

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.03.018

# 基于 LabVIEW8.6 的发电机轴承温度监测系统

胡 鹏<sup>1</sup>, 胡沁春<sup>2</sup>, 邵 波<sup>3</sup>

(1. 湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007; 2. 成都工业学院 电气与电子工程系, 四川 成都 611730;  
3. 中国能源建设集团湖南省火电建设公司 工程部, 湖南 株洲 412000)

**摘要:** 采用虚拟仪器技术, 以 LabVIEW8.6 软件作为开发平台, 设计了发电机轴承温度监测系统。介绍了系统硬件和软件设计实现, 从算法线性度和滤波效果 2 个方面对该监测系统进行测试分析。实验结果表明: 该系统稳定性较好, 使用方便, 测量的温度数据精度较高, 具有一定的工程应用价值。

**关键词:** 虚拟仪器; 发电机轴承; Pt100 温度传感器

中图分类号: TP273

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)03-0082-05

## LabVIEW8.6-Based Temperature Monitoring System for Generator Bearing

Hu Peng<sup>1</sup>, Hu Qinchun<sup>2</sup>, Shao Bo<sup>3</sup>

(1. School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;  
2. Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Chengdu Technological University, Chengdu 611730, China;  
3. Hunan Provincial Thermal Power Construction Co. of China Energy Development Corporation, Zhuzhou Hunan 412000, China)

**Abstract:** A generator bearing temperature measuring system is designed based on the LabVIEW8.6 and virtual instrument technology. The implementation of the system hardware and software is introduced, and from two aspects of algorithm of linearity and filtering effect, the system is tested and analyzed. The experimental results show that the system is of good stability, easy to use and has the measured temperature data of high accuracy, which is valuable in engineering application.

**Keywords:** virtual instrument; generator; Pt100 temperature sensor

## 0 引言

发电机轴承温度是表征发电机是否正常工作的一个非常重要的参数。为保证发电机的正常运行, 其轴承温度必须限定在一定的范围内。电机试验大纲规程规定, 负载运行时滚动轴承最高温度不超过 95 ℃, 滑动轴承最高温度不超过 80 ℃, 且温升不超过 55 ℃。因此, 在发电机的运行过程中, 有必要

对轴承的温度进行实时监测。

由于传统轴承温度测量仪的功能单一, 缺乏灵活性, 因此, 将计算机和轴承温度测量仪相结合是仪器发展的一个重要方向。虚拟仪器技术是基于计算机技术, 以通用计算机硬件及操作系统为依托实现各种仪器功能。基于虚拟仪器技术开发的测控系统具有功能定制灵活, 受硬件限制较少, 数据处理方便, 开发成本较低, 容易扩展和维护, 便于实现

收稿日期: 2012-02-24

基金项目: 湖南省教育厅资助科研基金资助项目(11C0385)

作者简介: 胡 鹏(1986-), 男, 湖南益阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为电力电子监测,

E-mail: hp\_0116@163.com

异地测量和网络化等优点。

LabVIEW是NI(National Instruments)公司开发的虚拟仪器开发平台,它是一种图形化的编程语言,其最大优势是程序开发效率较高。本文采用虚拟仪器技术,基于LabVIEW8.6设计了一个发电机轴承温度监测系统,它实现了对发电机轴承温度进行采集、显示、存储以及自动报警等功能。

## 1 硬件设计

### 1.1 系统结构介绍

该系统采用DAQ(data acquisition)结构,包括Pt100温度传感器、信号调理模块、数据采集卡和计算机,整个系统结构如图1所示。轴承温度是一个快速、灵敏、易于测量的参数。因为轴承本身的温度比润滑油的温度一般要高出十几度,所以轴承润滑油的温度并不能代表轴承轴瓦本身的温度,不能指示轴承状态和性能。因此,本文将温度传感器直接埋入轴承,而不是将温度传感器安装在喷油嘴或其他地方,如图1所示。传感器的安装位置偏离轴承中心线大约 $20^\circ$ ,这样测量的温度精确度较高,能反映轴承的状态变化<sup>[1]</sup>。

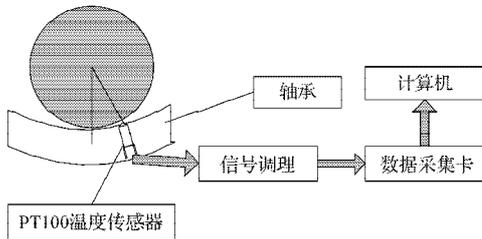


图1 测量系统结构图

Fig. 1 The structural diagram for measurement system

### 1.2 Pt100温度传感器

Pt100是铂热电阻,它的阻值与温度值成正比。当Pt100的温度为 $0^\circ\text{C}$ 时,它的电阻为 $100\ \Omega$ ;当它的温度为 $100^\circ\text{C}$ 时,它的阻值为 $138.5\ \Omega$ 。当Pt100的温度在 $0\sim 650^\circ\text{C}$ 时,铂热电阻的阻值与温度呈非线性关系,即

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2), \quad (1)$$

式中: $R_t$ 为Pt100 $t^\circ\text{C}$ 时阻值;

$R_0$ 为Pt100 $0^\circ\text{C}$ 时阻值,即 $R_0 = 100\ \Omega$ <sup>[1]</sup>;

$A = 3.9687 \times 10^{-3}\ \text{C}^{-1}$ ;

$B = -5.4 \times 10^{-7}\ \text{C}^{-2}$ 。

### 1.3 Pt100温度传感器的接线方式

本文对Pt100采用图2所示的接线方式。图中, $E$ 为 $12\ \text{V}$ , $U$ 为需要测量的电压, $R_1, R_2, R_3$ 为已知阻值的标准电阻, $R_t$ 为铂热电阻。

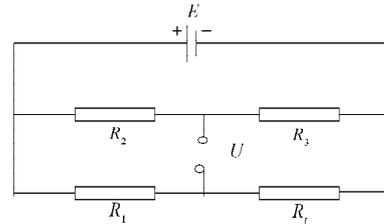


图2 Pt100接线方式图

Fig. 2 Pt100 connection mode

### 1.4 信号调理模块

采用图2所示的接线方式测得的电压 $U$ 值较小,为毫伏级,即当Pt100的温度达到 $110^\circ\text{C}$ 时,所测得的电压 $U$ 只有 $1\ \text{V}$ 左右。为了便于数据采集卡采集信号,提高信号的信噪比和电路的带负载能力,必须将从传感器输出的电压 $U$ 的信号进行放大,放大电路的原理如图3所示。 $E_c$ 为放大器电源,采用正负电源供电。该电路将电压 $U$ 的信号放大10倍,以供数据采集卡进行数据采集。 $R_1 = 10\ \text{k}\Omega$ ,  $R_5 = 100\ \text{k}\Omega$ ,  $R_p = R_1/R_5 = 9.1\ \text{k}\Omega$ ,  $R_p$ 用来确保当Pt100为 $0^\circ\text{C}$ 时输入到放大器的电压为 $0\ \text{V}$ 。运算放大器采用LM741芯片,电压跟随器采用LM11芯片。

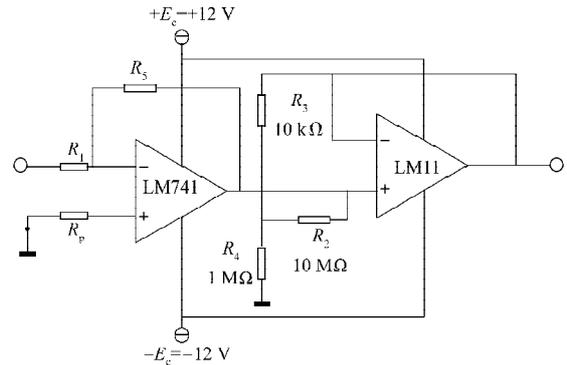


图3 信号调理模块原理图

Fig. 3 The principle diagram for signal modulation module

### 1.5 数据采集卡

数据采集卡可以实现外部数据与计算机通信。本系统采用NI公司的USB-6251数据采集卡,该数据卡自带16位A/D转换器,能实现信号的A/D转换。USB总线是当前非常流行的一种总线,支持即插即用功能,便于携带,使用方便<sup>[2]</sup>。

NI公司的数据采集卡能够简化安装和驱动,虚拟仪器开发平台LabVIEW8.6中含有的数据采集助手控件可以提供硬件驱动程序,使其轻松、便捷地实现软件和硬件的通信。通过软件设置可以实现多种个性化的数据采集功能。

### 1.6 Pt100温度传感器测温原理

采用平衡电桥法,根据图2可得

$$U = \frac{R_1 R_3 - R_2 R_t}{(R_1 + R_t)} E, \quad (2)$$

其平衡条件为  $R_1R_3=R_2R_7$ 。

为确保 Pt100 的温度为 0 °C 时输出电压  $U$  为 0 V，故取  $R_1=R_2=R_3=R_0=100 \Omega$ 。将式 (1) 代入式 (2) 中可得

$$U = \frac{-(At + Bt^2)}{2(2 + At + Bt^2)} E \quad (3)$$

整理式 (3) 可得到一个一元二次方程，即

$$(2UB + BE)t^2 + (2UA + AE)t^2 + 4U = 0 \quad (4)$$

式中： $U, B, A, E$  为已知量； $t$  为待求量。

解方程 (4) 可得

$$t = \frac{-A(2U + E) + \sqrt{[A(2U + E)]^2 - 16UB(2U + E)}}{2B(2U + E)} \quad (5)$$

## 2 软件设计

LabVIEW 是一种图形化的编程软件。该软件的最大优势是程序开发效率较高，提供了几乎所有经典的信号处理函数和大量的现代高级信号分析函数，这些函数以图标的方式提供给用户，用户可以用图标与连线的方式，像画电路板一样编写程序，这样既形象直观，又便于修改和移植。另外，LabVIEW 程序容易与各种数据采集硬件集成，还可以和多种主流的工业现场总线通信以及与大多数通用标准的数据库链接。LabVIEW 还提供了很多外观与传统仪器类似的控件，便于创建用户界面。用户界面在 LabVIEW 中称为前面板<sup>[3]</sup>。该温度监测系统的前面板如图 4 所示。

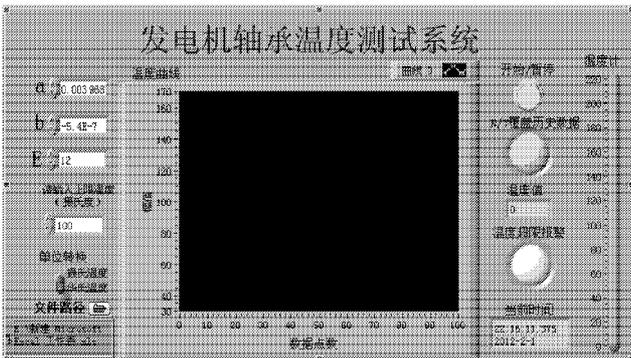


图4 温度测试系统前面板图

Fig. 4 The front panel of temperature monitor system

编程时采用模块化的编程思想，将系统程序主要分成 4 个模块：

1) 实时显示温度模块。该模块的主要功能是将采集到的电压值换算为对应的摄氏温度值；还可以将摄氏温度换算为相应的华氏温度；在前面板中提供了摄氏温度和华氏温度 2 种温度显示方式，可以在显示控件中绘制出温度变化的实时曲线图。该模块

的程序框图如图 5 所示。

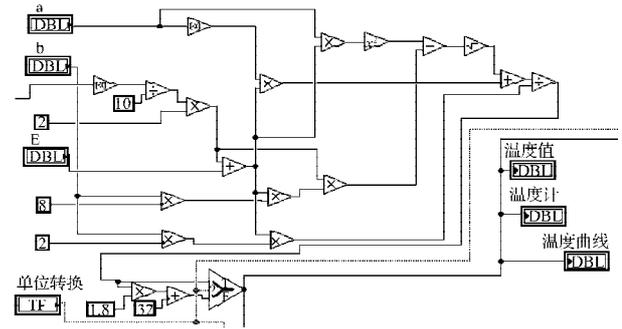


图5 温度转换算法图

Fig. 5 Temperature conversion algorithm

2) 报警模块。该模块能实现当温度超限时自动报警。报警时，前面板中对应的指示灯会显示红色，并发出蜂鸣声。本系统设定的报警温度单位为摄氏度，当系统以华氏温度进行数据显示和处理时，需先将报警温度转化为相应的华氏温度，再将其与系统测得的温度值进行比较，判断是否要报警。报警温度能够根据现场环境在前面板中重新设置。该模块的程序框图如图 6 所示。

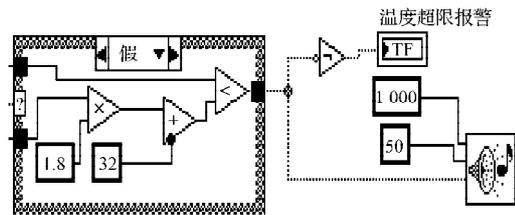


图6 报警模块图

Fig. 6 Alarm module

3) 数据存储模块。该模块的主要功能是对测得的温度数据进行实时存储。该模块程序框图如图 7 所示。

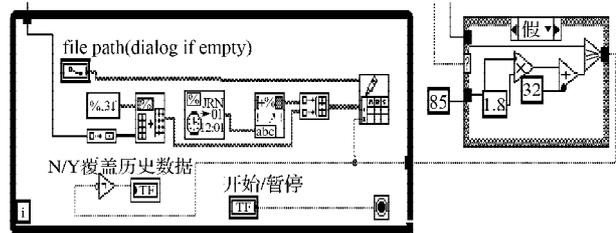


图7 数据存储模块图

Fig. 7 Data storage module

在实际的工程应用中，系统采集到的数据较大，若存储所有采集到的数据是不经济的。因此，本文设计了一个对历史数据进行自动覆盖的功能。轴瓦温度是轴承载荷的敏感参数，轴承的最大载荷所对应的轴瓦温度极限一般为 110~115 °C，所以当轴瓦温度超过 90 °C 时，需考虑轴承的正常工作状态是否发生了变化<sup>[1]</sup>。在本系统中，当轴瓦温度低于 85 °C 时（该温度也可以根据现场工况进行调整），系统会

自动覆盖所测得的历史数据,只保留当前温度值,此时,前面板中的“N/Y覆盖历史数据”指示灯显示为绿色;当轴瓦温度 $\geq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,系统会将所采集到的数据按照设定的格式全部保存到指定的文件当中,便于以后查阅,此时前面板中的“N/Y覆盖历史数据”指示灯显示为红色,提醒使用人员注意轴承的运行工况。若系统以华氏温度为单位,则系统会将报警温度转化为对应的华氏温度,再将其与所测得的温

度值进行比较,判断是否要对该温度值进行存储。

4) 数字滤波器模块。信号在通道中传输时会受到外界的干扰,为了提高信噪比,本系统设计了一个巴特沃斯滤波器对信号进行滤波<sup>[4]</sup>。由于温度是缓变信号,所以本系统采用低通滤波方式,滤波器的截止频率可以根据现场实际工况进行调整。本文设置系统每隔10 s采集一次数据。系统的部分程序框图如图8所示。

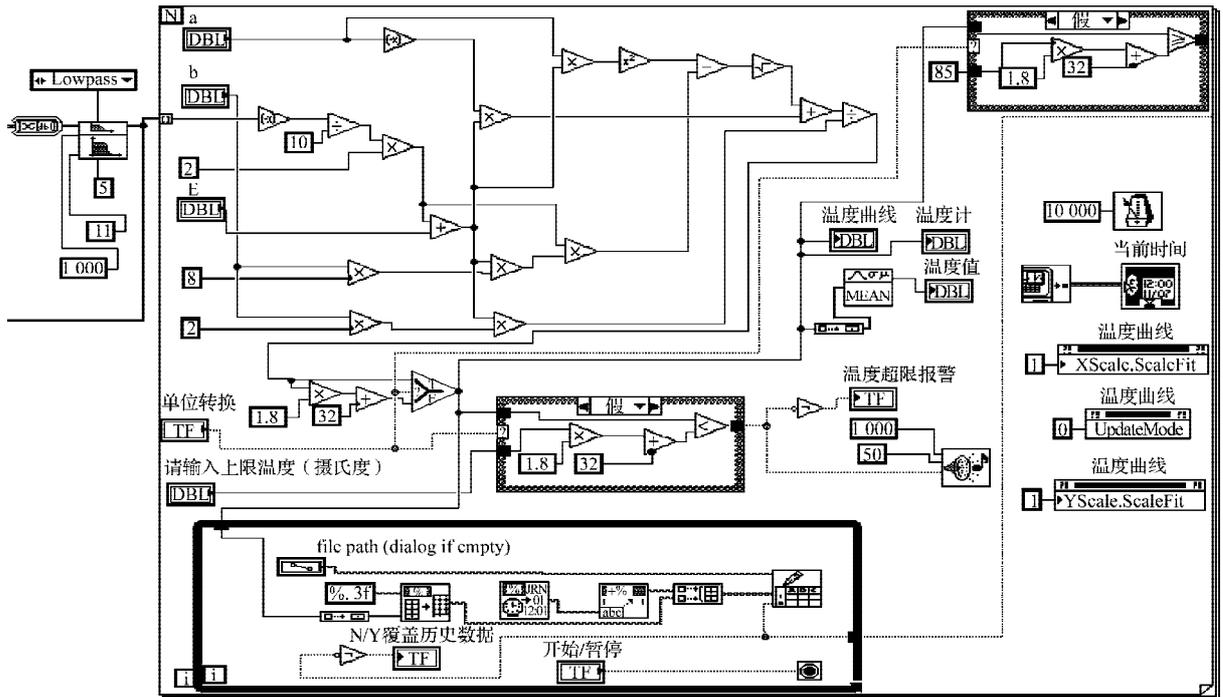


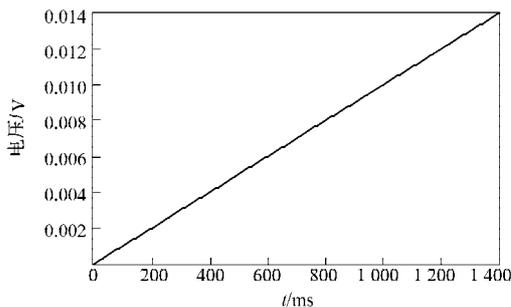
图8 系统部分程序框图

Fig. 8 Part program of the system

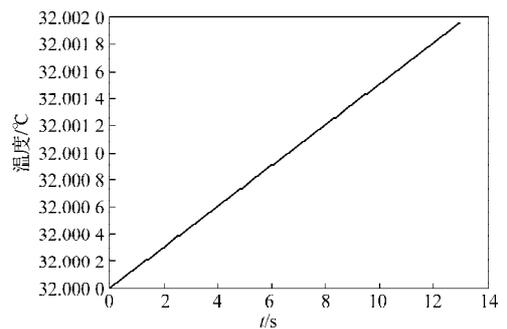
### 3 系统仿真分析

#### 3.1 算法线性度测试

该监测系统将传感器输出的电压值转换成对应的温度值,因此其线性度越高越好。仿真信号源为直线信号,且该信号从0 V开始,每秒增加0.01 V,仿真结果如图9所示。仿真结果表明,该算法具有较好的线性度。



a) 源信号曲线



b) 温度曲线

图9 线性度仿真结果图

Fig. 9 Simulation result of linearity

#### 3.2 滤波效果测试

工业现场存在着各种各样的干扰信号,为了保证测量的准确性,系统必须具备良好的滤波性能。为滤除噪声信号,设计了一个数字低通滤波器。仿真信号源采用正弦波叠加高斯噪声信号,正弦波的频

率为 10 Hz, 幅值为 10 V, 采样频率为 1 000 Hz, 数字低通滤波器的阶数为 5, 信号滤波效果如图 10 所示。信号滤波效果表明, 该系统的滤波效果较好, 具有较高的线性度, 能够满足一般工程的应用要求。

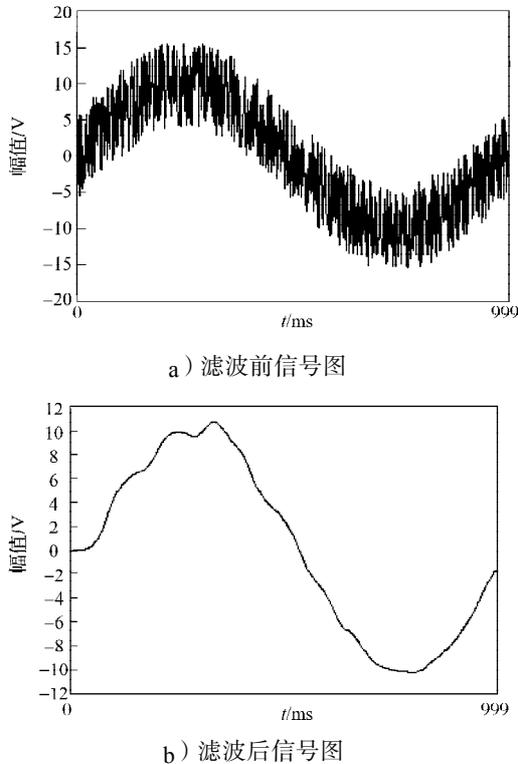


图 10 信号滤波效果图

Fig. 10 The effect chart of signal filtering

## 4 结语

基于 LabVIEW8.6 的发电机轴承温度监测系统具有开发效率较高、使用方便、调试简单、维护成本低、便于扩展等优点, 且用户只需要对 LabVIEW 有所了解, 就能够根据实际需要对该系统的功能进行个性化设置。本文设计的系统只能对一台发电机的

轴承温度进行监测, 用户只需对软件进行简单修改, 相应地增加硬件就可以实现对多台发电机的同步监测。另外, LabVIEW 还具备访问标准数据库和远程通信的功能, 这为该系统将来实现异地测量和数据在线分析提供了依据。但是, 该系统还存在一些需要改进的地方, 如数据采集时对外界环境的抗干扰能力还有待加强。

## 参考文献:

- [1] 盛兆顺, 尹琦岭. 设备状态监测与故障诊断技术及应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 99, 118-119.  
Shen Zhaoshun, Yin Qiling. The Technology and Application of Equipment Condition Monitoring and Fault Diagnosis [M]. Beijing: Chemical Industrial Press, 2003: 99, 118-119.
- [2] 颜园园, 张宏群. 基于 LabVIEW 的温湿度测量系统 [J]. 现代电子技术, 2009(1): 120-121.  
Yan Yuanyuan, Zhang Hongqun. System of Temperature and Humidity Measurement Based on LabVIEW [J]. Modern Electronics Technique, 2009(1): 120-119.
- [3] 刘润, 李云鹏, 尤文. 基于 LabVIEW 的铁水温度在线监测系统的设计 [J]. 长春工业大学学报: 自然科学版, 2010, 31(4): 467-470.  
Liu Run, Li Yunpeng, You Wen. Temperature on-Line Monitoring System for Liquid Steel Based on LabVIEW [J]. Journal of Changchun University of Technology: Natural Science Edition, 2010, 31(4): 467-470.
- [4] 杨乐平, 李海涛, 赵勇, 等. LabVIEW 高级程序设计 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 335-336.  
Yang Leping, Li Haitao, Zhao Yong, et al. LabVIEW Advanced Programming [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2003: 335-336.

(责任编辑: 邓彬)