

基于 LabVIEW 的铂电阻器自动测试系统

王 冰,唐胜武,刘 慧

(中国电子科技集团公司 第四十九研究所 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 设计了一种基于 LabVIEW 的铂电阻器自动测试系统,用于多路铂电阻器的自动、精确测量。采用 PXI 系列机箱和板卡、四线制测量电阻的方法,进行电阻的测量和通道的切换,应用 LabVIEW 软件进行数据的采集和信号的滤波。经测试,本系统可有效消除引线电阻和热电动势等误差,测量精度优于 0.01%,实现测量的高效率和高精度。

关键词: 铂电阻器; LabVIEW; 数据采集; 测试系统

中图分类号: TP212.12 文献标识码: A 文章编号: 1000-9787(2012)12-0124-02

Pt resistor automatic test system based on LabVIEW

WANG Bing, TANG Sheng-wu, LIU Hui

(No 49th Research Institute, Chinese Electronics Technology Group Corporation, Harbin 150001, China)

Abstract: Pt resistor test system based on LabVIEW is designed for automatic and precise measurement of multi-path Pt resistor. The PXI series chassis board block and the method for resistor measurement by four-wire system is used to measure resistors and switch channels. LabVIEW software is applied to collect datas and filter signal. The system can effectively eliminate error caused by resistor of down-lead and thermal electromotive force, the precision is superior to 0.01%, and high efficiency and precision measurement is implemented.

Key words: Pt resistor; LabVIEW; data acquisition; test system

0 引 言

铂电阻器是利用半导体的电阻值随温度变化而变化的原理来测量温度的^[1],分辨率接近 1 mK(0.001 °C)并且具有测温范围大、精度高、稳定性好和耐氧化等特点。由于在高温区铂电阻器的阻值与温度之间存在着非线性特性^[2],在复杂的电磁环境下容易受干扰,会给最后的温度测量带来一定的误差。因此,对铂电阻器进行自动、准确、批量的测试,具有十分重要的应用价值。

LabVIEW(实验室虚拟仪器工程平台)为虚拟仪器设计者提供了一个便捷、轻松的设计环境^[3],随着虚拟仪器技术的发展,这一技术在测量与控制领域得到了快速广泛的推广应用^[4]。本文利用 LabVIEW 图形化的编程方式,设计了基于 LabVIEW 的 8 通道铂电阻器自动测试系统。实现了同时对 8 路被测铂电阻器阻值的测量、采集、等级分类及保存打印等功能。

1 自动测试系统的总体结构

整个测试系统由恒温装置、待测传感器、矩阵开关、测量部分、控制器和计算机等六部分组成,如图 1 所示。恒温装置(一般为油槽)为待测传感器提供稳定的温度环境。

矩阵开关用于多通道之间的切换,将测量切换到指定通道或按指定顺序切换。测量部分主要由高精度的数据采集模块完成测量功能,该模块内部集成了高精度的电压采集器和精密电流源。计算机通过控制器对矩阵开关和数据采集模块进行控制,并将数据采集模块的数据采集到计算机中,进行计算和处理等操作。

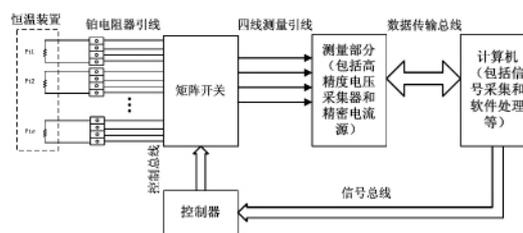


图 1 系统总体组成图

Fig 1 Overall constitution diagram of system

2 自动测试系统的硬件构成

自动测试系统的硬件主要由控制器、矩阵开关和测量部分组成,如图 2 所示。

本系统的控制器采用 PXI-1033 机箱(集成控制器),控制器位于机箱最左端的插槽内,具有 MXI-Express 远程

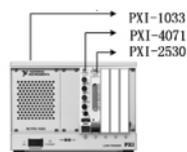


图 2 系统硬件组成图

Fig 2 Constitution diagram of system hardware

控制的 110 MB/s 持续处理能力。利用 MXI-3 (measurement extensions for instrumentation) 接口工具, 可以通过透明、高速的串口连接被计算机或其他 PXI 系统直接控制。MXI-3 接口工具包提供从计算机到 PXI 机箱的 84 MB PCI-PCI 连接桥。

测量部分的数据采集模块采用 PXI-4071 型 7 位数字万用表 (DMM)。其拥有高达 1.8 MS/s 的采样率和具有业界领先的精度扩展校准周期。与 NI 开关模块相结合, 为要求严格的自动化测试应用, 提供了执行高通道数、高精度测量所需的灵活性, 并且可提供两种常用测试仪器的测量功能, 即高分辨率的数字万用表和数字化仪。作为数字万用表, NI PXI-4071 可快速准确地进行 $\pm 10 \text{ nV} \sim 1000 \text{ V}$ 范围内的电压测量、 $\pm 1 \text{ pA} \sim 3 \text{ A}$ 范围内的电流测量、 $10 \mu\Omega \sim 5 \text{ G}\Omega$ 的电阻测量, 以及频率/周期和二极管测量。

矩阵开关采用 PXI-2530 多通道开关卡, 可作为高密度多配置的多路复用器或矩阵开关使用。NI PXI-2530 具有 4 种多路复用器配置和 3 种矩阵配置。多路复用器包括 128x1 (一线)、64x1 (二线)、32x1 (四线) 或 8 组 16x1 (一线) 的模式, 矩阵则包括 4x32 (一线)、8x16 (一线) 或 4x16 (二线) 的模式。本文采用 32x1 (四线) 的形式, 配合 NI PXI-4071 7 位半 FlexDMM 高速测量设备, 可达到多通道数据测量与采集的目的。由于薄膜铂电阻器是阻抗性元件, 必须对其施加一个激励源, 然后读取流过终端的电压, 该激励源必须保持恒定并具有相当的精度。系统采用四线制测量方法, 使测试电流经过一组测试引流线流过被测电阻器; 而被测电阻器上的电压则是通过取样引线的第二组引线来测量的。虽然在取样引线中有小的电流流过, 但是这些电流在所有实际测量工作中都是可以忽略的。由于取样引线上的电压降是可以忽略的, 所以, 仪表测量出的电压和电阻器上的电压实际上是相同的。这样, 就能以比二线方法高得多的准确度来确定电阻的数值。

控制器、矩阵开关和数字万用表配合使用, 利用了开关模块和仪器之间的双向通信。数字万用表在触发开关闭合扫描列表中下一个连接的测量后产生一个数字脉冲, 在每个扫描列表连接之后, 开关将发送脉冲, 触发数字万用表开始下一个测量。由于整个测量顺序是硬件定时, 并且没有其他软件延迟, 所以, 该过程可以确保最优吞吐量。

3 自动测试系统的软件设计

图 3 为自动测试系统的软件流程图, 程序主要分成三大部分: 1) 校准; 2) 信号控制; 3) 数据采集。

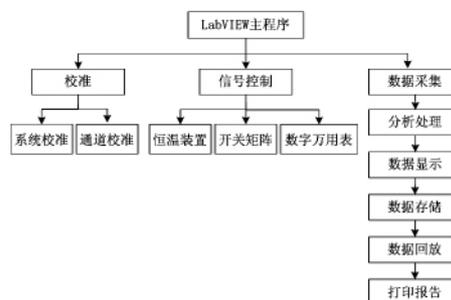


图 3 系统软件流程图

Fig 3 Flow chart of system software

测量前, 须对测量系统进行校准。本系统配备了各种常用阻值的标准电阻器, 对每个通道进行校准时, 可选择“通道校准”。如果要对整个系统校准, 则选择“系统校准”即可。

在测量中, 对信号的控制包括: 1) 对恒温装置的控制, 主要通过软件设置恒温装置的温度, 给待测铂电阻器提供稳定的温度环境; 2) 矩阵开关的控制, 主要完成控制各个通道的开和关; 3) 数字万用表的控制, 主要完成当矩阵开关切换完后, 数字万用表开始测量和采集。利用矩阵开关的快速切换, 本文采用了通过提供极性相反的测量电流的方法, 结合软件中的信号滤波算法^[5], 可以消除热电动势对电阻测量过程的影响。

数据采集部分由以下几个模块组成: 1) 数据采集模块, 主要完成应变信号数据的采集, 采样通道为 1~8 个通道, 可以任意选择通道。采样过程中可以实时显示采样结果, 可以选择性保存数据; 2) 分析处理模块, 主要完成对采集数据的整理, 根据数据计算相关的参数; 3) 数据显示模块, 主要完成对实时采集数据的显示和计算后参数的显示; 4) 数据存储模块, 主要完成数据文件的管理, 负责数据文件和相关文件的存储与读取。LabVIEW 中, 保存数据文件的类型很多, 本文使用了扩展名为 .xls 的 Excel 文件格式; 5) 数据回放模块, 该模块是在实验数据回放的基础上实现数据的处理分析; 6) 打印报告模块, 主要是完成实验报告的生成, 将数据处理结果和性能参数制作成实验报告, 作为以后研究、分析的存档。

本文通过软、硬件结合的方法, 采用了 7 位半高精度的数字万用表和四线制测量电阻的方法消除了引线电阻对测量的影响, 采用电流反向测量和软件滤波的方法消除了热电动势对测量的影响, 有效地提高了测量的精度。

4 测试结果

在 0 °C 和 100 °C 的条件下分别对 Pt100 和 Pt1000 铂电阻器进行了测试^[6], 测试结果如表 1、表 2 所示。

(下转第 129 页)

条件有直接的关系,包括直管段、传感器与管道的紧密程度以及管道水平度等。经过对多次多地方实验,测得数据瞬时流量数据对照表和水位误差对照表如 1 和表 2 所示。

表 1 瞬时流量数据表

Tab 1 Table of instantaneous flow data

序号	管道直径 (mm)	流速 (m/s)	理论流量 (m ³ /h)	测量流量 (m ³ /h)	安装条件
1	80	1.27	22.99	24.7	较好
2	300	1.52	386.70	384.6	较好
3	150	1.63	103.40	105.7	较好
4	80	1.34	24.24	38.5	差
5	400	0.61	275.96	310.4	差
6	100	1.60	45.23	47.9	较好
7	80	1.59	28.77	50.0	差

表 2 水位误差对照表

Tab 2 Comparison sheet of water level error

序号	实际水位 (m)	测得水位 (m)	误差 (%)
1	0.6621	0.6608	0.196
2	0.7845	0.8001	1.989
3	0.8754	0.8812	0.663
4	0.9412	0.8954	4.866
⋮	⋮	⋮	⋮
9	1.1287	1.1341	0.478
10	1.1385	1.1804	3.680

6 结论

本文研制了一种基于 GPRS 模式的传输系统,上位机采用 LabVIEW 的无线多路地下水文监测系统。经初步试验,这种方案有很强的实用性,数据采集端能快速、准确地采集信号,通信网络稳定可靠,上位机运行稳定,可以采集完整的数据信息,并能完成系统设计好的各种功能。界面友好易操作,使监测人员能实时监控系统的运行情况。

参考文献:

[1] 于丽丽. 地下水合理开发利用与科学管理措施探析[J]. 海水水利 2012(2): 20-23.

[2] 高 迁. 水利设计信息化建设现状分析及发展措施[J]. 北京农业 2012(2): 120-142.

[3] 汪先明. 基于组态技术供水管网 GPRS 无线数传监视系统[D]. 南昌: 南昌大学 2009.

[4] 邹 蓬. 时差法超声波流量计的原理和设计[J]. 建设科技, 2012(4): 50-60.

[5] 张 伟. 基于 GPRS 的无线数据传输系统的研究与实现[D]. 邯郸: 河北工程大学 2009.

[6] 安 军, 唐东炜. 基于 LabVIEW 事件驱动的数据采集[J]. 仪表技术与传感器 2007 2(11): 2-28.

[7] 徐洪安, 费仁元. ADO 构建 LabVIEW 的数据库访问接口[J]. 北京工业大学学报 2003 (9): 138-140.

作者简介:

贾秀美 (1954-), 山西平定人, 教授级高工, 主要研究领域为传感器与智能控制。

(上接第 125 页)

表 1 Pt100 测试结果

Tab 1 Measurement results of Pt100

温度值 (°C)	各电阻器的电阻值(Ω)							
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
0	99.972	99.973	99.960	99.979	99.975	99.968	99.976	99.970
100	138.524	138.530	138.519	138.518	138.519	138.520	138.523	138.531

表 2 Pt1000 测试结果

Tab 2 Measurement results of Pt1000

温度值 (°C)	各电阻器的电阻值(Ω)							
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
0	999.861	999.839	999.842	999.880	999.882	999.844	999.872	999.861
100	1385.490	1385.485	1385.510	1385.501	1385.512	1385.522	1385.497	1385.536

从表中数据可看出: 本系统测得的数据具有一致性好、精度高、稳定性好等特点, 可以达到 0.01% 的测量精度。

5 结论

本文设计了一种基于 LabVIEW 的铂电阻器自动测试系统, 实现了每次同时对 8 只铂电阻器的测量, 满足了科研、生产中测量的快速、高精度和高稳定性的要求。本系统采用四线制测量方法消除引线电阻和系统中其他叠加电阻, 结合矩阵开关和 LabVIEW 软件消除热电动势误差, 实现优于 0.01% 的铂电阻器测量了。

参考文献:

[1] 杨永竹. 铂电阻高精度非线性校正及其在智能仪表中的实

现[J]. 仪表技术与传感器 2002, 10(8): 44-46.

[2] 刘少强, 黄惟一. 基于插值计算与优化的铂电阻非线性校正方法[J]. 仪器仪表学报 2003 24(2): 215-217, 220.

[3] 李 杨, 郑莹娜, 朱铮涛. 图形化编程语言 LabVIEW 环境及其开放性[J]. 计算机工程, 1999 25(4): 63-65.

[4] Johnson G W, Jennings R. LabVIEW graphical programming[M]. [S. l.]: McGraw-Hill Companies, 2001.

[5] 杨大柱. 基于 LabVIEW 的数字滤波器设计[J]. 计算机应用, 2006 20(6): 19-20.

[6] SJ 20722-1998 热电阻温度传感器总规范[S].

作者简介:

王 冰(1984-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 硕士, 主要研究方向为传感器技术。