

福禄克 1575/2575 超级电阻测温仪及扫描开关在铂电阻校准中的应用

南英淑 肖大为 丁卫华

(沈阳发动机设计研究所,辽宁 沈阳 110015)

摘要:介绍了福禄克 1575 超级电阻测温仪的工作原理和特点,阐述了 1575 超级电阻测温仪校准铂电阻的方法及过程,并对其不确定度进行了分析和评定。

关键词:超级电阻测温仪;铂电阻;校准;不确定度

1 引言

铂电阻温度计由于使用方便,易于测量和控制,在各个领域中得到广泛应用。因此对铂电阻的测量校准显得尤为重要。如何选择正确的读出装置非常关键。福禄克 1575/2575 电阻测温仪及扫描开关具有准确度高,使用方便,输出比较直观等优点,适合于对铂电阻的校准和精密测量。

2 工作原理

超级电阻测温仪基本上是通过在电流相等时比较两个电阻的电压来测量电阻比。每个电阻上的电压要测量两次;在两个电流方向上各测量一次。将这两个电压测量值相减可以消除偏移电压,将电压样本值相减并相除,就可以产生传感器电阻与参考电阻的比值;用这种方法可以避免由于驱动电流不精确、电压偏移和放大器及 ADC(模数转换器)的不准确而造成的误差。图 1 是简化的示意图。

$$r = (V_{X1} - V_{X2}) / (V_{R1} - V_{R2}) = R_X / R_R$$

式中: V_{X1} —传感器,正向电流; V_{X2} —传感器,反向电流; V_{R1} —参考,正向电流; V_{R2} —参考,反向电流。

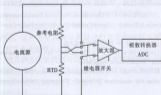


图 1 测量电路示意图

超级电阻测温仪使用一种 4 线电路,它可以完全消除导线电阻的影响。在这种电路中,传感器被来自一组

导线的电流所驱动,所得到的电动势用另外一组导线进行感测。信号被输

入到一个具有很高输入阻抗的放大器中,该放大器从传感器吸收的电流可忽略不计。结果,导线就不会形成可测的电压。超级电阻测温仪即使在导线电阻高达 10Ω 时,也可准确测量

传感器电阻。另外,它还消除了杂散热电势、自热效应、元件漂移并大大降低了非线性度。

3 超级电阻测温仪的特点

3.1 测量速度快

超级电阻测温仪可以在大约 2 秒钟内完成一次新的测量。它可以在涉及大量传感器的批量校准过程中取得更高的效率和更好的准确度。将超级电阻测温仪与其多路转换器(2575)结合起来,其能力更为加强,拥有了 10 个输入通道。

3.2 数据直观

测温仪可以显示 mV,Ω,同时可以显示℃等,不须人工计算。测温仪具有运算功能并能实时显示运算结果;平均值、标准偏差、最大值、最小值、分散性等常用数据。

3.3 操作简单

测温仪具有自校准功能,校准信息可通过前面板操作进行输入,因此对其进行校准调节时无须打开机箱。

3.4 具有随机软件

测温仪与相应的软件(9935)一起使用,可构成自动校准系统。在用户输入校准条件后系统自动调整直到满足要求;满足要求后自动采集并存储校准温度计和被测温度计以及测试过程的相关数据;一个设定点测试完成后,系统自动升降温执行在其他温度点的校准,直到整个校准过程完成。

4 校准方法

依据 JJG229-1998《工业铂铂热电阻检定规程》,将一等标准铂电阻温度计与被测铂电阻置于恒温槽工作区

域内,打开计算机,设定温度校准点,利用 9935 程序配置测温仪、通道及记录过程。通过自动校准系统完成对被测铂电阻的校准。

5 测量不确定度分析

5.1 数学模型

$$R_t = R_x + (dR/dt)_t \Delta t$$

式中: R_t — t 温度时被测铂电阻实际电阻值(Ω);
 R_x — t 温度附近 x ℃ 时被测铂电阻的测得电阻值(Ω);
 $(dR/dt)_t$ — t 温度时被测铂电阻随温度的变化率($\Omega/^\circ\text{C}$);
 Δt —恒温槽温度偏离校准点的温度差($^\circ\text{C}$)。

$$\Delta t = (R_t^* - R_x^*) / (dR/dt)_t^*$$

式中: R_t^* — t 温度时标准铂电阻温度计证书上的电阻值(Ω);
 R_x^* — t 温度附近 x ℃ 时标准铂电阻温度计测得电阻值(Ω);
 $(dR/dt)_t^*$ — t 温度时标准铂电阻温度计随温度的变化率($\Omega/^\circ\text{C}$)。令 $\Delta R^* = (R_t^* - R_x^*)$ 则 $R_t = R_x + (dR/dt)_t \Delta R^* / (dR/dt)_t^*$ 为评定的数学模型。

5.2 影响被测量 R_t 的各输入量的标准不确定度的评定

(1) 测量重复性引入的 u_1

在 100℃ 对同一支铂电阻测量 10 次,结果分别 138.5579, 138.5593, 138.5587, 138.5575, 138.5568, 138.5542, 138.5552, 138.5547, 138.5550, 138.5549。其单次测量实验标准偏差

$$s(x) \text{ 即 } u_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} = 18.47 \times 10^{-4} \Omega$$

(2) 恒温槽的温场不均匀引入的标准不确定度 u_2

根据美国 FLUKE 公司生产的 6022 型恒温槽的说明书,恒温槽在 100℃ 时工作区域内的均匀性为 $\pm 0.004^\circ\text{C}$, 100℃ 时被测铂电阻随温度的变化率为 $0.379 \Omega/^\circ\text{C}$, 均匀分布,取 $k = \sqrt{3}$, 则 $u_2 = 0.004 \times 0.379 / \sqrt{3} = 8.75 \times 10^{-4} \Omega$ 。

(3) 恒温槽的不稳定引入的标准不确定度 u_3

根据美国 FLUKE 公司生产的 6022 型恒温槽的说明书,恒温槽在 100℃ 时工作区域内的稳定性为 $\pm 0.003^\circ\text{C}$, 相当于 0.001137Ω , 反正旋分布,取 $k = \sqrt{2}$, 则 $u_3 = 11.37 \times 10^{-4} / \sqrt{2} = 8.04 \times 10^{-4} \Omega$ 。

(4) 测温仪引入的标准不确定度 u_4

根据美国 FLUKE 公司生产的 1575 超级电阻测温仪的说明书,测温仪在 $(25 \sim 400) \Omega$ 范围内的准确度为 8 ppm , 被测铂电阻在 100℃ 时电阻值为 138.5562Ω , 均匀分布,取 $k = \sqrt{3}$, 则 $u_4 = 138.5562 \times 8 \times 10^{-6} / \sqrt{3} = 6.40 \times 10^{-4} \Omega$ 。

(5) 一等标准铂电阻温度计的传递不确定度引入的标准不确定度 u_5

上级检定部门给出一等标准铂电阻温度计传递不确定度为 0.002°C , 相当于 0.000758Ω 。正态分布, $k = 2.63$, 则 $u_5 = 7.58 \times 10^{-4} / 2.63 = 2.88 \times 10^{-4} \Omega$ 。

5.3 合成标准不确定度与扩展不确定度的评定

(1) 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 23.1 \times 10^{-4} \Omega$$

(2) 扩展不确定度

置信水平 $p = 0.95$, $k = 2$, 扩展不确定度为

$$U = k \times u_c = 46 \times 10^{-4} \Omega$$

6 结束语

综上所述,福禄克 1575/2575 超级电阻测温仪及扫描开关作为高准确度测量仪器,可作为铂电阻的校准设备。它的最大优点是操作简单,结果准确。

参考文献

[1] JJG229-1998. 工业铂铜热电阻检定规程.

作者简介:南英淑,女,工程师。工作单位:沈阳发动机设计研究所。通讯地址:110015 沈阳 428 信箱 16 分箱。

肖大为,丁卫华,沈阳发动机设计研究所(沈阳 110015)。

收稿时间:2009-02-18