

# 变压器温度监测方法及常见故障浅析

刘祖惠

(成都电业局, 四川 成都 610041)

**摘要:**对变压器温度监测方法进行了介绍,对遇到的故障进行了分析并提出了改进方法。

**关键词:**变压器测温;传感器;复合传感器

**Abstract:** The monitoring method of transformer temperature is introduced, the occurring faults are analyzed and the improvements are proposed.

**Key words:** temperature measurement of transformer; sensor; compound transducer

**中图分类号:** TM835 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)01-0068-03

变压器是变电站重要设备之一。变压器运行时,其绕组和铁心的电能损耗都将转变为热能,为了有效地监测变压器温度,防止变压器的绝缘老化,延长变压器的运行寿命,必须采用更先进更可靠的监测手段。下面着重阐述独立式电阻传感器测温和压力式温控器测温的原理以及复合式传感器温控器和绕组温度指示控制器在变电站的运用及运行中几种常见故障。

波动形式表现出来,其波长的范围极广,从短波、X光、紫外光、可见光、红外光一直到电磁波。而在温度测量中主要是可见光和红外光,因为此类能量被接收以后,多转变为热能,使物体的温度升高,所以一般就称为热辐射。

非接触测温的特点是感温元件不与被测对象相接触,而是通过辐射进行热交换,故可避免接触式测温法的缺点,具有较高的测温上限。此外,非接触测温法热惯性小,可达千分之一秒。

## 1 温度及其测量

温度是衡量物体冷热程度的物理量。温度的测量是利用某些材料或元件的性能随温度变化的特性,通过测量该性能参数从而达到测量温度的目的。

温度测量有两种基本形式:接触式测量和非接触式测量。

### 1.1 接触式测量

接触式测量是以“处于同一平衡状态下的物体具有相同温度”的原理为基础,测量时仪表的触头要与被测物处于热平衡状态,显示结果才准确。

接触式的特点是测温元件直接与被测对象相接触,两者之间进行充分的热交换,最后达到热平衡,这时感温元件的某一物理参数的量值就代表了被测对象的温度值。

### 1.2 非接触式测量

非接触测温主要是利用光辐射来测量物体温度。任何物体受热后都有一部分的热能转变为辐射能,温度越高,则发射到周围空间的能量就越多。辐射能以

## 2 变压器温度的监测

变压器温度的测试主要是接触式测温。测试方法有以下几种。

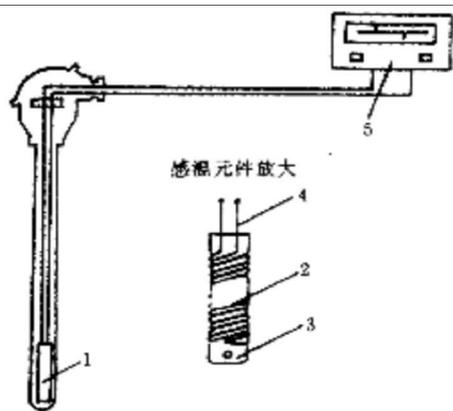
### 2.1 独立式电阻传感器测温

独立式电阻传感器测温主要用于变压器上层油温的测量。

传感器:是指将感受到的物理量、化学量等信息,按照一定规律转换成便于测量和传输的信号的装置。

独立式电阻传感器的结构:由热电阻、绝缘套管、保护套管、接线盒及接线盒盖组成。

独立式电阻传感器测温工作原理:采用热电阻作为测温元件,利用金属导体的电阻值随温度变化而改变的特性来进行温度测量的。纯金属及多数合金的电阻率随温度升高而增加,即具有正的温度系数。在一定温度范围内,电阻-温度关系是线性的。温度的变化,可导致金属导体电阻的变化。这样,只要测出电阻值的变化,就可达到测量温度的目的。



1 为感温元件; 2 为铂丝; 3 为骨架;  
4 为引出线; 5 为显示仪表

图 1 热电阻的作用原理

电阻与温度的关系可用下式表示为

$$R_t = R_0 [1 + \alpha_0 (t - t_0)]$$

$R_t$  为温度  $t$  时的电阻值;  $R_0$  为温度  $t_0$  时的电阻值;  $t_0$  为起始温度, 一般规定为  $0^\circ\text{C}$ ;  $\alpha_0$  为温度系数 (以  $0^\circ\text{C}$  为起始温度);

独立式电阻传感器测温常见的故障有: ①热电阻电阻丝之间短路或接地; ②热电阻电阻丝断开; ③保护套管内有积水或污物, 局部短路; ④电阻元件于接线盒间引出导线断路; ⑤连接导线接触不良使电阻值增大, 或有局部短路等。

## 2.2 压力式温控器测温

压力式温控器的结构及原理: 由充满感温物质的温包、传压毛细管及盘簧管构成。温包内充填的感温物质有气体、液体或液体蒸气等。测温时, 温包置于被测介质中, 温包内的感温物质因温度升高, 其体积膨胀, 压力增大, 从而使盘簧管变形, 借助齿轮或杠杆转动机构传动, 由指针指示出相应的温度值。同时驱动微动开关输出电信号。这些微动开关分别用于控制变压器冷却系统、温高报警系统、温高跳闸系统, 达到监控变压器温升的目的。

随着变电站综合自动化系统的广泛运用, 变压器温度测量不仅要有本体温度的显示, 还要有数据远传到数百米远的控制室里, 在计算机上显示出来。压力式温控器及电接点仅完成本体温度监控功能, 而远方微机监测及越限报警等功能则需要加装非电量电量转换变送器后再进行 A/D 转换, 送到监控微机进行数据处理。

## 2.3 含复合式传感器的温度指示控制器的测温

复合传感器的温度指示控制器的构成是在压力式温度控制器温包结构上增加一套热电阻装置。温

度遥测方式常见有两种形式: 一种是将 Pt100 铂电阻信号从温控器的接线上引出, 通过控制电缆将温度信号远传到数百米远的控制室里, 经温度变送器转换为电压 ( $0\sim 5\text{ V}$ ) 或电流 ( $4\sim 20\text{ mA}$ ) 输出方式; 另一种是在油温指示控制器内嵌装一个温度变送器, 直接输出电压 ( $0\sim 5\text{ V}$ ) 或电流 ( $4\sim 20\text{ mA}$ ) 信号, 这些信号再送至模拟量数据采集装置进行数据处理, 处理后的数据送监控机计算、标度系数处理, 还原显示油温的摄氏温度数值。实现了变电站远方监测变压器的油温。

## 2.4 绕组温控仪测温

变压器内部绕组是温度最高的部件, 当负载增加时绕组的温度迅速升高。因此, 为了能够全面地测控变压器内部的温度参数, 绕组温度也是重要的测量环节。由于绕组的高压原因, 直接在绕组附近放置探测器非常危险, 因此通常采用间接系统来进行测量。

绕组温控仪采用“热模拟”的方法间接测量变压器绕组温度的原理。变压器绕组温度  $T_1$  等于变压器上层油温  $T_2$  以及绕组对油的温升  $\Delta T$  之和, 即  $T_1 = T_2 + \Delta T$ 。当温包受热时, 感温包内的感温介质受热膨胀体积随之产生增量, 这个体积增量通过毛细管传递到仪表内的弹性元件, 使之产生一个相对位移, 这个位移经机构放大后, 便可指示变压器上层油温的温度  $T_2$ 。当变压器带上负荷后, 通过变压器的电流互感器 (一般有专用绕组) 二次绕组电流, 经匹配器调整后, 形成与负荷成正比的加热电流, 流经嵌装的电热原件, 电热原件产生的热量使感温介质产生附加膨胀, 从而使弹性元件产生附加位移, 这个位移量就反映变压器负荷电流对绕组的温升  $\Delta T$ 。因此, 在变压器加载后, 测量元件的位移是由变压器上层油温和变压器加载的电流所决定的, 这样就反映了变压器上层油温和绕组对油的温升之和, 即变压器的绕组温度。

## 3 变压器远方测温

变压器远方测温可以分为两种类型, 一类是通过热电阻信号进行数据远传。其热电阻可以是单独的传感器, 也可以在本体温控仪的传感器中采用复合结构, 通过温度变送器将非电量转换为电量送至主控室的监控盘上。另一类是用电信号进行远传。即温度变送器安装在温控仪内部, 常见于绕组温控仪。其结构是跟随压力式温控仪的指针转动, 带动一个滑线电

阻器,这一电阻值的变化,作为温度变送器的输入。

无论是热电阻信号通过温度变送器进行数据远传,还是电信号进行数据远传,它们都要向数采单元提供直流模拟信号,通过信号变换电路、放大电路、非线性校正或开方运算电路、A/D 转换和驱动电路、数显驱动电路、V/I 转换器以及调节触点电路实现 A/D 转换,最终在站端机上还原为温度值。

远方测温原理框图如图 2。

#### 4 变压器测温中遇到的几种常见故障

1) 变压器在运行时,本体温度显示正确,而微机监控窗口数据显示不稳定,出现“天文”数量级跳变或根本不能正常工作的现象。

对出现这种现象的变电站,经过观察分析发现变电站周围有发射塔,使周围环境有很强的电磁污染和各种高频干扰信号,加之国产温控仪自身电磁兼容特性差、抗干扰能力不强等原因,造成了本体温度显示正确,而微机监控窗口数据显示不稳定,出现“天文”数量级跳变或根本不能正常工作的现象。站内温度变送器由早期数字温度表进行转换,其输入电路基本无抗干扰考虑造成。把测温变送器使用的抗干扰能力差的三端输入形式改为四端输入,增加变送器(数表)输入抗干扰能力,使其能在较强高频信号干扰下正常工作。同时还采取了把变送器模拟量输出传输改用单芯屏蔽加总屏蔽电缆等措施,初步取得了效果。

2) 新安装后不久的温控仪本体温度指示不能随温度的变化而变化,而远方温度指示正确。

在现场,认真查找原因,发现温包与毛细管接头处被折了死拐或毛细管中间有被踩扁现象,这样就影响了温包内的感温介质随温度变化体积随之变化的

传递,使指针在刻度盘上指示的数据不能正确反映温度。通过对安装单位与检修队人员的培训,使他们在安装与检修时注意这一方面问题。

3) 某 220 kV 变电站主变压器绕组温度本体指示及远方监控机数据均为 142℃,分装于两侧的两只上层油温表指示同为 50℃。

经查:高压侧,保护及测量 TA 电流为正常值 200 A(变流比为 750/5),测温绕组专用 TA 变流比为 600/5,二次电流为 5 A。鉴于保护及测量 TA 绕组电流 200 A 相同,为正常值,选 600/5 的测温绕组正常二次值应为 1.66 A,现场测得电流为 5 A,其值显然为异常偏大,以 5 A 电流作为绕组温度的辅助加热条件,显然将引起温度计示值急剧增加。出现绕组测温 TA 电流增大 3 倍的可能性一般有两种:① 主变压器 220 kV B 相专用 TA 绕组误将 200/5 抽头作为 600/5 引出。② B 相专用 TA 绕组出现层间匝间短路故障。经主变压器 B 相套管吊心检查,故障原因为本应 600/5 变流比误接 200/5 抽头。

4) 110 kV 机场变电站投运不久,即经常发生监控机上 2 台主变压器温度 130℃,挡位无论实际多少都显 19 挡。

现场发现:该站 2 台主变压器测温、测挡 4 个非电量经转换后直接引入监控主机模拟通道板(4 个模拟量输入,又有 com 参考点),则任一信号受干扰,4 个量均互受牵连极限反映。针对机场附近电台、机站、通信设备等发射的高频电磁信号极其丰富的特点,提出了两项改进建设。

(1) 将温度变送器更换为“四线制”输入式,增强输入电路完全补偿能力。

(2) 主变压器端子箱至主控室传输电缆全部更换为单芯屏蔽加总屏蔽的铜芯电缆,为此,干扰信号得到有效抑制,所有非电量监测得以正常工作。

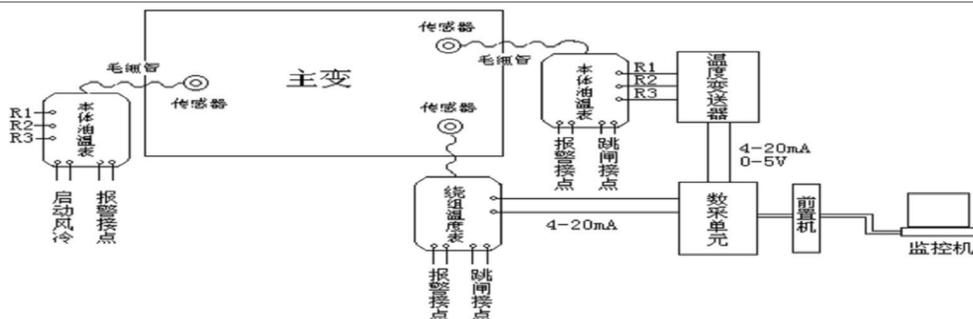


图 2 远方测温原理框图

(下转第 90 页)

表 5 炉效率标定试验

	工况 1	工况 2	工况 3
$W_{ar} / \%$	6.2	6.2	6.2
$V_{daf} / \%$	23.77	23.77	23.77
$N_d / \%$	1.02	1.02	1.02
$C_d / \%$	60.45	60.45	60.45
$H_d / \%$	3.64	3.64	3.64
$A_d / \%$	28.10	28.10	28.10
$Q_{net,ar} / \text{kJ/kg}$	20604	20604	20604
$C_{th} / \%$	1.26	1.94	1.45
$C_{lz} / \%$	16.15	7.99	7.62
$q_f / \%$	1.33	1.14	0.93
$t / ^\circ\text{C}$	138.3	130	130.2
进口氧量 / %	6.08	—	—
出口氧量 / %	6.75	4.56	5.10
$q_e / \%$	6.52	5.20	5.38
$q_f / \%$	0.23	0.21	0.21
$De / (\text{t/h})$	410	410	410
实际蒸发量 / $(\text{t/h})$	410	400	400
$q_g / \%$	0.59	0.61	0.61
锅炉效率 / %	91.33	92.84	92.87

表 6 工况 1 空预器漏风率

序号	项 目	数值
1	进口烟气氧量 / %	6.08
2	出口烟气氧量 / %	6.75
3	空预器漏风率 / %	4.23

(上接第 70 页)

5) 复合传感器与主变压器传感器孔靴的匹配。

近几年成都电业局所建武侯、安顺桥等 7 个变电站选用了(重庆)ABB 主变压器,其配套用了国内某厂家的温控仪,调试中发现,实验室检定合格的温控仪经现场安装后,无论油温或绕组均存在监控机数值小于本体温控仪数值。且随“负荷”愈重,有温差愈大趋势。经反复检查并卸掉传感器护套,发现主变压器传感器孔深与复合传感器不匹配,致使嵌套在气体温包上部的 Pt100 热电阻有近 1/2 位置不能全部进入油面下,而暴露在箱盖外,使其“本体”与“远方”取样不在同一个条件下。为此将变压器传感器孔洞,复合传感器各部分尺寸绘图传真给厂家,并提出压缩复

表 7 检修前后比对

	2009 年总部	2010 年新力	前后对比
炉效 / %	89.58	92.34	+2.76
漏风率 / %	21.4	4.23	-17.17

$$\text{改造前每小时耗煤} = 3.29 \times 10^5 (3454 - 901) / 0.8958 \times 19840 = 47.26 \text{ t/h}$$

$$\text{改造后每小时耗煤} = 3.29 \times 10^5 (3454 - 901) / 0.9234 \times 19840 = 45.84 \text{ t/h}$$

$$\text{年经济效益} = (47.26 - 45.84) \times 4370 \times 550 = 341.297 \text{ 万元}$$

## 9 结 语

随着节能环保理念的普及,采用节能高效技术改造老旧设备逐渐增多。通过对 4 号炉尾部受热面治理与优化后,锅炉的排烟温度大幅度降低,漏风率下降明显,锅炉热效率得到有效提升,满足了烟气脱硫及除尘器改造需求,取得了可观的经济效益,提前实现了总部三年炉效达标治理目标。

## 参考文献

- [1] 西安电力学校编. 热工学基础 [M]. 北京: 电力工业出版社, 1981.  
(收稿日期: 2010-09-27)

合传感器尺寸,改进装配的技改方案。厂家积极响应,改换工艺工装,生产出新复合传感器(同时全部更换了与 ABB 变压器配套的温控仪)。

## 参考文献

- [1] 变电站综合自动化实用技术问答 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.  
[2] 变电站综合自动化实用技术 1 000 问 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.  
[3] 变压器温度控制器使用说明书 [Z].  
[4] 温度测量与仪表维修问答 [M]. 北京: 中国计量出版社, 2000.

(收稿日期: 2010-09-28)