



# 环境温度变化对指针温度计准确度影响的鉴别方法

申 莉<sup>1</sup>, 陕华平<sup>2</sup>

(1.湖北省电力试验研究院, 湖北 武汉 430077; 2.国家电网公司运行分公司, 北京 100005)

摘要:介绍了变压器指针温度计的原理及环境温度对其准确度影响的鉴别方法。

关键词:变压器; 温度计; 准确度

中图分类号:TM403.9

文献标识码:B

文章编号:1001-8425(2011)05-0049-03

## Identification of Influence of Ambient Temperature to Accuracy of Dial Thermometer

SHEN Li<sup>1</sup>, SHAN Hua-ping<sup>2</sup>

(1.Hubei Electric Power Test & Research Institute, Wuhan 430077, China;  
2.State Grid Corporation of China, Beijing 100005, China)

Abstract:The principle of dial thermometer in transformer is introduced. The identification of influence of ambient temperature to its accuracy is presented.

Key words:Transformer; Thermometer; Accuracy

### 1 前言

荆门特高压 1 000kV 主变压器测温装置在环境温度变化时,现场指针温度计示值与远方网络数据之间的两表(见图 1)偏差波动很大,表 1 为环境温度从春天的 20℃变化到冬天的-2℃(温差仅 22K)

时,1 号测温装置的两表偏差从 1.27℃变化到 7.02℃时的数据。

为了使用一种简单方法在进货检验时就能够及时发现温度计的环境温度影响量水平优劣程度,从而在安装前就能有效排除温度计缺陷,笔者开展了系统的试验研究。

表 1 两表偏差的变化

Table 1 Errors of two thermometers

日期	2009.3.26(20℃)			2009.8.2(35℃)			2010.1.5(-2℃)		
测温装置	现场	远方	偏差	现场	远方	偏差	现场	远方	偏差
油温/℃	40	41.27	1.27	45	44.32	0.68	22	29.02	7.02

### 2 温度计原理

指针温度计由波登管、毛细管及温包 3 个主要零件组成,如图 2、图 3 所示。在其焊接构成的密闭

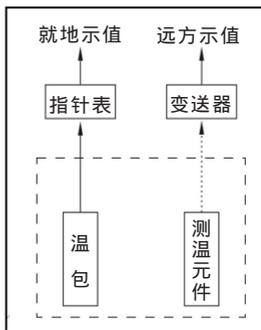
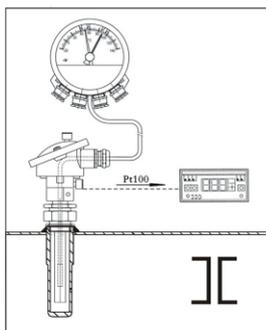


图 1 测温装置配置图

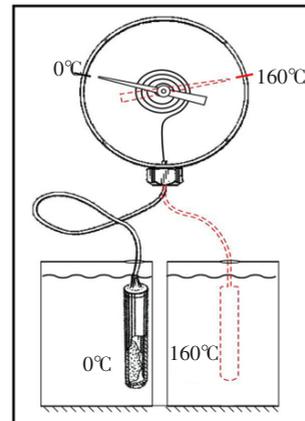


图 2 压力式温度计原理

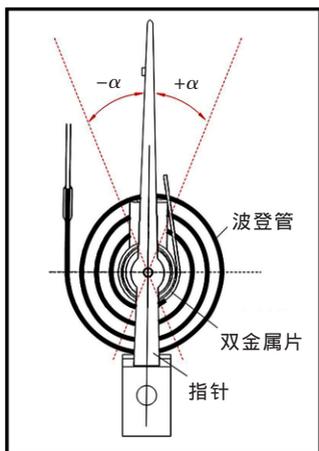


图 3 温度补偿原理

Fig.3 Temperature compensation principle

系统内灌注工作介质后,通过毛细管将温包内的压力传递至波登管驱动指针给出示值。

通常波登管采用铍青铜管压扁后盘圆制成。由于铜管无法完全压扁仍存有较大内腔容积,环境温度变化导致波登管腔内介质热胀冷缩,引发示值变化过大时就会出现不合格品。为此,在波登管上方迭加一个与环境温度影响量相等,但方向相反的温度补偿元件(见图 3)。该温度补偿元件一般选用双金属片制成。在环境温度变化时,产生的 $-\alpha$ 角位移能够抵消波登管内腔介质体积引发的影响量 $+\alpha$ 。

### 3 全方位试验法

IEC-354《油浸式变压器负载导则》规定:变压器运行最高环境温度 $<40^{\circ}\text{C}$ ,油顶层温升 $<55\text{K}$ 。也就是说:在 $-20^{\circ}\text{C}$ 的冬天,油顶层最高温度 $<35^{\circ}\text{C}$ ;

在 $+40^{\circ}\text{C}$ 的夏天,油顶层最高温度 $<95^{\circ}\text{C}$ 。所以,对油温计的测量点 $+20^{\circ}\text{C}$ 只需考虑寒冷( $-20^{\circ}\text{C}$ )影响;对测量点 $+100^{\circ}\text{C}$ 只需研究酷热( $+60^{\circ}\text{C}$ )作用。表 2 将一台温度计分为 3 种试验状态(即试品分别为表计和毛细管及整机),2 个温度检验点( $20^{\circ}\text{C}$ 和  $100^{\circ}\text{C}$ ),在 3 种环境温度( $-20^{\circ}\text{C}/+20^{\circ}\text{C}/+60^{\circ}\text{C}$ )条件下,所进行的全方位环境温度变化试验共有 12 个子项目,见表 2。

从表 2 试验数据中可以给出以下五个结论(参阅表 2 数据分析):

- (1)整机试验结果与各部件试验数据之和相等。
- (2)表计可以(但毛细管无法)获得环境温度变化补偿。
- (3)毛细管在夏天呈正差影响而冬天呈负差影响。

(4)只有各部件和整机试验同时达标才是合格产品。

(5)表 2 所示的试验不合格品在环境温度  $20^{\circ}\text{C}$  时,无论部件或整机的试验结果均合格,这个事实表示在  $20^{\circ}\text{C}$  计量室内获得的检验数据是很不可靠的。

### 4 现场巡视法

多数情况下总是需要等待变压器停机会,才能对故障温度计实施检验并给出结论,在这个可能漫长的等待过程中,温度计带病工作对变电站安全运行是不利的。如何通过对故障温度计巡视数据的分析便能给出检测结论的有效方法已经受到关注和重视。

如表 3 所示某 500kV 变电站的 2 号主变 A 相

表 2 环境温度变化试验记录

Table 2 Test record during change of ambient temperature

°C

试验条件	表式法(试品/表计)				管式法(试品/毛细管)				复式法(试品/表计+毛细管)			
环境温度	-20	20	-20	20	-20	20	20	60	-20	20	20	60
标准表	20	20	20	20	20	20	100	100	20	20	100	100
示值	18(1)	18(2)	9(5)	18(6)	9(5)	18(6)	98(7)	108(8)	9(9)	18(10)	98(11)	111(12)
影响量	0		+3		-9		+10		-9		+13	
数据分析	试品是测量范围为 $-20^{\circ}\text{C}\sim+140^{\circ}\text{C}$ 进口油面温度计,环境温度变化 40K(即从 $+20^{\circ}\text{C}$ 降到 $-20^{\circ}\text{C}$ ,或从 $+20^{\circ}\text{C}$ 上升至 $+60^{\circ}\text{C}$ )时,标准允差附加误差上限为 $\pm 3.2^{\circ}\text{C}$ 。“表式法”中毛细管始终处在 $+20^{\circ}\text{C}$ 环境下(变压器户外运行时并不具备恒温条件),表计分别承受高低温变化后 $+3^{\circ}\text{C}$ 的影响量在合格范围以内。可见图 3 所示双金属元件对表计有着比较好的补偿作用。				将毛细管置于环境温度箱的“管式法”试验中,发现毛细管似乎比表计对环境温度变化更敏感。双金属温度补偿元件可以修正波登管受环境温度变化的影响,但对毛细管没有任何调节能力。环境温度变化 40K 时毛细管内介质体积变化量上升至一个不可忽视的水平时产生较大误差。实际运行中毛细管所处的走线槽内温度完全有可能达到甚至超过 $+60^{\circ}\text{C}$ 。				将表计连同毛细管同时置于环境温度箱的“复式法”所获得的影响量数据恰巧是前两项试验结果之和,即 $-9+0=-9$ ; $10+3=+13$ 。所以可以给出这样的结论:复式法中对整机的试验结果与各部件(表计及毛细管)试验数据之和相等。这也表示毛细管比表计对环境温度变化更敏感。毛细管所处走线槽内不会出现 $-20^{\circ}\text{C}$ 的情况,但完全有可能达到甚至超过 $+60^{\circ}\text{C}$ 。			

表 3 油面温度计巡视记录

Table 3 Record of oil surface thermometer during patrol

记录时间	5:00	13:00
环境温度	29℃	38℃(60℃)
就地示值	46℃	50℃
远方示值	52℃	51.8℃
两表偏差	6℃	1.8℃
两表偏差变化量	(即环境温度影响量)4.2℃	

1 号油温计在 2010 年 8 月 16 号运行记录发现:该进口油温计两表偏差随环境温度变化而大幅度波动。

表 3 为当天凌晨气温为 29℃,而户外安装的指针温度计在当天中午阳光直射条件下的仪表内部温度可能高达 60℃(虽然当天最高气温为 38℃)。也就是说这一台指针温度计,当天工作环境温度变化 31℃前后所产生的两表偏差变化量是 4.2℃。考虑到变压器温度计已经普遍采取测温元件三线制导线补偿等措施,远方数据与环境温度变化基本无关。所以上述 4.2℃两表偏差变化量可视为该温度计的环境温度影响量。该油温计的测量范围为-20℃~+140℃,当环境温度变化 40K(即从+20℃降到-20℃,或从+20℃上升至+60℃)时,标准允许附加误差上限为±3.2℃。所以,对于这种环境温度影响不合格温度计只能作为报废处理。

对那些两表偏差不合格但环境温度影响(即两表偏差变化量)比较小的温度计,则应以指针温度计示值作为参照基准,通过修正温度变送器远方输出使其两表偏差基本一致。

### 5 快速鉴定法

按表 2 将温度计的表计或毛细管或整机依次进行试验是一种科学严谨的全方位试验方法。以平均每 3h 完成一个子项目试验计算,采用连续不间断方式完成一台温度计影响量全方位试验中的全部 12 个子项目共需 36h。所以这种方法并不适用于批量温度计试验。

正因为表 2 所有试品中只有毛细管可放入水中,而 60℃温水又很容易获得,如图 4 记录表 2 所示故障温度计在 20℃环境温度条件下 100℃的检验数据,然后将毛细管放入 60℃的水桶内,稳定 10min 后再次记录被检温度计示值,试验结果见表 4。

### 6 小结

(1)油浸式变压器呈高电压大容量发展趋势,因

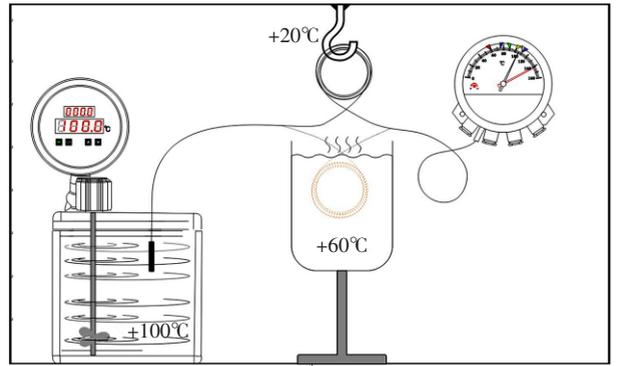


图 4 快速鉴定试验

Fig.4 Fast identification test

表 4 快速鉴定试验记录

Table 4 Record of fast identification test

试品	环境温度	标准表	示值	影响量
1 号温度计	20	100	99.8	+9.2
	60	100	109	

此不断增加的毛细管长度已经频频引发环境温度影响量大幅度超差。温度计供应商定点时有必要采用全方位试验方法,分别考核毛细管和表计及整机三种试验对象的环境温度影响水平。

(2)现场巡视温度计两表偏差是验证变压器选配组件质量的有效方法;通过现场巡视实现两表偏差校准的温度计产品,应作为状态检修典型案例推广。

(3)快速鉴定是对全方位试验 12 个子项目的其中一个必检项目的科学简化。虽然不能说快速鉴定合格产品一定能够通过上述全方位试验,但是任何一台温度计的快速鉴定不合格产品就等于全部环境温度影响量试验不合格。所以,一旦发现快速鉴定不合格时就可以终止温度计其他所有试验项目。快速鉴定法不仅具有很高的准确性和复现性,而且 20min 内即可完成。在进货检验或安装送检前应该使用快速鉴定法考核温度计的环境温度影响量水平。

作者简介:



申 莉(1964-),女,湖北武汉人,湖北省电力试验研究院高级工程师,主要从事热工计量工作。