



油浸变压器测温装置的环境适应性研究

戴缘生¹, 陕华平², 童在林¹, 李文¹

(1.上海超高压输电变电公司, 上海 200063; 2.国家电网公司运行分公司, 北京 100005)

摘要:研究了油面温度计的环境温度变化影响机理,提出了一套有效鉴别温度计环境温度影响量水平的方法。

关键词:温度计;环境温度;影响

中图分类号:TM406

文献标识码:B

文章编号:1001-8425(2012)03-0034-04

Research on Ambient Adaptability of Temperature Measuring Device for Oil-Immersed Transformer

DAI Yuan-sheng¹, SHAN Hua-ping², TONG Zai-lin¹, LI Wen¹

(1.Shanghai Extra High Voltage Power Transmission Company, Shanghai 200063, China ;

2.Operation Branch, State Grid Corporation of China, Beijing 100005, China)

Abstract: The influencing mechanism of ambient temperature of oil surface thermometer is researched. The method to discern influence degree of ambient temperature of thermometer is presented.

Key words: Thermometer; Ambient temperature; Influence

1 前言

目前,上海超高压输电变电公司运行管理中的 103 个 220kV 及以上变电站的大型电力变压器配套的超过 2 000 台(套)测温装置中,50%以上存有因环境温度变化而引发就地与远方之间两表偏差超过国家电网规定 5℃以内要求的缺陷。为从事故源头杜绝非电量保护误报警或误跳闸,笔者结合日常检验工作对测温装置两表偏差缺陷机理进行了系统的试验分析。

2 环境适应性分析方法——朝夕巡视法

2.1 隐患排查

2011 年 8 月 4 日,500kV 上海远东变电站巡视中发现三号主变压器 A 相 1 号德国产油温计(12m 长度毛细管)在凌晨 6 点时的就地指针示值与后台网络数据之间偏差为 1.0℃;中午 12 点时,上述两表偏差升至 6.0℃。也就是说环境温度从凌晨 6 点的 30℃变化到中午 12 点的 37℃时,同一台温度计远方与就地之间的偏差变化了 5℃,记录数据如表 1 所示。

2.2 环境温度造成两表偏差的机理

表 1 记录数据

巡视时间		远方 示值/℃	指针 示值/℃	环境 温度/℃	两表 偏差/℃	影响量/℃
朝	6:00am	40	41	30	1	
夕	12:00pm	46	52	37	6	5/(37-30)

大型油浸电力变压器是变电站的重要设备,继电保护规范要求采用独立通道采集和传输重要设备的运行数据如图 1 所示,远方(或就地)系统中任一元件故障只可能造成某一独立通道失效,而不会影

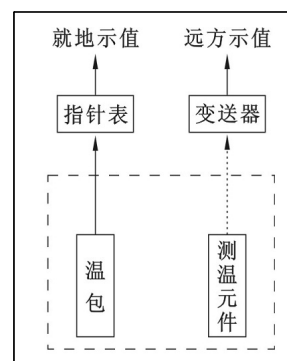


图 1 测温装置图

响另一独立通道继续完成监控任务。

指针式温度计一般由感温部件(温包)、传导部件(毛细管)及弹性元件(铜管压扁后盘圆制成)三部分组成。密闭腔体内填充感温介质(气体或液体),温包内感温介质热胀冷缩产生的压力变化通过毛细管传递给弹性元件并推动指针偏转达到指示温度的目的,如图 2 所示。

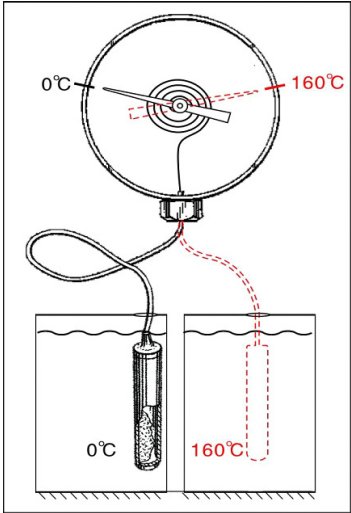


图 2 指针装置图

图 1 所示测温装置包括就地显示的指针温度计和远方数字显示系统两个独立通道,其中远方显示系统采用诸如三线制补偿等许多微电子技术,基本消除了环境温度变化影响(例如环境温度变化 $\pm 40\text{K}$ 时丹麦某品牌温度变送器的附加误差仅仅 $\pm 0.4^\circ\text{C}$)。虽然指针温度计因为不受电磁场干扰和不需要工作电源以及可以适应 IP55 等级的户外条件等特点而被世界各国变电站广泛选作非电量保护执行组件,但当环境温度变化 $\pm 40\text{K}$ 时其附加误差上限均在 $\pm 3^\circ\text{C}$ 以上(即便是发达国家标准也仅如此,即 $0.5^\circ\text{C}\% \text{FS}/10^\circ\text{C}$)。综上所述,表 1 所示两表偏差变化量多数情况下就是指指针温度计的环境温度变化影响量。

3 校验装置的研制

虽然按照国家电网 Q/GDW 440-2010《油浸式变压器测温装置现场校准规范》附录 E 规定的环境温度影响试验方法(如表 2)能够鉴别出指针温度计中的不合格品,但是仅仅完成一台试品就至少需要一个人工作两天时间,见表 3。也正是这种巨大的时间成本导致各个基层供电公司在指针温度计进货检验时无法进一步关注试品的环境温度变化影响量水平是否符合要求。

为此,笔者开发了一台专用试验装置(如图 3)。KH-2010 型全自动环境温度变化试验装置共有三

表 2 环境温度影响试验方法

试验项目	环境温度影响试验方法(Q/GDW440-2010 附录 E)
试验分类	试验按毛细管长度分为:较长(如 18m)和中等(如 12m)及较短(如 6m)三类,凡较长类试品稳定合格的品种可向下列其他试品的试验,余此类推。
环境模拟	一般情况下,模拟-20℃寒冬和+60℃阳光直射的盛夏。
试验点	取油面温度计有效量程起始点+20℃和有效量程终止点+100℃两个试验点。试验点 20℃只进行寒冷(-20℃)试验,而试验点 100℃只进行酷热(+60℃)模拟。
试验方法	①将指针温度计温包浸没在 100℃试验点温度的恒温槽内,将指针温度计表头置于 20℃室温条件下,毛细管放入+60℃恒温水箱中至少保持 10min 后进行示值比较。 ②将指针温度计温包或复合传感器浸没在恒定在 E.3 所选试验点温度的恒温油槽内,同时将指针温度计的表头和毛细管同时放入恒温箱中,分别逐渐升至 +60℃或逐渐降温至-20℃,保持 2h 后与在环境温度(20℃)时指针温度计示值进行比较。
误差上限	环境温度附加误差应不大于 0.05%FS/℃,即当环境温度变化 40K(即-20℃变化至+20℃或从+20℃变化至+60℃)时,160℃量程温度计的附加误差应不大于 $\pm 3.2^\circ\text{C}/40\text{K}$ 。

表 3 温度试验及流程

序号	恒温槽 /℃	毛细管环境 /℃	表计环境 /℃	保温时间 /h	试验目的
1	20	20	20	2.5	模拟上海 冬季工况
2	20	0	20	2.5	
3	20	0	0	2.5	
4	100	20	20	2.5	模拟夏季 运行工况
5	100	60	20	2.5	
6	100	60	60	2.5	

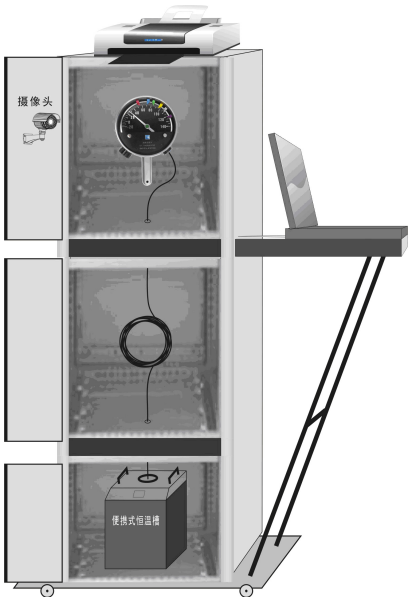


图 3 全自动环境温度变化试验装置

个工作室,每个工作室的环境温度都能够产生-20℃的低温环境(模拟冬天气候)或+60℃高温环境(模拟阳光直射条件下的夏季极端工况),使用铂电阻温度计作为测温传感器。

指针温度计的温包基本上不存在环境温度变化影响;指针刻度盘部分(表计部分)在温度计制造环节已经通过环境温度补偿机构对可能出现的极端工况实施了修正;KH-2010 中部工作室用于毛细管传导部分承受环境温度变化时试验研究。

KH-2010 同时配置了工控计算机和摄像头以及打印机等,按照预设的恒温槽工作温度(20℃或100℃)和工作室试验温度以及必要的保温时间等程序要素自动完成全部试验项目,并通过对温度计表盘示值进行拍照作为记录数据依据,如图 4 所示。



图 4 拍照记录数据

4 实验室测试分析

为了确定远电站用温度计的缺陷机理,按照 Q/GDW 440-2010 进行如下试验:

依据国家电网 Q/GDW440-2010 附录 E,按照上海地区气候条件模拟 0℃的冬天环境(比较 20℃与 0℃环境温度条件下的20℃刻度线上的示值变化,合格上限应不大于 1.6℃/20K);模拟上海地区夏季阳光直射条件下的 60℃环境(比较 20℃与 60℃环境温度条件下的 100℃刻度线上的示值变化,合格上限应不大于 3.2℃/40K)。

4.1 测试方法及数据

将温度计表盘和毛细管分别放入各自环境温度模拟箱中,依次改变两个环境温度模拟箱温度在 0℃或 20℃或 60℃(此时标准恒温油槽温度分别稳定在 20℃或 100℃),环境模拟温度稳定后读取温度计示值,从而获得夏季或冬季环境温度变化对该被检温度计示值造成的偏差,测试数据见表 4。

表 4 测试数据

序号	恒温槽温度/℃	温度计示值/℃	毛细管环境/℃	表计环境/℃	变化量/℃
1	20	18	20.1	19.6	—
2	20	13	0	20	-5.0
3	20.7	14	0.1	0.1	-4.0
4	100	99	20	20.1	—
5	100	108	60	20	9.0
6	100	111	60	60.2	12.0

4.2 测试结论及分析

根据测试数据,进一步给出上述温度计在上海地区气候条件下的试验结果:无论夏天或冬天,18m 指针温度计的环境温度影响量均大幅度超出 Q/GDW440-2010 标准规定的误差上限,结果为不合格,需要进行仪表更换。数据分析见表 5。

表 5 数据分析

检测点	20℃	100℃
环境温度变化	20K ↓ (20℃ ↓ 0℃)	40K ↑ (20℃ ↑ 60℃)
示值变化	-5.0℃	+12℃
误差上限	≤1.6℃	≤3.2℃
结论	不合格	

5 组件质量排查

采用上述相同的试验装置和相同的试验方法在相同的实验室,进一步对上海地区常用的其他三种品牌 18m 尾长的指针温度计开展环境温度变化影响试验,测试数据见表 6。

表 6 不同产地仪表测试数据

产地	德国		美国		瑞典		上海	
检测点	20℃	100℃	20℃	100℃	20℃	100℃	20℃	100℃
环境温度变化/K	20 ↓	40 ↑	20 ↓	40 ↑	20 ↓	40 ↑	20 ↓	40 ↑
示值变化/℃	-5	+12	-0.2	0	-13.5	+2	0	+3
标准值/℃	≤1.6	≤3.2	≤1.6	≤3.2	≤1.6	≤3.2	≤1.6	≤3.2
结论	不合格	不合格	合格	合格	不合格	合格	合格	合格

6 缺陷分析

通过上述测试数据的分析,得出缺陷原因:

(1)毛细管长度影响:

指针温度计的毛细管长度因以下三个原因呈增长趋势(见图5):



图5 现场指针温度计安装板

- ①油浸变压器技术发展呈现高电压大容量趋势;
- ②毛细管等管线均采用走线槽方式固定安装;
- ③2个油温表和1个绕组表合装在同一板面上。

从表4数据可以发现:环境温度从春天的20℃变化到冬天的0℃时(上海地区),该表出现了-5℃的误差:其中表计部分影响量仅-1℃;而毛细管的影响量有-4℃之多。环境温度从春天的20℃变化到上海地区夏天阳光直射条件下的60℃时,该温度计出现12℃的误差,其中表计部分影响量为3℃(尚在合格上限范围以内);而毛细管的影响量却高达9℃。

(2)充灌介质影响:需要关注的是表6中两台不合格产品密闭系统内充灌介质均为液体;而两台合格温度计充灌介质都是气体。

(3)毛细管内径影响:如果毛细管内径无限减小甚至接近至零时其环境温度影响将可降忽略不计。然而,事实上对于内径尺寸小于0.10mm毛细管而言液体流阻之巨大程度相当于管道阻塞;同样0.10mm内径条件下的气体流阻尚处于正常工作范

畴,所以只有气体介质的指针温度计才能采取小直径毛细管的设计措施以达到大幅度减小环境温度影响量的目的。

7 解决方法

鉴于环境温度变化影响试验消耗大量的人力物力,国家电网Q/GDW 440-2010标准提出环境温度变化试验项目免检的必要条件:指针温度计按毛细管长度可分为较长(如18m)、中等长度(如12m)和较短长度(如6m)三种类型。凡18m尾长温度计试品稳定合格的可以免除其12m(及以下)尾长试品的环境温度变化影响试验。委托第三方检测机构使用上述全自动检测装置进一步对两种合格的24m尾长温度计进行环境温度变化试验,试验结果见表7。

表7 试验结果

产地	美国		上海	
检测点	20℃	100℃	20℃	100℃
环境温度变化/K	20↓	40↑	20↓	40↑
示值变化/℃	-0.2	+1.4	-0.4	+2.0
标准值/℃	≤1.6	≤3.2	≤1.6	≤3.2
结论	合格	合格	合格	合格

表7所示24m尾长温度计试验合格,上述两款18m(及以下)尾长温度计符合Q/GDW 440-2010标准附录E环境温度变化试验项目免检条件。

8 结束语

综上所述,“朝夕巡视法”可以在大量运行温度计中发现两表偏差不合格,进而剔除那些环境温度影响量超差的产品,为今后变电站非电量保护组件的日常维护更新提供了依据。为此立项开发的为指针温度计环境温度变化试验专用的全自动检测装置,不仅在解放试验人员作业工作量上创造了新方法,还为全面治理“两表偏差”找到了一种有效措施。

第八届全国变压器技术自主创新研讨会 暨“科宏杯”有奖征文活动通知

为了推动我国变压器行业的快速发展,展示行业内近年来取得的最新科研成果,进一步促进行业的技术进步,《变压器》杂志编辑部在成功举办了七届全国变压器技术学术年会的基础上,为满足广大读者的要求,拟于2012年10月召开第八届全国变压器技术学术年会暨“科宏杯”有奖征文颁奖大会。为此,特征集反映我国变压器行业近年来在变压器(含互感器、电热器、调压器及组件)及智能电网技术领域自主创新的论文。

1. 征文格式和要求参照“《变压器》杂志征稿启事”。
2. 征文截止时间为2012年8月31日。
3. 请登陆中国变压器行业信息网(www.ctn.net.cn),进入后点击《变压器》杂志下方的“投稿入口”。

联系人:李洁
邮编:110179
电话/传真:(024)23929375-15
电子邮箱:sti-tp@vip.tom.com