



准确度符合 IEC 要求的变压器温度计配置研究

黄 华¹, 安宗贵², 袁志文³, 邓 华⁴, 周维明⁵, 洪睿钧⁶

(1.正泰电气股份有限公司, 上海 201614; 2.国家电网公司, 北京 100031; 3.国网上海电力科学研究所有限公司, 上海 200437; 4.国网浙江省电力公司检修分公司, 浙江 杭州 310015; 5.国网江苏省电力公司常州供电公司, 江苏 常州 213000; 6.常州东芝变压器有限公司, 江苏 常州 213012)

摘要:通过对各相关标准要求的梳理与研究,提出了油面温度计的双模配置方案,有效地解决了变压器油面温度计测量准确度的问题,并介绍了部分典型应用案例。

关键词:温度计;测量准确度;环境温度;双模配置

中图分类号:TM403.9

文献标识码:B

文章编号:1001-8425(2018)07-0062-03

Research on Configuration of Transformer Thermometer with Accuracy in Accordance with IEC Requirement

HUANG Hua¹, AN Zong-gui², YUAN Zhi-wen³,
DENG hua⁴, ZHOU Wei-ming⁵, HONG Rui-jun⁶

(1.Chint Electric Co., Ltd., Shanghai 201614, China; 2.State Grid Corporation of China, Beijing 100031, China; 3.Electric Power Research Institute, State Grid Shanghai Electric Power Company, Shanghai 200437, China; 4.Maintenance Company, State Grid Zhejiang Electric Power Company, Hangzhou 310015, China; 5.Changzhou Power Supply Company, Changzhou 213000, China; 6. Changzhou Toshiba Transformer Co., Ltd., Changzhou 213012, China)

Abstract:Through the research of the relevant standard, thermometer dual-model configuration scheme in power transformer field is provided. The problem of measuring accuracy of transformer thermometer is solved, and some typical application cases are introduced.

Key words:Thermometer; Measurement accuracy; Ambient temperature; Dual-mode configuration

1 引言

DL/T572-2010《电力变压器运行规程》对变压器测温装置远方(后台电子显示器)与就地(压力式温度计)之间的两表偏差提出不大于5K的运行要求。在各标准中规定的温度计误差及置信度差异如表1所示。

如表1所示,按照IEC将环境温度影响附加误差纳入准确度考核范围的国际通行计算方法,我国1.5%压力式温度计实际最大允许误差为-7.2~+5.2℃,而不是JB/T6302-2016公示的±2.4℃。即我国1.5%准确度仅相当于国际标准的5.0%水平,其测量数据可信程度低于46%。考虑到IEC标准条款是国际市场对电工产品质量验收的最低要求,笔者对国

表1 变压器温度计误差及置信度差异表

指针温度计	欧盟 EN50216	国际 IEC60076	中国 JB/T6302
测量准确度/%	1.5(160℃)	2.0(160℃)	1.5(160℃)
示值允许误差/℃	±2.4	±3.2	±2.4
使用环境条件/℃	-25~+40	-25~+40	-40~+55
环境温度影响/℃	已含示值误差	已含示值误差	附加 -4.8~+2.8℃
最大测量误差/℃	±2.4	±3.2	-7.2~+5.2℃
置信水平/%	100	100	33~46

注:置信水平定义为示值允许误差与实际最大测量误差的比值。

产测温装置等效国际标准的转换途径进行了梳理分析。

2 准确度定义差别

如表 1 所示按照 JB/T6302-2016 生产制造的 1.5% 压力式温度计存在最大允许误差为 $-7.2 \sim +5.2^{\circ}\text{C}$ 的事实,与 DL/T572-2010 要求测温装置两表偏差小于 5K 的规定相互矛盾。IEC60076-22-1-2018FDIS 定义的指针温度计准确度是 2.0%FS ($-25^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$),两表偏差运行缺陷完全受控。

大型变压器在油箱长轴两端配置油面温度计以承担下列 4 项任务:(1)提供就地保护接点信号。(2)提供后台远方显示信号。(3)提供冷却装置投切信号。(4)现场巡视读数。

欧盟标准将压力式温度计和双金属温度计统称为度盘式温度计。选择度盘式温度计作为变压器温度保护装置需要满足无源、不受电磁场干扰影响及可长期户外可靠运行这三个必要条件。压力式温度计和双金属温度计均满足上述三项要求,而国际市场上双金属温度计报价是压力式温度计的 16% 左右。图 1 给出了温度计的双模配置图。

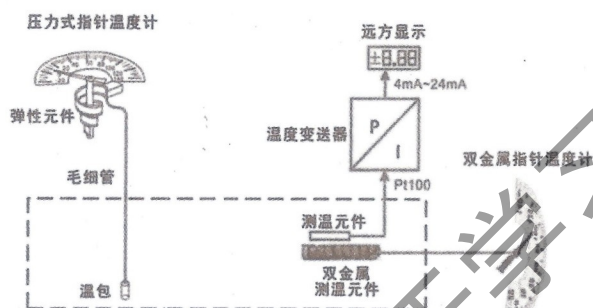


图 1 变压器温度计双模配置原理图

2.1 压力式温度计(简称 YLS)

如图 1 左侧所示,压力式温度计是由传感器温包、弹性元件及连通毛细管这三个零件焊接而成的密闭系统,内充灌感温介质(例如航空煤油)。其基本工作原理是:随着温包内感温介质热胀冷缩的体积变化,通过毛细管作用,弹性元件发生位移,从而带动指针在刻度盘上显示温度。

毛细管内感温介质遭受环境温度变化影响带来的附加误差可引发两表偏差缺陷见表 1。为此,欧盟标准和 IEC 标准都将毛细管长度(尾长)限制在 10m 以内,见表 2。

表 2 压力式温度计 IEC 要求

示值误差/%	附加误差	保护开关/个	尾长/m
± 3.2	无	4	≤ 10

2.2 双金属温度计(简称 SJS)

如图 1 右侧所示,双金属温度计的基本工作原理是利用两种粘连在一起的不同膨胀系数通过金

属片在热胀冷缩时产生的位移来显示被测温度。双金属温度计显著特点是没有慢性渗漏缺陷,也没有因为环境温度变化而影响其准确度。相对压力式温度计而言,双金属温度计可实现 1.5% 准确度和 15 年使用寿命设计目标值,且其质量控制成本具有明显优势。压力式温度计可以通过毛细管将刻度盘表计固定在约 1.5m 的视平线高度,而双金属温度计则只能安装在变压器油箱上直接读数。

3 国际标准转换方案

基于 IEC60076-22-1 中对指针温度计准确度的定义方法,以国际标准转换作为切入点,参照上海市计量协会团体标准 T/SMA0001-2017,可将 160℃ 量程指针式油面温度计以准确度划分为三个技术等级,见表 3。

表 3 油面温度计质量技术等级

质量技术等级	A 级	B 级	C 级
指针温度计准确度等级	1.5 ($\pm 2.4^{\circ}\text{C}$)	2.0 ($\pm 3.2^{\circ}\text{C}$)	2.0 ($\pm 3.2^{\circ}\text{C}$)
指针温度计接点动作误差	2.0 ($\pm 3.2^{\circ}\text{C}$)	2.0 ($\pm 3.2^{\circ}\text{C}$)	2.0 ($\pm 3.2^{\circ}\text{C}$)
远传信号装置准确度等级	1.0 ($\pm 1.6^{\circ}\text{C}$)	1.5 ($\pm 2.4^{\circ}\text{C}$)	2.0 ($\pm 3.2^{\circ}\text{C}$)
两表偏差/K	2.4	3.2	3.2
等效水平	满足欧盟标准	满足 IEC 水平	满足中国标准

表 3 中 B 级指标将作为变压器验收的最低要求,意味着我国指针温度计最大测量误差需要从现在的 $-7.2 \sim +5.2^{\circ}\text{C}$ 至少改善至 $\pm 3.2^{\circ}\text{C}$ 。IEC 将毛细管长度限制在 10m 以内,说明选择小孔径不锈钢毛细管是改善压力式温度计准确度指标的关键所在。以欧洲某品牌的温度计试验数据给出了准确度水平与毛细管长度的负相关敏感点,见表 4。

表 4 准确度水平与毛细管长度呈负相关

毛细管尾长/m	准确度(含环境温度影响量)/%	产品技术水平
6	1.5($\pm 2.4^{\circ}\text{C}$)	满足欧盟标准
9	2.0($\pm 3.2^{\circ}\text{C}$)	满足 IEC 水平
12	2.5($\pm 4.0^{\circ}\text{C}$)	不合格

考虑到出口变压器有可能按照欧盟标准验收,这里给出了大型变压器油面温度计的三种可行的配置方案,见表 5。

实际上,在现有变压器的部分大修项目中选择了油面温度计双模配置方案,即使用 1 个双金属温度计提供保护接点信号和远方 4/20mA 信号(可不

表5 指针温度计配置组合差异表

配置方案	运行优点	运行缺点
2个SJS	符合欧盟标准; 保护准确,两表偏差小	现场读数不便
1个6mYLS和 1个SJS	符合欧盟标准; 保护准确,两表偏差小	压力式温度计工 作寿命约7年
2个6mYLS	符合IEC标准要求	工作寿命约7年

停电校准),使用另1个压力式温度计用于冷却器投切和现场巡视读数,见表6。

表6 指针温度计准确度差异表

IEC60076-22-1-2018	上海计量协会团体标准 T/SMA0001-2017	
油面温度计	压力式温度计	双金属温度计
准确度 $\pm 2.0\%$ ($-25^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$)	准确度 $\pm 2.0\%$ ($-40^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$)	准确度 $\pm 1.5\%$ ($-40^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$)
尾长 10m 以下	尾长 12m 以下	尾长 0.3m

4 现场运行案例

由表1可知,同一台压力式温度计($\pm 1.5\%$ 准确度)在 20°C 实验室条件下的示值误差在 $\pm 2.4^{\circ}\text{C}$ 内,在户外运行时的最大允许测量误差却高达 $-7.2\sim+5.2^{\circ}\text{C}$,无法满足两表偏差小于5K的运行要求。

鉴于国际市场配电变压器长期大批量使用没有环境温度影响的双金属温度计,江苏省电力公司常州供电公司在奔南110kV变电站检修中更新使用油面温度计双模配置如下。

(1)使用1个斜面刻度双金属温度计提供保护接点信号和远方4/20mA信号(可不停电校准)。

(2)使用另1个尾长6m压力式温度计用于冷却器投切和巡视读数,见图2。

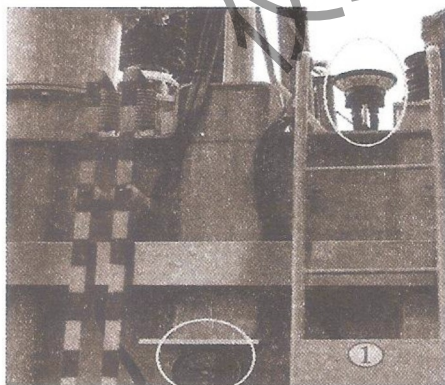


图2 双模配置运行安装图(110kV 变压器)

大容量(一般在120MVA以上)220kV及以上变压器大都采用集油管联通冷却器的结构(集油管内温度一般情况下还会高于油箱顶部温度),此时,

可采用在变压器集油管端部法兰安装1个或2个双金属温度计,在变压器顶部安装1个或2个压力式温度计传感器温包的双模配置方案,既方便了现场巡视读数,也解决了两表偏差的问题,如图3所示。

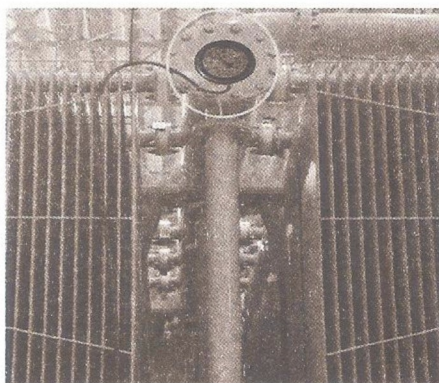


图3 双模配置运行安装图(220kV 变压器)

在此项目中,在集油管的上部和下部各设置了1个双金属温度计,这样可以分别准确测量进口口和出口口的温度,便于实时了解冷却装置的运行状态。

5 结束语

面对国际标准要求将变压器测温装置的整体测量误差从现在的 $-7.2\sim+5.2^{\circ}\text{C}$ 至少提升到 $\pm 3.2^{\circ}\text{C}$ 以上的挑战,同时考虑中国国家电网已经在《油浸变压器采购标准》中提出变压器温度计工作寿命应优于15年的采购要求,利用没有慢性渗漏和环境温度影响的双金属温度计在配变领域长期高可靠运行记录,并在优化指针温度计尾长与准确度负相关特性的基础上,推出了应用于大型电力变压器领域的油面温度计的双模配置,一方面可以有效地解决温度计准确度符合国际标准验收要求的难题,另一方面也体现了中国企业引用先进标准消除变压器两表偏差运行缺陷的创新能力。

参考文献:

- [1] DL/T572-2010,电力变压器运行规程[S].
- [2] IEC60076-22-1-2018FDIS,Power transformer and reactor fittings-Part 22-1:Protective devices[S].
- [3] EN50216-2008,Power transformer and reactor fittings-Part11:Oil and winding temperature indicators[S].
- [4] JB/T6302-2016,变压器用油面温控器[S].
- [5] EN13109:2011,Dial thermometers[S].

作者简介:

黄华(1982-)男,湖北荆州人,副总工程师。

收稿日期:2017-10-13