

文章编号: 1005—7277(2008)01—0045—05

基于 LabWindows/CVI 的电器试验用多参数 测试系统的虚拟仪器平台

王 武

(天水长城电器试验研究所, 甘肃 天水 741018)

摘要: 介绍了基于 LabWindows/CVI 的电器试验用多参数测试系统的虚拟仪器平台的实现。在硬件方面, 由传感器、电压和电流放大器、数据采集卡和工控机组成硬件平台; 在软件算法方面, 使用了谱分析法, 结合 Blackman 窗对采集信号进行数据处理, 大大提高了测试精度。软件编程中采集结构化编程思想, 利用先进的虚拟仪器程序设计语言工具 LabWindows/CVI, 使得测试系统的软件结构清晰, 易于维护和扩充。

关键词: 电器试验; 虚拟仪器; LabWindows/CVI

Virtual instrument platform of multi-parameter testing system
for electrical apparatus on LabWindows/CVI

WANG Wu

(Tianshui Changcheng Electric Apparatus Testing Research Institute, Tianshui 741018, China)

Abstract: The virtual instrument platform of Multi-parameter testing system for electrical apparatus on LabWindows/CVI is introduced. In hardware, the platform is composed of sensor, amplifiers of voltage and current, data acquisition card and industrial PC. In software algorithm, the Blackman Window on FFT algorithm is used for data processing. The precision of system is enhanced greatly. The module programming thought and advanced software LabWindows/CVI made the system easy to maintain and robust in structure.

Key words: electrical apparatus testing; virtual instrument; LabWindows/CVI

1 引言

虚拟仪器技术是当今计算机辅助测试领域的一项新技术, 可取代传统仪器进行测试等工作。虚拟仪器与传统仪器相比, 有如下特点: 在通用硬件平台确定的基础上, 由软件取代传统仪器中的硬件来完成仪器的功能; 仪器的功能可根据用户需要由软件来定义, 而不是事先由厂家定义好;

仪器性能的改进和更新只需进行相关软件的设计更新, 而不需要购买新的仪器; 虚拟仪器在工程应用和社会效益方面具有突出优势。目前我国高档台式仪器如数字示波器、频率分析仪、逻辑分析仪等还主要依赖进口, 这些仪器加工工艺复杂, 对制造水平要求高, 生产突破有困难, 而采用虚拟仪器技术克服了上述缺点; 研制周期较传统仪器大为缩短; 虚拟仪器开放、灵活, 且与计算机同步发展, 与网络及其它设备互联。

虚拟仪器还具有功能多, 体积小, 使用方便, 易于将其它硬件与计算机相连, 虚拟操作面板上的操作键由软件直接生成, 可避免传统仪器常出现

的机械故障, 虚拟仪器资源可重复使用等优点。

低压电器试验是保证低压电器产品质量与可靠性的重要手段, 也是改进产品设计的重要途径。在虚拟仪器中, 当数据采集卡、计算机和必要的信号输入/输出设备构成的硬件平台确定后, 软件是测量功能的关键, 从某种意义上来说: “软件就是仪器”, 系统的软件设计采用 LabWindows/CVI6.0 虚拟仪器软件开发工具来完成。利用该工具可以方便地实现虚拟面板的设计, 可调用数据采集、驱动、串口通讯等程序。同时, LabWindows/CVI6.0 提供 C 语言的编程环境, 可用于编制满足测试功能的一些特殊算法的测试程序。

2 虚拟仪器平台的硬件设计

2.1 传感器部分

低压电器通断试验属强电的瞬变信号, 在试验过程中, 开关断口间产生的过电压高, 分断电流大, 都需要经过电压、电流传感器才能送入数据处理系统, 由于这些瞬变信号中含有高频分量, 因此

一般的电压互感器和电流互感器都不适用，而选用精度高且频响特性好的传感器，以期能不失真地准确传递信号。

2.1.1 电压传感器

分压器可分为电阻分压器、电容分压器和阻容分压器。开关电器在进行交流通断试验时，施加工频电压，频率比较低，为了避免相位失真，选用电阻分压器。在电压的记录测量中，如果被测电压的幅值很大，常使测量仪器不能承受，对于电压放大器，其耐压水平为 1000 V，在这种情况下可采用桥式分压方法来测量，同时电阻选用具有低感性的标准电阻，而且对选用电阻进行了老化和阻值挑选。其线路如图1所示。

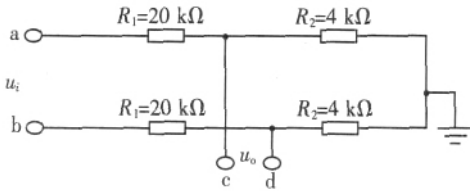


图 1 测量电压用桥式分压电路

其中 R_1 、 R_2 是附加的标准电阻，分压比为 6:1，这样，c、d 两点输至系统的电压就等于被测电压信号的 1/6，它的对地电压只等于被测电压的 1/12。

2.1.2 电流传感器

开关强电流实验室对大电流的测量，特别是分断实际电流的测量，除了周期分量外，还存在非周期分量，大小容量的产品及试验的种类都很多，使得电流测量的范围很大，从几十安到 200 kA，要准确地测量分断试验的瞬态电流，传感器是一个重要的测量环节。常用的电流传感器有铁芯电流互感器、低感分流器、带气隙的铁芯电流互感器、ROGOWSKI 线圈等。目前认为测量短时大电流的传感器用 ROGOWSKI 线圈为好。

ROGOWSKI 线圈是将绕组导线均匀地绕在一个非铁磁性材料环骨架上，母线从线圈中心穿过，当母线上有电流通过时，根据电磁感应原理在线圈两端会产生一个感应电动势，在这两端接上合适的电阻 R ，就可以测量电流。由于绕组线圈本身与电流回路没有电的

联系，而是通过电磁场耦合，故与主回路有良好的电气绝缘，线圈上的感应电动势为：

$$\epsilon(t) = \frac{d(\cdot)}{dt} = \frac{\mu_0 NS}{2r} \times \frac{d(i)}{dt}$$

式中： N 为线圈匝数； (i) 为被测电流； r 为绕组的平均半径； S 为绕组的横截面积； $\mu_0=4 \times 10^{-7} \text{H/m}$ （真空磁导率）。

在实际使用中，由于输出的二次电压与一次母线电流的导数成正比，故在相位上相差 $1/2$ ，为了使它们相位一致，故需在线路上加一积分环节，这样，整个采样绕组回路由绕组线圈、测量回路和积分回路组成。ROGOWSKI 线圈的基本原理如图 2 所示。

由图 2 可知：

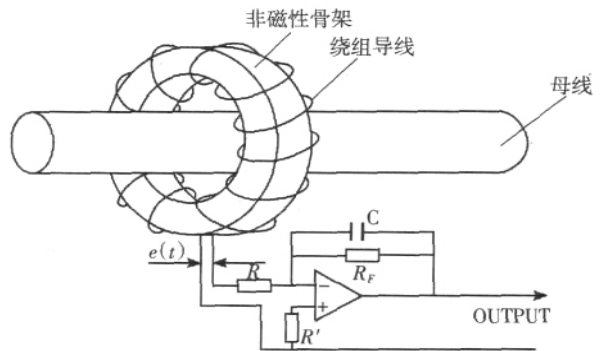


图 2 ROGOWSKI 线圈基本原理

$$\frac{u}{\epsilon(t)} = \frac{R_F/R}{1+j R_F C}$$

本系统选用 ROGOWSKI 线圈，它分为固定式和可弯曲式两种，固定式线圈经积分放大器输出为 4 档，灵敏度分别为 10A/V、100A/V、1kA/V、10kA/V，测量准确度为 $\pm 0.1\%$ ，频宽为 1Hz- 10kHz $\pm 3\text{dB}$ ；可弯曲式的线圈经积分放大器二次输出为 4 档，灵敏度分别为 0.1kA/V、1kA/V、10kA/V、100kA/V，测量准确度为 $\pm 1.0\%$ ，频带宽为 1Hz- 100kHz $\pm 3\text{dB}$ 。

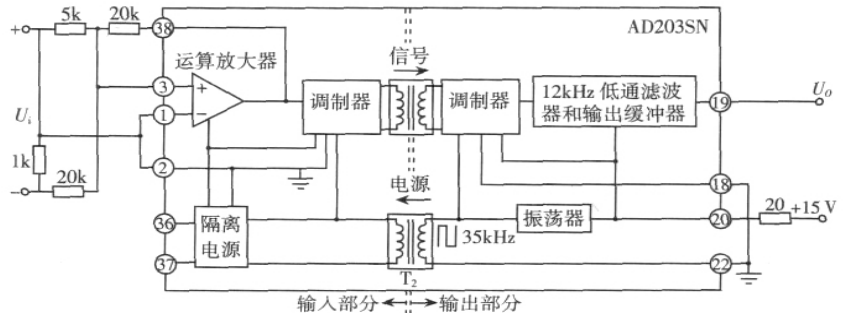


图 3 放大电流信号的电压放大器电路图

2.2 前置放大器部分

2.2.1 放大电流信号的电压放大器

电流信号经 ROGOWSKI 线圈采样后,传输到放大电流信号的电压放大器,电压放大器的输入范围为 0-5V,且对放大器中选用的电阻进行老化和电阻值挑选。电路如图 3 所示。

隔离放大器选用稳定微小温漂的隔离运算放大器 AD203SN,它通过变压器隔离信号和电源,应用于比较恶劣的环境条件,其信号输入范围为 $\pm 10\text{V}$,输出范围为 $\pm 10\text{V}$,带宽为 10 kHz,工作温度范围为: -55 至 +125,该放大器的非线性在 $\pm 0.025\%$ 之间,增益为 1-10,隔离电压为 1500 V (有效值)。

2.2.2 电压放大器

电压经精密电阻分压后,传输至电压放大器,放大器输入范围为 0-200 V,电压放大器电路如图 4 所示。

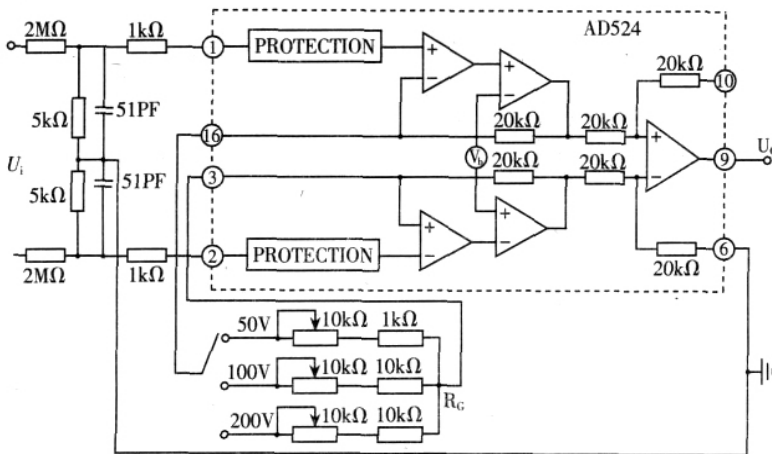


图 4 电压放大器电路图

由图 4 可知经过电压传感器分压的输入电压传输到差分式放大器经 2 M 和 5 k 精密电阻分压送入高精度的单片集成测量放大器 AD524 的 2 个运算放大器的反相输入端,AD524 是一种高增益、高输入电阻和高共模抑制比的高精度放大器,其最大的放大倍数 $A=1000$,非线性度仅为 0.003% (当 $A=1$ 时),共模抑制比 $CMRR>120\text{dB}$ (当 $A=1000$ 时)。

2.3 数据采集卡

NI6220 数据采集卡 DAQ 是性价比很高的产品,采样速率高达 250 kHz/s,支持 DMA 方式和 BURST 模式,保证了实时信号不间断采集与存储。它支持双极性和单极模拟信号输入,信号输入范围分别为 (-5 ~+5) V 和 (0-10) V,其中 A/D 转换器为

16 位,提供 16 路单端或 8 路差动模拟输入通道,24 路数字 I/O 口。本设计采用双极性模拟输入模式。

3 系统软件设计

虚拟仪器程序设计语言工具 LabWindows/CVI 6.0 的核心是对象编程,虚拟仪器的面板和面板中的控件等都是对象。对象是数据和代码的组合,在 LabWindows/CVI 虚拟仪器的设计中,可将对象中的代码和数据当作一个整体来对待。其编程的主要特点是将用户界面当作面板,模拟一台实际仪器的面板,类似于 VB 或其它编程语言中的 FORM,同时它也是一个对象。虚拟仪器的面板是传统仪器面板与软件界面的融合。同时,LabWindows/CVI 以 ANSI C 为核心,将功能强大,使用灵活的 C 语言平台和用于数据采集分析和表达的测控专业工具有机地结合起来。它的集成化开发平台,交互式编程方法,丰富的

功能面板和库函数大大增加了 C 语言的功能,为检测系统、自动测量环境、数据采集系统、过程监控系统等提供了一个理想的软件开发环境。检测系统主要由软件完成最多 8 路信号的采集、分析处理、波形显示和数值运算。因此,检测系统软件总体包括系统初始化、数据采集、波形显示、数值运算与分析等四大模块。

以上各模块的编程可应用 LabWindows/CVI6.0 软件开发平台,各模块的编程可以调用子程序,而子程序的某些功能可以通过调用相应的库

函数原码模块实现。主程序的流程图 5 所示。

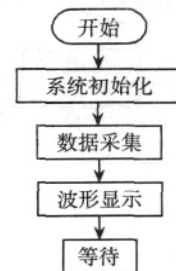


图 5 主控程序流程图

3.1 系统初始化模块

系统初始化包括数据采集卡的初始化、显示波形的初始化以及将采集到的数据存入指定的存储单元等功能。系统初始化模块的流程如图 6 所示。

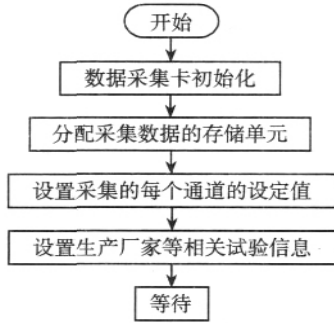


图6 系统初始化模块流程图

数据采集卡的初始化包括数采卡的触发模式、A/D极性、A/D输入通道、采样频率和采样点数等的设置。在本系统设计中,数据采集卡选用软件触发模式、双极性单端输入通道模式,采样频率最高为250 kHz,根据采样数据的长短,可以设置所要采样的点数。

3.2 数据采集

这一部分的软件设计主要实现原始数据的采集和存储,在设定好初始化模块后,可以进行数据的采集,采集完成后,数据将和系统的初始化设定值一起存入文件中,数据采集模块的流程如图7所示。

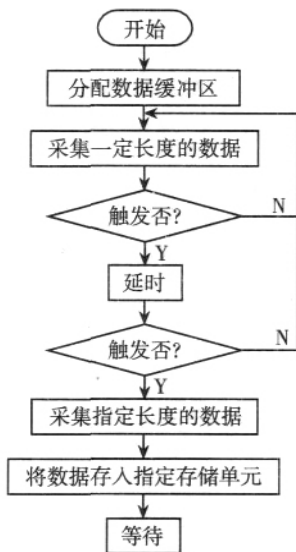


图7 数据采集模块流程图

当各种初始化程序完成后,软件发出采集指令,软件控制数据采集卡SH端口发出采样/保持脉冲,同时数据采集卡对各通道的信号进行采集,保存到指定的存储单元,待检测到触发信号时,将以后的波形锁定,存入存储单元,以便采集完成后,调入数据进行信号分析处理。

4 测试系统的应用实例

电器试验用多参数测试系统的目的是得到在试验过程中的实际波形以及相关参数,如有效值、峰值、焦耳积分等,从而进行数值的相关分析,得到有价值的结论。如图8所示为测试系统采集到的实际波形,该波形为低压接触器在6000次的操作性试验过程中采集到的瞬态波形。在得到瞬态波形后,通过调用相应的数值运算与分析软件,可以获得电压和电流的有效值和峰值、功率因数、焦耳积分、通电时间、燃弧时间、通断时间,弧前 I^2t 、熔断 I^2t 等参量。

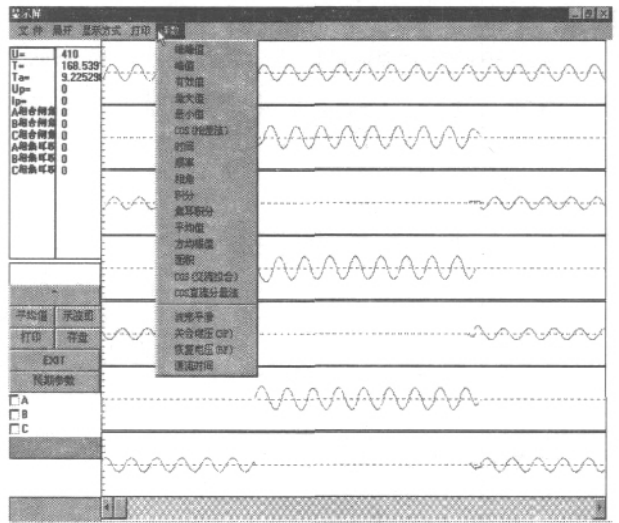


图8 数值运算与分析面板

5 结束语

所谓虚拟仪器就是在通用的带有数据采集卡的计算机平台上配合测试输入通道调理电路,编制不同的软件做成不同功能的测试仪器,从而大大缩短了研发周期,降低了研发成本。LabWindows/CVI是一种专用的虚拟仪器软件平台,它提供了丰富的数据采集、分析和存储库函数,用它来做测试平台,可以代替硬件测试设备,还可以根据用户要求定义和设计仪器,真正实现了“软件就是仪器”的概念,降低了系统的开发成本。

参考文献:

[1] 丁正平, 齐忠毅. 开关电器强电流试验计算机数据采集系统[J]. 江苏电器, 2001, (6).

[2] 刘君华, 白鹏, 汤晓军, 郭会军. 基于LabWindows/CVI的虚拟仪器设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.

[3] 刘君华, 申忠如, 郭福田. 现代测试技术与系统集成[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

- [4] 刘君华, 白 鹏, 贾惠芹, 阎晓艳. 虚拟仪器编程语言 LabWindows/CVI 教程 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [5] 张毅刚, 乔立岩. 虚拟仪器软件开发环境 LabWindows/CVI6.0 编程指南 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

作者简介:

王 武(1971-), 男, 工程师, 毕业于西安交通大学电气工程学院, 工程硕士, 现从事低压电器试验方面的工作。

收稿日期: 2007-03-20

(上接第 38 页)

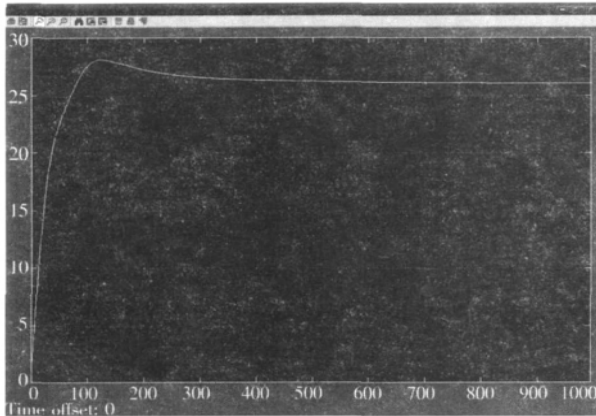


图 6 复合模糊 PID 控制房间温度的响应曲线

控制和 PID 控制比例系数的调整, 充分发挥了各自的优点, 该控制器具有良好的动、静态性能, 特别是对参数变化及干扰的适应性、稳定性明显优于单一的控制, 应用于调节压缩机功率, 使系统

有更快的动态响应、更小的超调量, 使系统体现出节能与舒适两大优势, 实现了房间温度良好控制的目的, 具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 薛定宇, 陈阳泉. 基于 MATLAB/Simulink 的系统仿真技术与应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [2] 王明东, 苏明霞. 关联型模糊 PID 复合控制器的 Simulink 建模与仿真. 郑州大学学报 (学版), 2006, 27 (1): 79-81.
- [3] 杨春敏, 王信用. 房间温度模糊控制系统及其仿真 [J]. 能源技术, 2003, 24 (3): 97-99.
- [4] 吴晓莉. MATLAB 辅助模糊系统设计 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.
- [5] 段振刚. 空调器模糊控制的研究 [J]. 北京轻化工业学院学报, 1996, 14 (1): 65-71.

作者简介:

范文礼(1980-), 男, 汉, 辽宁沈阳人, 硕士研究生。现就读于兰州交通大学自动化与电气工程学院, 专业为控制理论与控制工程, 曾工作于天水电气传动研究所。

收稿日期 2007-03-29

(上接第 40 页)

型的领域知识。

模糊查询是为了适应现场钻井工程技术人员的需要, 构造的领域知识咨询系统。当钻井工程技术人员想了解某方面的事故知识时, 根据事故类型、事故征兆、事故控制和事故事例等相应知识可自动调出其相关内容。

事故事例查询库主要收录了国内个大油田的相关事故类型的事例, 它包含事例的油田名称、井号、基础数据、井深结构数据、事故发生经过和事故处理过程等内容。

事故控制查询库收录了国内多种钻井事故类型的处理办法, 它可以提供事故发生的基本资料和专家的处理措施, 工程技术人员可以借鉴专家提供的相关事故的处理方法。

6 结论

开发钻井事故知识实时咨询系统是在事故诊断的基础上, 根据油田的实际情况, 利用 Visual

Basic 程序设计语言, 充分利用面向对象方法 (OOP) 和 Active 控件技术等先进的编程方法和思想实现本查询系统, 它可成为钻井事故知识的助理工程师。

参考文献:

- [1] 郭建民. 钻井事故处理实例知识表示模式的研究 [J]. 西安石油大学学报 (自然科学版), 2005, (4), 241-243.
- [2] Walt Aldred Dick Plumb, Ian Bradford John Cook Vidhya Gholkar. Managing drilling Risk. Oilfield Review, Summer 1999: 2-20.
- [3] 蒋希文. 钻井事故与复杂问题 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [4] 朱素英. 基于语音的图书资料查询汉语接口研究 [D]. 国防科技大学, 2005, (6): 38-41.

作者简介:

韩朝辉(1976-), 男, 硕士研究生, 毕业于西安石油大学, 现为长庆石油勘探局工程技术研究院特殊井工艺技术服务中心工作。

姜季丰(1970-), 助理工程师, 现在甘肃省天水市首钢岷山机械厂从事新产品开发和研究设计工作。

收稿日期: 2007-01-09