

《油浸式变压器测温装置现场校准规范》规程解读

田宇

(成都电业局修试所 四川成都 610000)

摘要: 变压器投运后安装的监控测温系统在工作原理、使用环境、元件受环境温度影响下,往往附加误差超标。现场温控装置实际工作范围,正常运行条件下,几乎没有可能工作在指示器刻度的上限(终点)和下限(起始点)刻度点位置,由此催生了实验室(按规程)首检合格后现场安装运行的温控装置在工作范围内进行现场再校准的技术要求,就油浸式变压器测温装置现场校准规范以及方式进行了讨论,对降低变压器测温装置误差以及提高仪表测试精确度有一定指导意义。

关键词: 变压器; 测温装置; 校验

Abstract: The additional errors of temperature monitoring and measurement system installed after putting the transformer into operation always exceed the standard, which is influenced by the working principle and the service environment while the elements are under the influence of environmental temperature. The actual working scopes of temperature control devices under the normal operating conditions almost can not work in the upper limit (the end point) and the lower limit (the starting point) of the indicator scale, so it gives birth to the technical requirements, that is, the temperature control devices should be calibrated in the field after the first qualified inspection in the laboratory (according to the regulations) for the site installation and operation. The local calibrating standard of temperature-measuring equipment for oil-immersed transformer and its methods are discussed, which has the guidance significance for reducing the errors of temperature-measuring devices and improving the testing accuracy of instruments.

Key words: transformer; temperature-measuring equipment; calibration

中图分类号: TM406 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2012)06-0076-04

1 问题的提出

(1) DL/T 572-2010《电力变压器运行规程》中明确规定: 变压器投运后, 现场温度计指示的温度、控制室温度显示装置、监控系统的温度三者基本保持一致, 误差一般不超过 5℃。

(2) 基于就地安装的压力式温控器与远方温度显示装置(监控测温系统)是两个独立的检测系统, 分别按照 JJG 310《压力式温度计检定规程》(以下简称规程)和 JJF 1183《温度变送器校准规范》检测, 两台检测合格装置, 亦可能存在 3℃~4℃的系统误差。两套装置在工作原理、使用环境、元件受环境温度影响的附加误差各不相同, 更使得两表一致性问题突出, 往往超标。

(3) 现场温控装置实际工作范围, 正常运行条件下, 几乎没有可能工作在指示器刻度的上限(终点)和下限(起始点)刻度点位置。

为此, 催生了实验室(按规程)首检合格后现场安装运行的温控装置在工作范围内进行现场再校准的技术要求, 并出台了 Q/GDW 440-2010《油浸式变压器测温装置现场校准规范》(以下简称规范)。

2 关于现场校准

2.1 校准点的选择

参照油浸式变压器 A 级绝缘耐温上限为 105℃的技术参数, 同时力求避开刻度上、下限, 原则上在工作温度范围内取三点。中心刻度一般取工作温度范围的中值点, 再增加中心点上下对应两点作为现场校准点(详见《规范》中表 4)。

2.2 现场校准的主从关系

“指针温度计可用于就地示值读取, 温度控制和非电量保护, 其远方显示装置仅用于对指针示值的远方读数”。《规范》准确地点明了两者关系和位置。两者就是主从关系, 远方显示的地位就是就地

示值的“跟随器”，充当就是就地温控器的远方读数器而已。为此，在指针表、变送（显示）器、监控系统中交流采样测量装置（测温直流通道）、后台机温度数据标度系数的联合调试中，关键是先校准指针表的校准点，再调试远方测温系统与指针表示值的一致性。

2.3 两表偏差应不大于 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的校准难关

(1) 精准读数与分辨率

一般指针表最小刻度间隔为 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，倘要满足 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 指标，势必要求精准细分到 $1/4$ 最小间隔以下，而人工读数分度、视差、观察条件的局限都将影响示值读数的准确性。

(2) 非线性影响

温度变送器、指针式表计、监控系统测量环节，在不同的三点温度刻度上，均存在一定的非线性因素。若远方测温系统系 Pt100 经温度变送器至交流采样测量装置，首先 Pt100 的 $Pt-t$ 曲线自身就呈现上凸特性的非线性特征，变送器、交流采样（模拟）直流通道也存在一定程度的非线性放大问题。

(3) 多数早已投运的远方测温系统都进行相应的技术改造还不太现实，倘能在如下环节进行改进，还是比较有可操作性的。分别利用变送器、交流采样测控装置的零点和满度调整，还可利用监控系统后台机的测温 YC 点标度系数和偏移值修正的“组合拳”来满足三点校准的准确度要求。

(4) 关于高度差造成的静态柱的影响

《规程》规定“检定时，表头和温包之高度差应不大于 1 m ”。实验室检验时，通常是表头高于温包近 1 m 左右，而实际现场安装运行条件，大多是温包高于表头 $2\sim 4\text{ m}$ ，其温包内的液体介质将产生静态柱差，若现场检验（校准）时，图方便将恒温槽置于地面，传感器温包取下后放入温槽，此时静态柱差将出现最大值（校准位置与运行位置完全相反，其影响量出现最大差值）。欲满足调合“两表差”要求，这一个环节亦是不能忽略的。

3 校准后的两表偏差

《规范》要求“校准后的指针温度计，在校准点两表偏差应不大于 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”。据引用国内外相关标准一致规定，准确度 1.5 级、测量范围 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度计在环境温度变化 $\pm 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，最大允许

误差为 $\pm 3.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。重复性误差不超过 $\pm 1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。（重复性误差指，从同一方向对同一输入值进行（至少三次）的多次连续测量所获得的随机误差，它是压力式温度计不可克服的最小误差）。即使检定合格的温度计其上述两项误差相加后与远方测温系统的“两表偏差”故有的最大偏差可达 $4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，而 DC/T 572《电力变压器运行规程》规定本体和远方测温系统示值限值为 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，所以，在扣除两套（不同工作原理）测温系统固有的系统误差 $4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后，仅乘 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 空间。为此，提出了现场校准后，两表偏差不应大于 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的指标。可否理解为，这个不超过 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的两表偏差，是针对现场校准时的调试准确度要求，而运行中的随机温度检查（因其影响量甚多）还是应按《变压器运规》的不超过 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为准。

4 关于环境温度变化量影响

基于环境温度变化影响量的质量保证，应属于制造厂家设计、选材、生产环节质量控制及特性试验项目，运用中的现场几乎是不可能改变其结构性特征，所以在《规范》中并未将其列入校准项目。

通过《规范》编写专家组组织对当前系统内采用的国内外油浸温控器主要型号进行的较细致、严谨的附加温升项目及影响量（附加误差）测试，为今后选型、技术改造、校准提供了重要的参考数据。

另外有一个设想，之所以现有表内（温度补偿用波纹管、波登管）不能完全补偿环境温度影响，其毛细管长度差异，温包毛细管处户外环境与补偿用毛细管处于表内环境等温度环境条件差异而造成附加误差较大。倘若从温包处开始设计为双毛细管相似于补偿用毛细管延伸（补偿用毛细管另一侧不焊入温包内），使压力式温控器主转矩传导毛细管与补偿用毛细管的长度、工作环境条件（即受环境温度影响的外在条件）完全相同，则补偿将更加彻底，环境温度（即使温度毛细管处于变压器顶部行线槽内）带来的附加温升误差将成数量级减小。

5 接点动作误差

《规范》要求“指针式温度计的上行程接点动作误差应不超过 $\pm 2.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”。显然是按准确度 1.5 级、

表1 主要采用厂家型号基础数据表

厂家	项 目				
	准确度	接点动作误差	接点切换误差	接点功率(阻性)	传感器温包尺寸
AKM	±3 °C	4 °C	10 °C ~ 14 °C	AC250 V/15A DC220 V/0.3 A	Φ14 mm × 113 mm
特曼	±2.5%	2% (全刻度)	4% (全刻度)	AC250 V 标准微动开关 5 A 高性能微动开关 10 A	Φ16 mm × 180 mm
MESSKO	±2 °C	≤3.6 °C	3% (测量上限)	AC250 V/5 A	Φ9.5 mm × 150 mm
科宏	±2 °C	≤3.6 °C		AC250 V/10 A(5 A)	Φ14 mm × 150 mm
华立	1.5 级	±3 °C	6 °C ± 2 °C	AC250 V/3 A	Φ14 mm × 150 mm
大连世有	1.5 级	±2 °C	(6 ± 2) °C	AC250 V/5 A	Φ14 mm × 150 mm

测量范围 160 °C 表计来考虑的。此处有以下三点值得注意。

(1) 《规程》接点设定误差规定应不超过 ±3.6 °C 而《规范》要求之差限值 ±2.4 °C ,即此规程要求更严 ,将出现首检按《规程》“接点动作误差”合格而运行后现场按《规范》校准时 ,相同数值都被判超标不合格的状况。

(2) 《规程》中“接点设定误差” ,系指上切换值和下切换值的平均值(即切换中值) 与接点设定值的差值。《规范》中“接点动作误差”系指接点上行程动作值与温度计接点设定值之间的差值 ,两者之间较大的实质区别 ,从运用角度 ,显然《规范》考核接点上行程瞬间示值比《规程》中取上、下行程动作平均值更贴近接点输出实际取上行程动作值的实际运行情况(运用于油泵 ,风机启动后降温后返回者除外) 。

(3) 为避开微动开关接点在动作点附近出现反复弹跳 ,国内外一厂家专门设计了“宽范围”接点切换差表计 ,详见下表 1。

如 AKM 厂表 ,接点切换差 10 °C ~ 14 °C 在实际运用中 ,拉开距离的接点切换差完全避开了温度在动作值附近绕动时出现的接点弹跳(即频繁地出现启动、停运状态) ,同时 ,因其宽范围的切换差性能 ,使同一组接点的下切换动作值又充当了风扇和油泵启动后 ,变压器运行温度下降时需要的停机返回功能角色。此处还可节省两组“返回”接点。显然 ,与《规程》“切换差”越小越好的指标是背向的(但确又是非常实用的) 。为此 ,在评判上还是不要一刀切为好 ,本身就是特殊功能者 ,理应按出厂技术指标为准。

6 关于接点功率

《规范》明确提出了“接点功率(阻性) 负载不小

于 AC250 V/10 A”要求。从接受动作后 ,普遍要带一个中间继电器负载 ,返回后线圈还有反电势冲击 ,对接点容量有一定要求是很到位的。遗憾的是除 AKM 等少数厂家选用微动开关满足要求外 ,多数厂家均 ≤5 A ,而不满足不小于 10 A 的《规范》要求。

7 关于跳闸输出用一段闭锁二段

按国网公司【2004】生产营(104 号) 《变压器温度保护指导意见》“油浸式变压器的本体油温度保护一段作用于信号 ,二段作用于跳闸 ,用一段输出闭锁二段输出”。即用顶层油温 85 °C 温高报警闭锁 115 °C 油温过高跳闸。在原设计和技术改造中 ,普遍采用同一表内两组接点串联完成一段闭锁二段功能 ,基于同一表内两组接点在接近动作值时 ,其两组微动开关也相继进入行程接近动作导通临界距离(即离动作行程距离很靠近) ,倘表计受外力、振动因素作用下 ,极易出现误动 ,从而起不到闭锁 ,增加可靠性的初衷。《规范》附录 F 中明确提出用两侧不同温度计接点串联(完成闭锁) ,此举是十分必要的和符合现场运行实际的 ,可增加可变温度保护动作的可靠性 ,减少误动发生。与贯彻四川省公司 135 号文时 ,提出的改进闭锁措施也是完全相同的。

8 关于绕组温控器检定时基础油温的选定

《规范》附录 D ,绕组温控器热模拟试验时 ,选择基础油温为 80 °C ,认为是较合理的 ,因在基于油浸式变压器 A 级绝缘耐温上限 105 °C 极限下 ,实际选择基础温度越高则附加温差越低 ,得到的热模拟试验结果将更真实。

9 关于校准周期

《规范》要求结合 Q/GDW 168 - 2008《输变电设备状态检修试验规程》开展温控器现场校准工作,168号规程中要求对测温装置3年检查一次,每6年校验一次。即《规范》中校准周期一般不超过6年时限。在实际执行中,可参照3年进行一次接点、整体传动、本体、远方数值核对(并记录),6年进行一次现场再校准试验。这样,既可减少不必要的频繁折腾,又保证准确、可靠性。

10 结 语

变压器投运后安装的监控测温系统在工作原理、使用环境、元件受环境温度影响下,往往附加误差超标。现场校准方法的正确运用不仅能使测温装置准确反映变压器运行状态的真实温度,而且更能安全可靠地保障变压器正常运行,校准规范既为现场检验(校准)工作的开展提供了更为科学的依据

(上接第13页)

其相应的具体控制流程图如图1所示。

5 结 语

普通电力用户在低负荷情况下,通常受到力率电费考核,在极端情况下甚至达到总电费的40%以上,不仅用户的利益受到了极大的损失,也增加了电网的线损。

通过合理配置电容器的大小,改进电容器的配置方式,同时对智能投切控制器程序进行优化设计,使之具备电容器的寻址功能和不同负荷电流大小的判断功能,既可不仅满足低负荷时负荷的无功补偿,也可满足低负荷时对变压器无功的补偿,使得用户在低负荷情况下功率因数显著提高,避免了用户不必要的经济损失,对降低电网线损也起着积极的作用。

参考文献

[1] 闻桂陈,李湘君. 变压器无功补偿问题探讨[J]. 电

和更人性化的准绳,同时亦兼顾了测温装置现场实际运行中的诸多实际问题,适用性强。在当前电网不断扩容的背景下,变压器温度监测更是提到了前所未有的高度,测温装置的重要性更是不言而喻。前面就油浸式变压器测温装置现场校准规范以及方式进行了讨论,对降低变压器测温装置误差以及如何提高仪表测试精确度有一定指导意义。

参考文献

[1] JJG 310 - 2002 压力式温度计[S].
[2] Q/GDW 168 - 2008 输变电设备状态检修试验规程[S].
[3] DL/T 572 - 2010 电力变压器运行规程[S].
[4] 变压器用温控器说明书(R).
[5] 国网公司(2004)生产营(104号)变压器温度保护指导意见(R).

作者简介:

田宇(1982),男,技师,从事变电站电测、热工及电能质量技术监督,监控系统及变电站自动化装置的维护工作。

(收稿日期:2012-05-22)

气技术,2009(10):87-87.

[2] 薛明琪,纪勇兵. 电网无功补偿容量的选择[J]. 低压电器,2009(1):47-49.
[3] 张元军,刘绍东等. 智能无功补偿装置的研究[J]. 煤矿安全,2007(11):9-12.
[4] 王娟,杨淑英. 低压无功功率补偿系统的实用化设计一例[J]. 华东电力,2007(1):79-81.
[5] 薛明琪,徐洪. 低压无功补偿投切电容装置选用探讨[J]. 电气应用,2007(4):44-46.
[6] 李克芹,刘冬英. 切换电容器交流接触器在无功补偿中的应用[J]. 低压电器,2009(5):63-66.
[7] 王志洁,季美红. 低压并联电容器无功补偿方案的确定与实现[J]. 电工电气,2009(6):29-31.

作者简介:

黄斌(1977),男,研究生,四川德阳电业局,工程师,主要从事营销管理工作;

吕飞鹏(1968),男,博士,教授,研究方向为电力系统继电保护和综合信息处理智能系统。

(收稿日期:2012-05-22)