

运用 LabVIEW 和 PCI-6025E 开发变压器通用试验系统

作者：阙隽瑜 陆锦明

职务：试验工程师

公司：顺德特种变压器厂

应用领域：产品测试

使用产品：LabVIEW 6i 、
PCI-6025E 、 Application
Builder 、 Database Connectivity
工具包

挑战：准确测量三相电流三相电压信号，判断各种异常情况并实现正确操作，通过与仪器通信和数据库调用构建经济灵活的多功能自动化测试系统。

应用方案：用NI公司的LabVIEW 6i 结合 PCI6025E 开发的基于 PC 变压器自动测试系统，可集成原有设备仪器，实现自动调压，故障分析，试验参数及试验结果的自动存取等功能，完成多项产品试验，交互性良好，维护简易。

介绍：变压器试验原理统一采用 IEC 标准，各变压器制造厂商的试验部门在仪器设备及试验方法上都具有共性。本系统可在较少经济投入下实现手动系统到自动系统的升级，并能进一步实现一机多仪的虚拟仪器概念，相信其将在变压器制造业拥有广阔的应用前景。本系统已于本单位试运行半年，胜任各项产品的例行试验，并因其高度智能化受到试验人员的好评。

系统概述

变压器自动测试系统主要采用 National Instruments (简称 NI) 的数据采集卡和虚拟仪器软件搭建系统主体，由于数采卡自带驱动程序，省却编程人员在创建应用程序和采集卡间的接口程序所耗时间，软件本身的可在计算机程序的控制下完成变压器常规试验全过程的实

验系统，可实现合闸、调压、读数、数据处理、打印报告的一次完成，提高试验的准确性及快速性，减少试验人员的机械重复劳动。系统结构图如下：

路的信号传送到 DAQ 卡上进行测量。

PCI-6025E 是 National Instruments 公司的一块多功能、低价位的数据采集卡，12 位精度，16 路单端/8 路差分模拟量输入，2

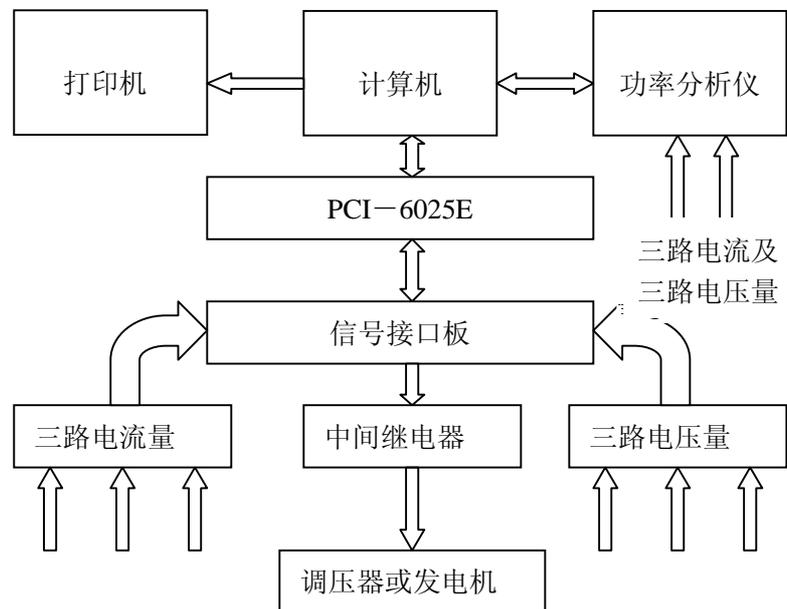


图1 系统结构图

信号测量

系统测量的信号是变压器试验中高低压侧的三相电压/电流值，及时计算不平衡率和相关参数作为出错判断的依据，在电压/电流到达设定值时，锁定调压器，并测量此时的电压/电流值用以计算试验数据。此模块的硬件部分有 PCI-6025E 和自制接口电路板组成，由于大多数变压器厂家的测试线路中，电流电压信号在 0~600A 和 0~1000V 之间，显然与 DAQ 卡的 0~5A 和 0~10V 的测量范围不符，因此采用 0.1 级的电流电压变送器将普通测试线

路模拟量输出，8 位数字量 I/O，200K 采样率，使用 PCI 接口，可直接应用于普通 PC 的 PCI 插槽上。利用 NI 的软件 Measurement & Automation Explore 快速启动，安装驱动程序，设置工作模式（差分还是单端），重新启动便可使用。此卡不需跳线、电位器和地址转换器，是一种安装使用方便、即插即用的板卡。在这个应用中，我们选择 6025 作我们的采集卡，主要是因为它使用方便，更为重要的是和 LabVIEW 有良好的接口，无需花时间编写板卡和软件间的驱动程序，节省了工

程人员的大量精力。我们要测 3 路电流和 3 路电压量，共需使用 6 个通道，因此我们采用差分输入模式。正常情况下，电网提供三相交流电为正弦波，常用测量仪表读取有效值用于计算，我们在每个周期每相电压采样 600 点瞬时值，因此 DAQ 卡测得数据先经有效值计算，再传递到面板及计算子程序。

试验控制

本系统需根据试验指令依次执行调压器原，副边合闸，调压器升压降压，调压器分闸等功能，根据试验种类和参数调整执行次序和调压速度，在到达设定电压（电流）值时，保持电压不变并等候功率分析仪采集数据，时刻对比检测电压电流与标准值，一旦发现错误马上切断电源，给出出错信息。控制对象为若干继电器和调压器。

合闸与分闸的动作由 PCI-6025E 输出数字信号控制，调压器由 PCI-6025E 输出的模拟量控制。由于 PCI-6025E 和控制对象存在功率不匹配的问题，因此两种信号都需经小功率元件控制大功率的控制对象。我们采用的方案是用两级继电器将数字信号传递到大功率的继电器上，过渡的继电器与模拟信号输入变送器集成在同一块接口电路板上，并用隔离芯片防止电信号反串入 DAQ 卡中；模拟信号则通过控制变频器达到控制调压器的目的，变频器的控制方式有数字控制和模拟量控制两种，为实现调压器电机的无级调速，我们通过输出模拟量控制变频器的输出，用变频调速控制调压器的升压速度，满足各种试验电压等级的升压要求，实现电压的全闭环精确调节控制。

变压器试验基本包括空负载试验，耐压实验，针对不同产品如铁心电抗器，消弧线圈等还包括零

序阻抗测量等，由于各项试验都包含基本的测量和控制步骤，因此我们采用按产品组建系统，分级调用子程序的结构，同一产品的所有试验集成在同一程序中，通过程序数据接口和全局变量在程序间传递数据。对于全局变量的应用，由于全局变量没有即时刷新功能，因此经常出现某事件的几个输入值不同步的情况。我们在每个需即时刷新的全局和本地变量的外围建立一个只有一个 FRAM 的 SEQUENCE 结构，在事件发生的同时激活变量，可保证变量采得最新数据。由于全局变量在主程序运行期间始终占用内存，而本地变量只在子程序调用期间存在，子程序关闭后自动释放空间，因此为节省内存空间，在每个需调用全局变量的子程序中将全局变量的值赋给一个 INDICATOR 的本地变量，然后用 WHILE 循环刷新，可用程序停止标志做停止循环的判断。

由于试验系统控制对象为高压大电流系统，因此防误操作在系统设计中占据很大的比重。我们将接口电路板电流超差，三相电压/电流不平衡判断置于数据采集子程序中，将零序阻抗超差，阻抗电压超差，空载电流过大分别置于零序

阻抗试验，负载试验和空载试验中。如果按以往程序流程设计，程序每执行一个循环只判断一次出错信息，显然不能满足要求，因此错误判断独立于正常操作流程以外，可以高速刷新数据和计算以远小于正常操作周期的时间进行判断，这正是 LabVIEW 数据流编程允许多线程事件的显著优势。由于正常操作流程由各种结构组成，因此设定一个出错信息的 CONTRAL，在出错判断程序中被赋值，作为 CASE 进入正常操作和退出 WHILE 的条件，可将程序事件尽快进行到降压步骤。操作面板上的紧急停止按钮应置于醒目位置，并在程序启动 DAQ 卡输出后置于 FOCUS ON 的状态，以满足操作人员任何时候停止调压器输出的要求，按钮的状态同样被赋予出错 CONTRAL，在其他出错判断的循环结构中不断检测。每种出错的原因都会在被判断确定的同时，用单按钮对话框显示，并不影响程序自动执行分闸和调压器复位的操作。

现有系统在经过试运行阶段后，将用 Application Builder 将其生成执行文件，保护后台程序的运行。



图 2 操作面板

仪器通信

考虑到大部分厂家原都配有 0.1 级功率分析仪，为给用户提供一个参考值及充分利用原有设备，我们运用 LabVIEW 提供的 VISA 操作模块，创建针对功率分析仪的仪器驱动程序，将仪器采集的数据传到系统，并显示在面板上或进行计算。VISA 是用于对仪器编程的标准 I/O 应用程序接口，是目前开发仪器驱动程序的工业标准，用同一个 API 可控制一系列不同仪器，包括使用了 VXI, GPIB 和串口的仪器，由于它面向对象编程，可针对不同厂家的不同仪器不同接口作出修改，将程序移植到新接口上。我们的仪器驱动程序包括初始化仪器，写入锁定数据命令，读出测量值，关闭通信等功能。由于 LabVIEW 提供创建此种 API 的大量范例程序，我们可从中学习创建简单 VISA 程序的方法，并实现我们的要求。系统 PC 与仪器的连接采用串口通信的方式，可根据仪器操作手册进一步实现功率分析仪的其它功能。

数据处理

本系统涉及变量众多，为方便对所有变量的调用和初始化，我们在程序框图的起始位置放置所有 CONTROL 和 INDICATOR，所有本地调用均通过创建本地变量进行，牺牲部分内存以换取数据的高效，减少同功能变量的重复设置，保证初始化的全面性。

本系统的测量数据处理，除操作必须的依据和出错判断外，都在

操作结束后调用数据处理子程序进行。用弹出子程序面板的方式显示最终采集的数据及初步计算结果，



可进行将损耗和阻抗折算到额定条件或直接退出数据处理，可与设计值比较，给出超差提示。由于功率计算公式及温度折算公式比较复杂，我们普遍采用 FORMULA NODE 进行计算。

数据库调用

由于产品的规范化设计已使产品形成系列，而产品的多样化则

令产品参数繁多，因此我们创建了产品参数的数据库存放相关参数。而随着产量的增大，建立实验数据库存放试验数据是试验结果保存和追溯的必然趋势。而本系统则充分利用 LabVIEW 的 DATABASE 套件提供的数据库调用模块实现以上两个数据库的自动存取功能。



图 3 报告生成器界面

用户启动本系统，首先选择试验类型，然后输入产品代号和出厂号，此时程序首次通过 ODBC 调用产品参数数据库，查找对应产品代号的标准技术数据，并将本次试验所需数据传回主程序并显示在面板上，如果数据库中没有对应产品代号的记录，则提示需手工输入数据，试验人员将按照技术条件在面板输入数据，完成后，程序将在产品数据库中新增一条记录以存放新产品代号的技术参数。试验结束后，三相电流 / 电压及计算处理后的数据都将存入试验数据库，程序将在数据库中以出厂号为关键字建立新记录。

我们用 VB 编写了一个报告生成程序，可输入产品类型，代号和出厂号后调用两个数据库文件，运用 VBA 技术完成试验报告及记录的自动编制。程序可独立操作，方便试验人员在完成所有产品试验后，批量编写试验报告。

总结

本系统是将 LabVIEW 应用在变压器试验部门的成功尝试，我们在开发的过程中节省下了设计制作电路板实现 D/A 转换及数字信号输出等功能的时间和精力，维护简便，而 LabVIEW 提供的基本功能模块使我们精力主要集中在系统功能的开发，而不是基本程序的编写上，NI 经验丰富的技术支持工程师也给予我们强有力的帮助，尤其 NI 提供的大量应用实例为我们提供了最佳的学习范本和开发思路，从而使我们在短短两个月内完成本套系统的设计成为现实。由于本系统由本单位自主开发，成本仅为购买相同系统价格的 25%，而且是国内首次将 LabVIEW 应用在变压器试验部门的成功尝试，可实现低成本完成手动

系统到自动系统的升级，极具推广价值。由于其具有数字信号分析方面的强大工具，在原有系统扩展电流谐波分析，功率测量等功能将轻松实现，而其提供的网络功能也将完成本单位各试验站数据互访和共享的设想。

