

变压器用绕组温控器测量结果的探究

仇乐新 胡腾飞

河北省计量监督检测研究院

[摘要] 变压器用绕组温控器主要由油面温控器、热模拟装置组成；热模拟装置由电热元件、一体化变流器等组成。同时也是油浸式变压器中必不可少的部件之一，其计量特性的准确性和可靠性将直接影响变压器的运行质量和安全，目前大中型变压器上大都配备了绕组温控器，用于监测变压器的安全运行，因此绕组温控器的计量参数的准确测量对于变压器冷却装置准确及时动作、超温报警和超温跳闸有极其重要的作用。本文着重分析阐述了变压器用绕组温控器示值误差校准不确定度的评定过程及方法。

[关键词] 变压器用绕组温控器；示值误差；不确定度

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.08.1725

不确定度，顾名思义，代表了测量误差以及被测量值不能确定的程度。相反，同时说明了测量结果是否可信。它表明了测量结果的质量。小的不确定度，说明测量结果接近被测量的真值，测量结果的质量与水平较高，利用价值也就较高；较大的不确定度，说明测量结果的质量较低，水平较低，其价值和可信赖程度也就较低。本文通过数学建模，描述了变压器用绕组温控器示值误差校准不确定度的评定。

一、校准对象

变压器绕组温控器，测量范围：（0~150）℃，最小分度值：2℃，准确度等级：2.0。

二、校准用标准器及配套设备

1. 二等标准铂电阻温度计，测量范围：（0~420）℃

2. 精密铂电阻数字测温仪，测量范围：（0~420）℃，分辨力：不大于0.001℃，允差：±0.020℃。

3. 双制冷恒温槽，测量范围：（0~150）℃，工作区域最大温差：0.1℃，温度波动度：0.1℃/10min。

三、校准方法

参照JJF（冀）148-2018对变压器用绕组温控器的计量特性要求和校准方法，用比较法进行校准，将标准器和被校绕组温控器的感温包按规定插入恒温槽，恒温槽温度稳定后10分钟开始读取标准器和被检的数据。

四、测量模型

$$\Delta t = t_R - t_s$$

式中： Δt —— 绕组温控器示值误差，℃；

t_R —— 绕组温控器指示值，℃；

t_s —— 标准温度计指示值，℃。

五、方差和灵敏度系数

对式1. 各分量求偏导，各分量灵敏系数如下：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_R} = 1 ; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_s} = -1$$

设 t_R 、 t_s 引入的标准不确定度分量分别为 u_1 、 u_2 ，由于各分量彼此独立，因此合成方差 u_c^2 表示为：

$$u_c^2 = u_1^2 + u_2^2$$

六、标准不确定度分量

（一）输入量 t_R 引入的标准不确定度 u_1

u_1 是由被校对象示值误差测量重复性和分辨力及恒温槽的均匀度、波动度引入的。

1. 由被校对象示值误差测量重复性和分辨力引入的不确定度分量 u_{11}

（1）重复性引入的不确定度分量 u_{111}

u_{111} 采用A类评定，在相同条件下对被校表在50℃点进行6次重复测量，根据极差法计算单次测量的实验标准偏差 $s_i = 0.08℃$ ， $u_{111} = s_i = 0.08℃$ 。

（2）分辨力引入的不确定度分量 u_{112}

被校对象的最小分度值为2℃，不确定度区间半宽为0.2℃，按均匀分布，因此：

$$u_{112} = 0.2 / \sqrt{3} = 0.12℃$$

（3）合成不确定度分量 u_{11}

u_{111} 和 u_{112} 属相关项，取二者中较大者， $u_{11} = 0.12℃$ 。

2. 由恒温槽均匀度引入的不确定度分量 u_{12}

恒温槽工作区域最大温差0.1℃，不确定度区间半宽0.05℃，则恒温槽均匀度引入的不确定度分量：

$$u_{12} = 0.05 / \sqrt{3} = 0.03℃$$

3. 恒温槽波动度引入的不确定度分量 u_{13}

表1 标准不确定度分量一览表

标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度 u_i	灵敏系数 c_i	$ c_i u_i$
u_1				0.13℃
u_{11}	示值误差重复性及被检示值分辨力	0.12℃	1	
u_{12}	双制冷恒温槽的均匀度	0.03℃		
u_{13}	双制冷恒温槽的波动度	0.03℃		
u_2			-1	0.012℃
u_{21}	标准器及精密铂电阻数字测温仪允差	0.012℃		
u_{22}	标准器及精密铂电阻数字测温仪的稳定性	0.003℃		

恒温槽的波动度：0.1℃/10min，由于标准器和被检时间常数不同，波动度引入的不确定度区间半宽估计为0.05℃，按均匀分布，则双制冷恒温槽波动度引入的不确定度分量：

$$u_{13} = 0.05 / \sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

4. t_R 引入的标准不确定度 u_1 的计算

由于 u_{11} 、 u_{12} 、 u_{13} 互不相关，则：

$$u_1 = \sqrt{u_{11}^2 + u_{12}^2 + u_{13}^2} = 0.13^\circ\text{C}$$

(二) 输入量 t_s 引入的标准不确定度 u_2

1. 标准器及精密铂电阻数字测温仪允差引入的不确定度分量 u_{21}

标准器及精密铂电阻数字测温仪的允差：±0.020℃，于是：

$$u_{21} = 0.020 / \sqrt{3} = 0.012^\circ\text{C}$$

2. 标准器及精密铂电阻数字测温仪的稳定性引入的标准不确定度分量 u_{22}

标准器及精密铂电阻数字测温仪的稳定性不超过 0.010℃，不确定度区间半宽 0.005℃，按均匀分布，于是：

$$u_{22} = 0.005 / \sqrt{3} = 0.003^\circ\text{C}$$

3. t_s 引入的标准不确定度 u_2 的计算

由于 u_{21} 和 u_{22} 互不相关，则：

$$u_2 = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2} = 0.012^\circ\text{C}$$

七、标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表见表1。

八、合成标准不确定度 u_c

根据公式 $u_c^2 = u_1^2 + u_2^2$ ，计算 $u_c = 0.13^\circ\text{C}$ 。

九、扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，根据公式 $U = ku$ 计算： $U = 0.3^\circ\text{C}$ 。

其他温度点的扩展不确定度见下表：

校准点/℃	-10	0	50	100	150
扩展不确定度U, k=2	0.3℃	0.3℃	0.3℃	0.3℃	0.3℃

结语

在误差分析中，测量不确定度是一种最新的理解与阐述，以往的表述常用测量误差来进行，但二者具有完全不同的含义。测量不确定度是当下更准确的定义。是指对于测量获得的测量结果，其不可确定的程度。在对变压器用绕组温控器的校准过程中，校准结果即示值误差也存在随机偏差，这种随机偏差是无法确定的，通过对这些随机偏差的来源进行分析，来确定示值误差不能确定的范围，从而给出测量不确定度。它与测量结果相关联，代表着被测量之值的分散性。

参考文献

[1] JJF1001-2011 《通用计量术语及定义》
 [2] JJF1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》

(上接第2932页)

法，使教学方法变得精确而简洁。

例如：在学习人教A版高中数学必修二第四章第三节空间直角坐标系时，教师在进行这一章节的讲解时可以利用大数据多媒体资源将整个坐标系置于电子白板上，从而构建出一个立体的三维结构，从而给学生最直观、最便捷的视觉冲击。教师在进行直角坐标系的讲解时可以让想象将自己置身于整个空间结构当中完成坐标方位的认知，从而能够在最大程度上提升学生对坐标系的认知与理解。

(四) 利用大数据资源，助推课堂教学精准调控

利用大数据加强课堂教学的准确性控制，实现高中数学课堂教学的目标，提高数学建模培训质量。在学校传统数学教学方式下，教师不能实现个性化教学过程优化，不能更好地提升课堂教学策略，从而不能准确判断哪些阶段学生在学习过程中还存在一些问题。但是，在大数据的背景下，教师可精确控制课程教学，为学生提供有针对性的基础数学培训。如果教师完成一个知识点的讲解，教学软件就可以自动生成习题，并通过完成习题来判断学生的学习水平。

例如：在学习人教A版高中数学必修一第二章第二节基本不等式时，教师可以利用线上教学资源完成课程的讲解，然

后教师完成课程讲解之后教学软件会据此判断自动生成课堂习题，学生便可以自主完成习题，然后教师就可以根据学生完成习题的进度判断学生掌握学生的学习情况。除此之外，教师还可以根据本章节的点击率进行学生对本章节课程完成的监督，教师还可以根据学生的触屏力度判断学生的学习状态，从而有效地对其学习状态进行干预。

结束语

素质教育的提出给我国教育事业的发展提供了一条新途径，高中数学教学工作的开展也更加便利。素质教育以培养学生的全面发展为目的，因而在数学教学工作中培养学生的数学学习能力固然重要，而整体的综合素养才是最为关键的。所以在高中数学教学工作上，学校的政策是必不可少的，数学教师在教学中也要培养学生的动学习能力、思维塑造能力以及创新能力，从而培育高中生数学核心素养。

参考文献

[1] 姜圣华. 高中数学课堂中大数据处理的实践研究[J]. 现代教学, 2021(11): 65-66.
 [2] 郑胜华. 高中数学学科核心素养构建策略探讨[J]. 数学学习与研究, 2021(20): 88-89.