

无线铂电阻温度传感器测试系统

唐慧强¹ 鲍磊磊¹ 李超¹

摘要

为实现对铂电阻温度传感器的自动测试,设计了基于 ZigBee 的铂电阻的测试系统.多个高精度微型铂电阻测试节点组网后把测试数据通过汇聚节点传输到计算机.在 Windows 的开发平台下,利用 Delphi7.0 + SQL Server2000 技术进行软件研发,实现了铂电阻数据的自动采集、处理、传输、管理、性能评判等功能为一体的自动化测试系统,解决了传统测试系统需要大量布线的问题,提高了铂电阻温度传感器测试效率.

关键词

ZigBee; 铂电阻; 测试系统

中图分类号 TP206

文献标志码 A

0 引言

自动气象站温度传感器通常采用铂电阻作为感温元件,使用前需要进行测试,根据测试的性能指标来筛选,并提供标定系数^[1].铂电阻批量测试一般可通过控制多路电子开关的切换来实现.测试过程中对数据的记录、处理等工作常常靠人工或半自动实现,测试效率较低^[2].本文设计了一套基于 ZigBee 的铂电阻自动测试系统^[3],通过无线的方式进行检测并分析检测数据,从而筛选出满足性能要求的铂电阻.本测试系统把铂电阻及检测系统都置于精密恒温箱中,铂电阻测试无需信号传输的连线,通过上位机系统控制恒温箱温度,并接收被测铂电阻的测试数据,拟合铂电阻的特性曲线,批量取得铂电阻的灵敏度和非线性等参数指标.

1 测试系统构成与工作原理

铂电阻无线测试系统(图1)的硬件部分由恒温箱、传感器测试节点、汇聚节点、标准铂电阻、PC 机组成.软件部分包括人机对话界面、通信、数据校验、数据处理、系统管理程序.利用无线传感器网络进行铂电阻的检测,采集不同温度时铂电阻的输出阻值,计算出铂电阻的非线性误差、灵敏度、迟滞和重复性等参数指标^[4].

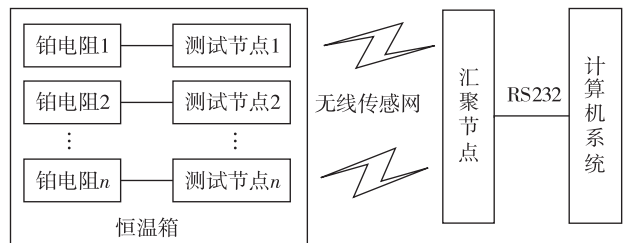


图1 系统的总体结构

Fig.1 Block diagram for the system structure

收稿日期 2011-08-20

资助项目 江苏省产学研创新资金项目(BY-2009104)

作者简介

唐慧强,男,教授,博士生导师,主要研究智能仪器和气象仪器. thq@nuist.edu.cn

¹ 南京信息工程大学 信息与控制学院,南京, 210044

测试前将所有被测试的铂电阻编号后与标准铂电阻将头部对齐并捆扎在一起放入恒温箱中,并采用导热材料确保各个传感器的温度一致.铂电阻采用稳定的微电流激励,以减小自热效应.传感器测试节点采用 24 位的高精度模数转换器和基于 ZigBee 的片上系统 CC2530 设计.

测试时,先后打开传感器测试节点电源、恒温箱等相关装置,并

按规定顺序设置温度测试点,当温度达到设定值后,再稳定 10 min 后开始采集被测铂电阻的输出值,测试节点附加各个传感器的编号信息后发送给汇聚节点. 汇聚节点接收各测试节点发出的数据并通过串口送到上位机测试系统进行数据处理,总体结构如图 1 所示. 由 PC 机完成数据的采集、控制、分析处理、存储. 多传感器测试时,上位机软件系统通过传感器的编号,分别存储到测试系统数据库的传感器数据表中. 用户可在一个交互性的虚拟软面板上调用不同传感器的检测数据进行处理,即可轻松实现对铂电阻传感器各性能参数的计算处理.

2 测试软件系统的设计

2.1 数据采集模块

测试时,需要通过软件系统控制恒温箱的温度,在稳定到温度设定值一定时间后开始读数. 在此过程中上位机不断读取并输出恒温箱及标准铂电阻的温度,其温度控制流程和接收数据帧解析的流程如图 2 所示.

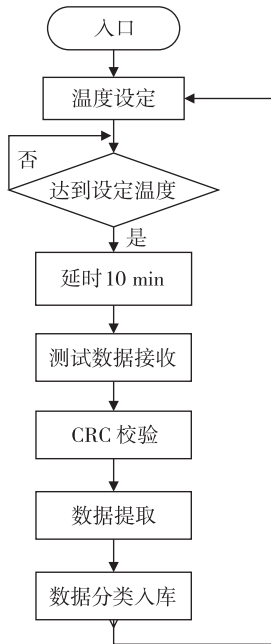


图 2 恒温箱控制及数据采集流程

Fig. 2 Temperature control and data collection flow chart

计算机与协调器及恒温箱的数据通信利用 Delphi7.0 的 Spcomm 控件进行串口编程. Spcomm 共实现了 3 个类: 串口类 Tcomm、读线程类 TreadThread 以及写线程类 TwriteThread. Tcomm 的方法 StartComm 中打开串口,并实例化了一个读线程 ReadFhread 和一个写线程 WriteThread,它们和主线程之间

进行消息的传递,实现串口通信. 接收和发送数据分别在各自线程内完成,接收线程负责收到数据时触发 OnReceiveData 事件;用 WriteCommData() 函数将待发送的数据写入输出缓冲器,发送线程在后台完成数据发送工作^[5]. 通信过程中,上位机和下位机按规定的格式通信. 规定了无线传感器网络的通信协议,并定义了 2 个字节的 CRC 校验位以保证数据的准确传输. 在规定的标准温度下,采集铂电阻的输出数据并进行特性曲线拟合. 为简化系统,本系统的采集模块和处理模块共用一个虚拟面板,将采集到的数据直接存入 SQL Server 2000 数据库,在 Delphi7.0 采用 ADO 技术访问.

2.2 数据可视化的设计

数据可视化部分的功能是将采集到的各铂电阻数据直观显示出来,也可以将以前保存在数据库中的数据重新导入显示. 显示方式有表格显示及曲线绘制 2 种方式.

表格显示方式依靠 Delphi 的 TStringGrid 控件^[6]. Delphi7.0 采用 ADO 技术访问 SQL Server 2000,将保存在数据库的数据按照行和列显示在 TStringGrid 控件中^[7]. 曲线显示主要依靠 TChart 控件,可以生成条形图、折线图、饼图等各种常见图表,并允许有三维外观等视觉特性.

2.3 数据拟合处理

本系统采用最小二乘法编制了铂电阻传感器特性曲线的拟合程序,从而计算出铂电阻的特性方程和传感器的灵敏度、非线性等性能指标.

设各标准温度下的一组测试数据为 (x_i, y_i) , $i = 0, 1, \dots, m$. 其中 x_i 为被测传感器在标准输入情况下的输出电阻值, y_i 为校正后的温度值. 令: $r_i = y_i - \varphi(x_i) = y_i - \sum_{j=0}^n \alpha_j \varphi_j(x_i)$, $i = 0, 1, \dots, m$. 其中 $r = (r_0, r_1, \dots, r_m)^T$ 为残向量,用 $\varphi(x)$ 去逼近 $y = f(x)$ 的程度就变成了残量的大小问题. 确定参数 α_j ($j = 0, 1, \dots, n$),使残量的平方和达到最小,即 $\sum_{i=0}^m r_i^2 = r^T r$ 最小.

在实际问题中如何选择基函数 $\varphi_j(x)$ ($j = 0, 1, \dots, n$) 是一个复杂的问题,为了描述传感器的特性曲线,通常在某种准则下用曲线拟合所测得的输出输入校准数据. 选取基函数 $\varphi_j(x) = x^j$ ($j = 0, 1, 2$),在 0°C 以下选择三次多项式 $p_3(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$,在 0°C 以上,选取二次多项式 $p_2(x) = a_0 +$

$$a_1x + a_2x^2.$$

3 系统测试及误差分析

3.1 实验数据拟合结果

表1 某 Pt100 铂电阻的测试值和拟合结果

Table 1 Test data and fitting results of a Pt100 resistance

| 设定温度/℃ | 电阻测值/Ω | 拟合温度/℃ | 偏差/℃ |
|--------|-----------|--------|-------|
| 0 | 100.011 5 | 0.01 | 0.01 |
| 5 | 101.947 5 | 4.99 | -0.01 |
| 10 | 103.878 8 | 9.97 | -0.03 |
| 15 | 105.834 0 | 15.01 | 0.01 |
| 20 | 107.779 9 | 20.02 | 0.02 |
| 25 | 109.702 1 | 24.99 | -0.01 |
| 30 | 111.638 6 | 29.99 | -0.01 |
| 35 | 113.575 9 | 35.00 | 0.00 |
| 40 | 115.506 8 | 40.00 | 0.00 |

利用恒温箱产生的恒温环境,采用本测试系统测得某一 Pt100 在 0 ℃ 以上不同温度下的输出阻值.

通过最小二乘法计算出理论曲线方程为

$$p_2(x) = -252.264 5 + 2.472 193x + 0.000 502 76x^2$$

3.2 实际检测结果及误差分析

采用以上方法标定后的无线传感器网络温度计的精度如表 2 所示. 由于铂电阻的特性非常接近于二次曲线,所以采用二次曲线拟合是可行的.

表2 无线铂电阻温度传感器的实测结果

Table 2 Measurement results of a wireless

Pt100 resistance temperature sensor

| 设定温度/℃ | 标准温度/℃ | 实测温度/℃ | 偏差/℃ |
|--------|--------|--------|-------|
| 0 | 0.04 | 0.06 | 0.02 |
| 5 | 4.96 | 4.99 | 0.03 |
| 10 | 9.95 | 9.96 | 0.01 |
| 15 | 14.95 | 14.93 | -0.02 |
| 20 | 19.95 | 19.94 | -0.01 |
| 25 | 24.95 | 24.93 | -0.02 |
| 30 | 29.94 | 29.94 | -0.00 |
| 35 | 34.94 | 34.96 | 0.02 |
| 40 | 39.93 | 39.96 | 0.03 |

本设计中加入了无线节点模块,会对铂电阻的测试引入一定的误差. 但由于测试节点采用了高稳定的电流激励和高精度的模数转换电路,经过校准后其引入误差基本可忽略,能满足对铂电阻测试的

要求. 实际结果表明,对 ± 0.1 ℃ 准确度要求的气象用温度计,传感器节点的测试误差以及拟合偏差基本可以忽略.

采用最小二乘法多项式拟合进行铂电阻传感器的非线性校正时,处理器的计算量小,处理速度快. 相对查表法需要输入大量数据,建立此数学模型对于 Pt100 的测试是有效的,可以直接把二次曲线的 3 个系数提供给无线传感器网络的温度计等二次仪表进行标定,从而可以取得典型值为 0.05 ℃ 的检测精度.

4 结论

本系统解决了自动气象站对铂电阻选择所需的测试过程中的重复工作及大量数据的后期处理等问题. 所测试的铂电阻参数可用于标定温度计无线传感器网络节点. 本自动测试系统软件可以按用户要求在硬件允许范围内扩展,相比传统的铂电阻测试系统,在批量铂电阻测试过程中具有简化连接、自动测试处理等特点. 实际测试表明,正温时采用二次拟合,负温时采用三次拟合,可以满足气象用温度计及普通温度计的标定要求.

参考文献

References

- [1] 吴奇生, 窦炜明, 芮斌. 自动气象站四线制测量气温原理分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2008, 9(3): 35-36
WU Qisheng, DOU Weiming, RUI Bin. Analysis of four lines measuring temperature principle of automatic weather station [J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instruments, 2008, 9(3): 35-36
- [2] 乔爱民, 胡伟全, 张燕, 等. 高精度传感器测试系统实现[J]. 工业仪表与自动化, 2009(1): 65-68
QIAO Aimin, HU Weiquan, ZHANG Yan, et al. The implementation of a high-accuracy sensor testing system [J]. Industrial Instrumentation & Automation, 2009(1): 65-68
- [3] 卢致续, 王晔, 苗刚. 基于 C++ Builder 下的压力传感器自动测试系统[J]. 传感器技术, 2002, 21(3): 36-38
LU Zhixu, WANG Ye, MIAO Gang. Automatic test system of pressure sensor based on C++ Builder [J]. Journal of Transducer Technology, 2002, 21(3): 36-38
- [4] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T18459—2001 传感器主要静态性能指标计算方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB/T18459—2001 Methods for calculating the main static performance specifications of transducers[S]. 2001
- [5] 黄军, 熊勇, 刘燕, 等. Delphi 串口通信编程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001

- HUANG Jun, XIONG Yong, LIU Yan, et al. Delphi serial interface communication programming[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2001
- [6] 吕伟臣. 精通 Delphi7. 0[M]. 北京: 科学出版社, 2004
LÜ Weichen. Proficient in Delphi7. 0[M]. Beijing: Science Press, 2004
- [7] 启明工作室. Delphi + SQL Server 数据库应用系统开发与实例[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005
Qiming Studio. Development and applied examples of Delphi + SQL Server database system[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2005

Testing system for wireless platinum resistance temperature sensor

TANG Huiqiang¹ BAO Leilei¹ LI Chao¹

¹ School of Information and Cybernetics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

Abstract In order to realize automatic testing of the platinum resistance temperature sensor, a wireless platinum resistance test system based on ZigBee technology is designed. The test data of many platinum resistances can be sunk to the main computer by the high precision micro endpoints, and the PC-based test software is designed in Windows system by using Delphi7. 0 and SQL Server2000. The automatic testing system is realized with the function of data acquisition, processing, management and performance evaluation. The problem that requires lots of wires existed in the traditional testing system is solved, and the test efficiency of the temperature sensors is improved.

Key words ZigBee; platinum resistance; test system