

# 变压器测温系统的缺陷管理

罗 骥

(攀枝花电业局 四川 攀枝花 617067)

**摘 要:**分析了变压器测温系统存在的缺陷,结合现场实际情况提出了有效的消缺措施。

**关键词:**变压器;温度表;缺陷

**Abstract:** The existing defects of temperature measurement system in transformer are analyzed, and the effective measures to remove the defects are presented combined with the actual situation.

**Key words:** transformer; thermometer; defect

中图分类号:TM401 文献标识码:B 文章编号:1003-6954(2008)02-0011-03

在供电系统中,变电站变压器测温系统用于变压器油温的监视,反映绕组的工作情况,并可高温报警、自动投切冷却器及高温跳闸,其温度测量的准确性及温度表开关接点的正确动作率直接影响到变压器的安全稳定运行,因此必须给予足够的重视。

目前,攀枝花电业局共有大型变压器40台,其中110 kV变压器29台,220 kV变压器9台,500 kV变压器2台。随着信息化网络技术的推广运用,110 kV变电站基本实现无人值守,220 kV和500 kV变电站已实现少人值守。220 kV和500 kV变压器温度基本上实现了微机监控,一般110 kV变压器采用二台油温温度表,而220 kV和500 kV变压器则需采用二台油温温度表和一台绕组温度表,温度表需要输出4~20 mA电流信号或Pt100电阻信号,220 kV和500 kV变压器有的还配有远方数字温显仪。

## 1 现有缺陷

变压器测温系统由本体温度表、温度变送器、通道电缆、远方温度显示仪和信号采集转换模块等组成。

1)运行中的变压器有30%发生现场温度表与远方数字温显仪(或指针式远方测温表)及计算机显示的温度信息三者不一致的情况,特别是在70℃以上高温测量时,测温系统综合误差高达8℃以上。

2)运行中的变压器有出现温度表指示失准和远方数字温显仪或计算机无法监测温度的现象。

3)曾经有主变非电量保护误动作现象。

## 2 缺陷分析

上述1)所描述的现象是因为存在系统静态误差和传导误差;2)多为测温系统可靠性方面存在缺陷和各温度仪表的不匹配引起的;而3)多为外部原因引起的。

### 2.1 静态误差

所谓静态误差是指在正常工作条件下,拥有多台多种温度表构成的测温系统中仪表与仪表之间所存在的测量结果不一致现象。静态误差由仪表的基本误差,各个仪表在不同环境温度下允许范围的附加误差,以及因信号传输电缆长度不等和接触电阻造成传输误差等组成。现场对变压器测温系统进行综合检定时,可将恒温槽恒定在某个温度点如(50±0.1℃),从油箱顶部取出温包放入恒温槽,在恒温槽稳定后读取温度表及数显仪和计算机温度显示值,然后通过“调零”可以减少各仪表间的静态误差。如果温度表、温度变送器和数显仪等没有调零机构,即使采用便携式恒温槽在变电站现场开展温度表检测工作,也没有手段去修正误差;在实验室检定时,也不便对温度表零位进行调整。

### 2.2 传导误差

220 kV及以上大型电力变压器都有配有绕组温度表,根据变压器绕组温度表的工作原理可知,绕组温度表的温包应该安装在变压器油温较高的部位(如B相套管引出线附近)。实际情况是大型变压器两端油温存在温差,这就有可能造成变压器在没带负荷时出现油温表示值高于绕组温度示值的情况。

传导误差是指由于温包安装孔内空气绝热作用

造成温包与远传铂电阻测量值的不一致现象。大多数国产温度表用于远方测温的铂电阻都安装在温包内靠安装螺纹处, 要保证测温准确, 温包安装前应在安装孔内注满变压器油, 然后慢慢插入温包并拧紧 M27×2 安装接头, 调整好温包的插入深度(尽可能选最大的插入深度)并拧紧螺丝, 保证温包被油完全浸没。标准恒温槽的插入深度应 $\geq 150$  mm, 确保现场检验温度表时温包有足够的插入深度, 以减小温度表的传导误差和响应时间常数。

相比之下带 4~20 mA 电流信号输出的温度表就不存在温包与远传铂电阻测量值不一致的情况, 其传导误差较小。今年新投运的 500 kV 石板箐变电站二号主变和 220 kV 银江变电站一号主变由于使用瑞典 AKM 型带 4~20 mA 电流信号输出的油温表和绕组温度表, 主控监控机显示的温度与本体温度表指示的温度基本一致, 误差在 2 °C 之内。

### 2.3 可靠性缺陷

任何原因造成的变压器非计划停电检修都属于运行事故, 引发事故的具体构件和原因都是变压器的可靠性缺陷。

#### 2.3.1 温度表的可靠性缺陷

压力式温度表比较突出的问题是不可靠, 具体表现为指示超差和指示失效, 指示失效属于仪表可靠性存在重大缺陷。压力式温度表由弹性元件、毛细管和温包三部分通过焊接组成一个密封系统, 利用这密封系统内部所充的感温介质受温度变化而产生的压力变化, 使弹性波纹管端部产生角位移来带动指针指示被测温度值, 并驱动微动开关, 输出开、关控制信号以驱动冷却器系统和发油温高信号, 达到控制变压器温升的目的。如果压力密封系统因为慢性渗漏而存有微小气囊, 则温度表就会呈负误差或出现指针挂零现象, 从而使其指示失效并可能产生拒动作隐患。

JB/T6302—1992《变压器用压力式温度计》规定温度计必须通过 1 000 h 的稳定性试验。稳定性试验可将压力式温度表的潜在焊接缺陷有效暴露出来, 通过这种稳定性试验的温度表具有较长的工作寿命。对不可靠的产品进行规范化周期检定所获得的结果也可能是不可靠的, 温度表的可靠性指标不容忽视。因此在温度表选型时应选取稳定性好、质量信得过的产品, 变压器温度表的质量保证期应不低于五年, 并通过实验室首检, 只有通过首检合格的温度表才能投入使用。

#### 2.3.2 温度变送器的可靠性缺陷

随着变电站无人值守方式的推广, 大多数现场都要求温度表具备 4~20 mA 或 0~5 V 温度信号远传功能。用于远方测温的温度变送器有的安装在温度表内, 有的安装在保护控制屏后, 也有的厂家将 4~20 mA 输出的温度变送器和 24 VDC 电源模块复合一体安装在变压器端子箱内。温度表上传的电阻信号经温度变送器, 输出一个 0~5 V 的电压信号, 经信号采集转换模块显示在后台机。实现 R—U 转换或电流信号输出的温度变送器的可靠性对测温系统是否正常工作有着直接的影响。新购的温度表在首检时经常遇到温度变送器无输出或输出无变化的情况, 运行中变压器远方测温异常往往是由于温度变送器或信号采集转换模块不能正常工作造成的。

### 2.4 温度表、温度变送器和远方数显仪的不匹配引起的缺陷

每台温度表都会配备 4~20 mA(或 0~5 V)的温度变送器或远方数显仪, 如果绕组温度表和油温表量程统一为 0~150 °C, 则所有温度变送器输出同一个线性常数  $K=0.1067$  mA/°C, 更重要的是数显仪和温度变送器都是可以通用的, 反之, 如果 BWR 绕组温度表的量程为 0~150 °C, 温度变送器输出为 16 mA/150 °C=0.1067 mA/°C; 而 BWY 油温表的量程为 0~120 °C, 则温度变送器输出为 16 mA/120 °C=0.1333 mA/°C, 此时 BWR 与 BWY 所配套的数显仪及温度变送器是无法通用的, 这给检验维护及安装调试人员的交接工作带来不必要的麻烦, 因此引起测温系统的各个仪表之间的温度显值不一致, 甚至远方数显仪和计算机根本无法监测变压器本体温度。

### 2.5 外部原因引起的缺陷

雷雨天气强降雨时, 由于温度表密封圈没有密封好或已老化断裂, 加上温度表上方的透气孔将会有轻微进水, 造成内部零件锈蚀, 将可能导致触点开关拒动; 另外, 温度表内进水有可能造成二次回路直流接地和短路, 发生保护误动作及电网事故。2005 年 6 月, 500 kV 石板箐变电站一号主变 A 相高压侧发油温高信号, 经现场检查发现由于有少量雨水进入温度表内导致用于发油温高信号的触点开关动作。

2004 年 9 月 2 日, 银江二号主变跳闸, 经检查发现基建单位在施工时误将绕组温度表的跳闸信号接到 K1, 而 K1 触点动作温度设置为 55 °C, 当变压器运行温度达到 55 °C 左右时绕组温度表 K1 触点闭合, 导致主变非电量保护动作主变跳闸。

### 3 消缺措施

根据近几年对变压器测温系统的检修维护实践,可以采取以下消缺措施:

(1)新购绕组温度表、油温表和温度变送器及远方数显仪均要求附设调零机构;

(2)新购绕组温度表、油温表和温度变送器及远方数显仪统一选用  $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$  测量范围;

(3)远方数显仪及信号采集转换模块应能在不停电条件下更换;

(4)结合变电站综合自动化改造,建议将 110 kV 及以上变压器带有 Pt100 电阻信号输出的温度表统一更换为带  $4\sim 20\text{ mA}$  电流信号输出的温度表;

(5)所有 110 kV 及以上变压器的温度表必须加装防雨罩,防止雷雨天气时雨水进入表内;

(6)加强新购温度表的首检,防止不合格的产品投入使用,在变压器开展预防性试验时对测温系统进行周检;

(7)加强对新投运的变压器非电量保护的整组验

收试验,消除基建施工遗留缺陷;

(8)变压器的绕组温度只用于信号,本体油温度保护一段作用于信号,二段作用于跳闸,且一段输出闭锁二段输出(即一段温度的一副输出接点串接在二段温度输出回路中)。

### 4 实施效果

用于测量变压器顶层油温和绕组温度的温度表是变压器非电量保护装置中较直观且使用频率较高的仪表,主变温度准确可靠对分析、判断主变状态、性能提供依据,变压器测温系统的完好率对变电站安全运行有着直接的影响。通过对温度表实施上述消缺措施,可以提高主变温度测量的准确性、可靠性以及主变非电量保护的正确动作率,从而在根本上消除因为测温系统的故障造成大型电力变压器计划外停电检修。

作者简介:

罗骥,女,四川攀枝花人,工程师,从事电力仪表计量工作。  
(收稿日期:2007-11-10)

(上接第 10 页)  $E_r$  就将其上面产生一对地悬浮电位。对于二次控制电缆的电缆芯来说,  $E_r$  所产生的互感磁通与电弧所产生的干扰磁通是相反的,因而产生的互感电势  $E_r'$  和感应电势  $E_s$  也是反相的,  $E_r'$  正好可以削弱  $E_s$  对二次回路正常运行产生的影响。由此可以得出:  $E_r = E_s = E_r R + jE_r X_r$  ( $R$  为二次控制电缆屏蔽层的电阻);  $E_r' = -jI_r X_m$ 。当二次控制电缆屏蔽层中不能流过对电缆芯起屏蔽作用的电流  $I_r$  (二次控制电缆屏蔽层未接地或只一端接地)时,得不到削弱的感应电势  $E_r$  将通过电缆芯严重威胁二次回路的正常运行;在理想情况下,如果二次控制电缆屏蔽层的电阻为零,且二次控制电缆屏蔽层的两端都可可靠接地,则  $I_r R = 0$ ,  $E_s = E_r = -E_r' = jI_r X_m$ ,  $E_s + E_r' = 0$ ,即这种情况下干扰磁通在二次控制电缆的电缆芯所产生的感应电势  $E_s$  就会被  $E_r'$  完全抵消而为零,对二次回路的正常运行不会产生一点影响;但事实上二次控制电缆屏蔽层的电阻不可能为零,总存在一定的阻值,因此干扰磁通在二次控制电缆的电缆芯所产生的感应电势  $E_s$  就不会被  $E_r'$  完全抵消,不能被抵消的部分为  $E_s + E_r' = I_r R$ ,与二次控制电缆屏蔽层的电阻成正比。所以,要有效地削弱干扰磁通对二次回路正常运行产生的影响,就必须采用电阻系数较

小的材料作为二次控制电缆的屏蔽层,且屏蔽层的两端须可靠接地。

### 4 防范措施

认真贯彻执行现行的四川省电力公司反措实施细则,采取削弱干扰磁通在二次控制电缆芯中产生的感应电势  $E_s$  的技术措施。具体实施方法是,在开关场将钢管的两端接地来代替二次控制电缆屏蔽层的作用,这样更易实施,且效果更佳。异常情况发生后,它们将穿过 2625 刀闸机构电源电缆的钢管两端接地,2626 刀闸电机电源在 262 端子箱的总空气开关就不会跳闸,电弧对二次回路的干扰已经很小了,不致于影响其正常运行。但这种情况下二次控制电缆的屏蔽层仍需接地,使其与地电位保持等电位,避免悬浮电位  $E_r$  危害二次控制电缆的绝缘(如果不接地,虽然悬浮电位  $E_r$  由于钢管的屏蔽作用得以减小,但其大小仍然是不确定的),这正是四川省电力公司反措实施细则所要求的。

作者简介:

黄勇,男,1971 年出生,工程师,宜宾电业局变电工区主任。  
(收稿日期:2008-02-18)