届全国高校电力系统自动化年会论文集: 2000. 1006~1009
- [2] 黄纯, 等. 基于虚拟仪器技术的电力谐波测试仪, 电力自动化设备, 2001 (11): 55~57
- [3] 唐贵基, 刘玉秋, 虚拟测试分析仪的信号分析与设计, 机电产品开发与创新: 2003 (5)
- [4] 王晓蔚, 顾文平, 基于虚拟仪器技术的故障录波装置的开发, 继电器: 2002 (5)
- [5] 郝玉山, 杨以涵, 任元恒等. 小电流接地微机选线的群体比幅比相原理. 电力情报, 1994, (2): 15~196
- [6] 王宁, 贾清泉. 基于虚拟仪器技术的小电流接地系统单相接地故障选线装置, 中国高等学校电力系统及其自动化专业第二十二届学术年会论文集: 2004. 1249~1251
- [7] 王磊, 王宁. 用 LabVIEW 实现单项接地故障选线装置, 电子技术: 2003 (11)
- [8] 张家澄, 肖立业等. 电力系统短路试验用实时数据采集和控制系统的研制, 测控技术: 2002 (3)
- [9] 严慧敏, 潘文霞. 虚拟仪器技术及其在电气试验中的应用. 华东电力, 2002 (12): 78~79

### 作者简介:

张 鹏 (1981-), 男, 山东青岛人, 汉族, 硕士研究生, 主要研究方向为电能质量的治理与评估。

Email:zhp@mail.sdu.edu.cn

杜萍 (1977-), 女, 山东济南人, 汉族, 工程师, 主要研究方向为电能质量等。

Email:duping@hotmail.com