

[变压器]

关于变压器温度计若干基本问题的讨论

文/薛凌峰 张 华 王丙东 蔺得林 张凌云
国网廊坊供电公司

介绍了变压器温度计分类和典型温度计的基本结构，以及变压器温度计与温控器之间的函数关系，分析了不同输出类型的温度计与温控器之间更换时的量程匹配问题，介绍了变压器温度计常见故障的处理方法以及需要注意的问题。为变压器检修人员提供技术参考。

变压器油箱中的绝缘油以及固体绝缘材料在温度超过一定限值时会变质，影响变压器安全可靠运行，所以变压器运行时需要实时监测温度，通过节点控制风冷系统的起停以及高温报警。当前变压器温度计有油面温度计和绕组温度计，其中绕组温度计所测温度本质上是油面温度再叠加一个负荷电流换算的温度，检测值是否准确值得商榷。当前有的绕组温度计将温度探头在制作变压器绕组时预先埋入线圈中，可以直接测得绕组实时温度，但有线传输涉及变压器内部绝缘距离改变问题，而无线传输涉及电磁干扰问题。

如果变压器温度计发生故障，可能造成变压器风冷系统拒动作或者高温报警信号拒发送，从而引起变压器喷油或者绝缘结构损坏，所以保证变压器温度计可靠运行意义重大。首先介绍变压器温度计分类以及基本结构，然后介绍变压器温度计和温控器之间的函数关系以及二者更换时的量程匹配问题，最后介绍变压器温度计常见故障的处理方法以及需要注意的问题。希望所介绍的内容能够为变压器检修人员提供技术参考。

变压器温度计基本概述

1. 变压器温度计分类

变压器温度计分类方式如图1所示。

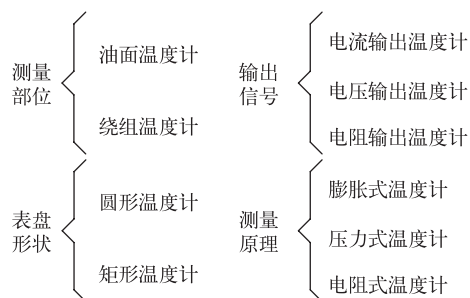


图1 变压器温度计分类

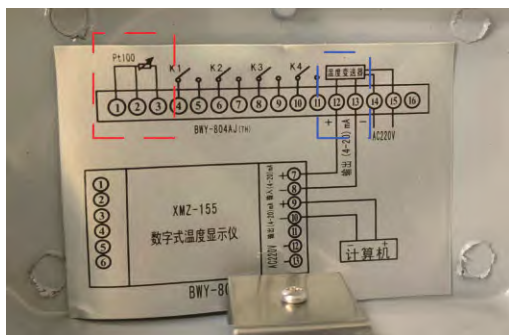
绕组温度计和油面温度计如图2所示。通常铭牌上标BWR或者winding的为绕组温度计，标BWY或者oil的为油面温度计。



(a) 绕组温度计 (b) 油面温度计

图2 绕组温度计和油面温度计

图3a为电阻和电流同时输出温度计，可以根据实际情况选择接取电流或电阻信号。图3b为电阻输出温度计。当前工程实际中主要应用电流和电阻输出温度计，电阻输出温度计很少使用。



(a) 电阻和电流输出



(b) 电阻输出

图3 电阻和电流输出温度计

当前工程实际中，温度计表盘主要有矩形和圆形，矩形表盘是模仿德国企业，圆形表盘是模仿瑞典企业，如图4所示。表盘形状对于实际应用没有任何影响，主要代表了两个不同的历史传承。



(a) 矩形表盘



(b) 圆形表盘

图4 矩形表盘和圆形表盘温度计

压力式温度计如图5所示。通过温度计探头中液体的膨胀，带动波纹管收缩或者膨胀，从而带动表盘指针动作。膨胀式温度计是普通的水银温度计，

在变压器温度计中应用较少。电阻式温度计是通过PT100铂电阻来实现温度的测量，PT100铂电阻是温感电阻，与温度变化呈线性关系。



图5 压力式温度计

2. 温度计基本结构

(1) 油面温度计结构

工程实际中，油面温度计典型结构包括803A和804AJ两种。其中803A为PT100铂电阻输出；804AJ包括PT100铂电阻和电流同时输出，更具有代表性。现以典型的BWY-804AJ（TH）型变压器油面温度计为例进行介绍，温度计结构如图6所示。

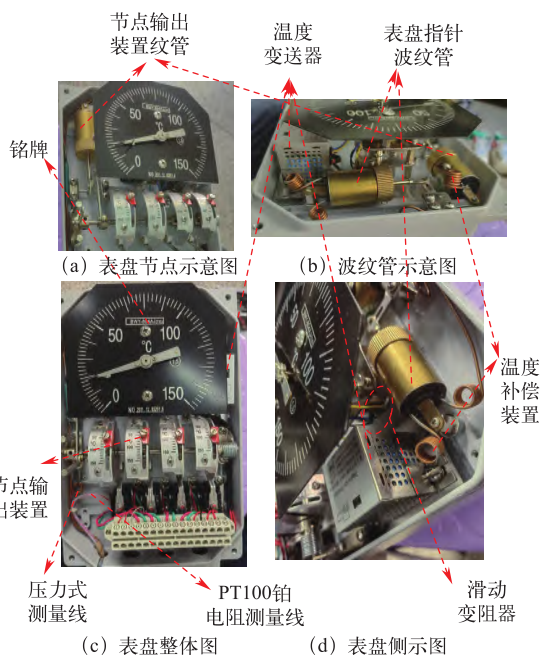


图6 油面温度计结构

图6中的表盘指针波纹管中的液体与温度计探

头中的液体通过压力式测量线连通，探头中液体热胀冷缩会带动波纹管收缩，从而带动指针转动。同时节点输出装置波纹管带动节点输出装置转动，从而实现报警节点闭合。从图6c中可以看出，电流变送器的输入电阻为表盘指针后的滑动变阻器输出电阻。表盘指针转动，输出电阻随之变化，这样温度计的电流输出和电阻输出属于非同源，能够提高输出准确性。

(2) 绕组温度计结构

绕组温度计工作原理本质上就是油面温度计叠加一个与负荷电流对应的温度。实际上是在普通的波纹管内部增加一个电热元件，通过负荷电流在电热元件上的发热量来近似估计绕组的温度。

绕组温度计工作原理如图7所示，结构图如图8所示，电热元件如图9所示。

绕组温度计结构整体上与油面温度计一致，这里不再赘述，只是增加一个变流器和电热元件。

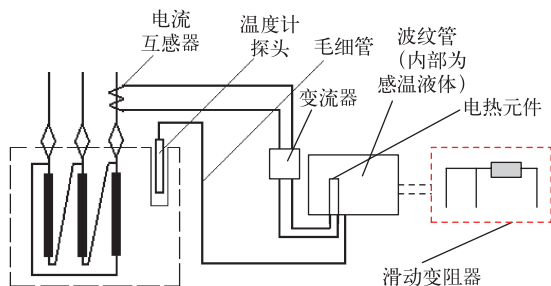


图7 绕组温度计工作原理

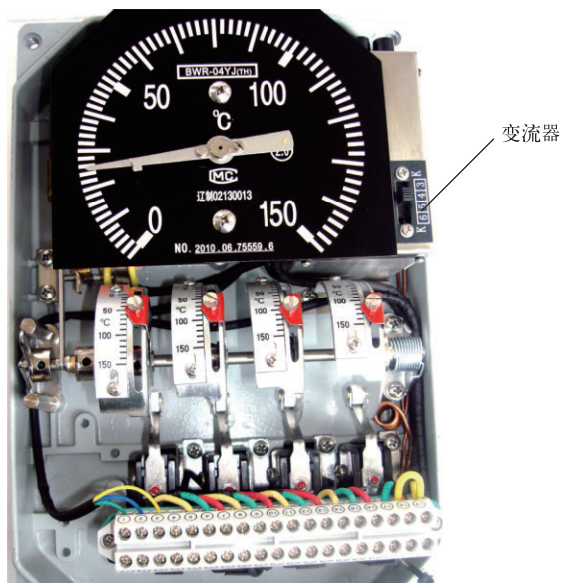


图8 绕组温度计结构



图9 绕组温度计电热元件

温度计、温控器、监控机关系

图10为温度传输整个流程，从变压器器身处到监控班。由于站内监控机只能识别4~20 mA电流信号，同时有的温度计只能输出电阻，所以需要在测控屏或者汇控柜处增加温控器，用于信号转换。图8中列出了两种类型温控器，有数字显示功能和无数字显示功能两种。

1. 测量输出量与温度之间的关系

PT100铂电阻具有良好的温敏特性，其与温度之间的函数关系为

$$R = 100 + 0.39T \quad (1)$$

或者为

$$T = \frac{(R - 100)}{0.39} \quad (2)$$

式中， R 为实际输出电阻值； T 为实际温度。

如果输出量为电流，则有

$$T = \frac{(T_{\max} - T_{\min})I}{16} + \left(T_{\max} - \frac{20(T_{\max} - T_{\min})}{16} \right) \quad (3)$$

或者为

$$I = \frac{16T}{T_{\max} - T_{\min}} + \left(20 - \frac{16T_{\max}}{T_{\max} - T_{\min}} \right) \quad (4)$$

式中， I 为输出电流数值。

2. 温度计和温控器量程匹配问题探讨

在工程实际中，温度计和温控器损坏问题非常普遍，但是不同变压器的温度计测量范围有所不同，以下重点讨论不同测量范围的温度计和温控器匹配问题。



图10 温度计、温控器和监控机关系图

(1) 电阻输出温度计

对于电阻输出的温度计，如果温度计损坏，可以更换任意量程的温度计，但是测量范围有所不同。如图11所示，原来温度计的测量范围为 $0 \sim T_0$ ，如果更换为测量范围 $0 \sim T_1$ 的温度计，则新温度计测量范围仍然为 $0 \sim T_0$ ；如果更换为测量范围 $0 \sim T_2$ 的温度计，则新温度计的测量范围为 $0 \sim T_2$ 。

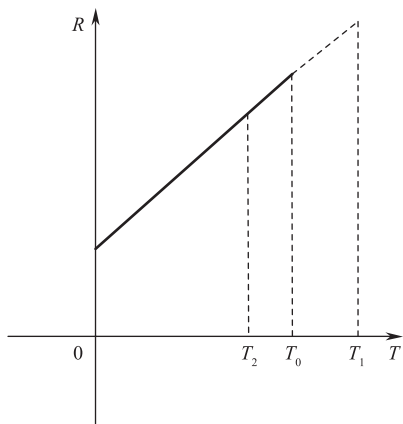


图11 电阻和温度对应关系

对于电阻输出的温度计，如果温控器损坏，则必须更换为和原来一致的温控器。如图12所示，温控器输出的电流和监控机后台显示的温度具有线性函数关系，如果更换测量范围，则对应的函数关系随之变化，会造成监控机显示不准确，除非监控机后台内置函数也随之一起更改。

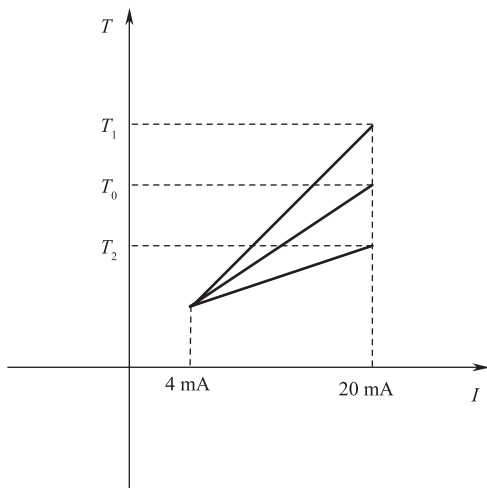


图12 电流和温度对应关系

(2) 电流输出温度计

如果是电流输出温度计，可以看成温控器和温度计集成为一体，此时根据图12，温度计必须更换为和原来量程一致。如果存在温控器，也必须更换为和原来量程一致，否则会造成监控机后台显示不准确。

可以这样理解，不管温度计是电阻输出还是电流输出，必须要保证温控器输出的电流和温度计关系与监控机后台内置的函数保持一致。如果对应关系改变，则需要修改监控机后台内置函数。

温度计常见故障处理

变压器温度计最常见的故障就是温度计、温控

器和监控机三者之间温度显示相差大于5℃或者其中一个显示错误,此时可能是温度计或者温控器损坏、接线端子松动和二次控制线损坏的原因造成的。其他诸如温度计进水、指针卡涩、玻璃罩破裂等故障为不常见故障。

1. 温度计常见故障处理过程

1) 首先拆除变压器器身处温度计的电阻线或者电流线,根据式(1)~式(4),检查温度计的输出电阻或者电流是否与指针指示一致,如果一致,则表明温度计没有问题;如果不一致,再检查电阻或者电流输出端子是否松动,如果检查后输出仍然错误,则需要更换温度计。

2) 拆除测控屏/汇控柜处温控器的二次线,测量电阻输入或者电流输入是否与温度计处一致,如果一致,表明温度计到温控器的输出线路没有问题,否则需要检查输出线路是否存在断路或者松动。根据式(1)~式(4),检查温控器输入电阻或者电流是否与温控器指示温度一致,如果一致表明温控器良好;否则需要更换温控器。

3) 如果温控器良好,则检查测量温控器输出电流是否与温控器指示温度一致,如果一致,则表明监控机后台存在故障,否则表明温控器存在故障,需要更换。

2. 温度计故障处理需注意的问题

1) 因为温度计和温控器处可能存在高温报警监控信号输出线,所以拆除温度计和温控器二次线时,必须先确定直流电压档测量所拆除接线是否存在直流电压,防止引起直流接地,造成保护拒动作或者误动作。

2) 绕组温度计需要采集电流互感器二次电流,所以更换绕组温度计时,需要先把电流端子短接,防止电流互感器二次端子开路,产生过电压,危及人身或者设备安全。

3) 如果温度计底座是通过螺栓固定在变压器罩上,则更换温度计时,需要先固定图13所示的螺母2,然后再松动温度计温包螺母1,否则可能造成螺母2松动,引起变压器器身渗漏。

4) 更换温度计或者温控器时,需要注意匹配的



图13 温度计底座

结束语

介绍了变压器温度计分类方法、油面温度计和绕组温度计的基本结构以及变压器温度计与温控器之间的对应关系,包括输出电阻、电流与温度之间的对应函数。详细分析了不同输出类型的温度计与温控器之间更换时的量程匹配问题。介绍了变压器温度计常见故障的处理方法以及检修现场需要注意的问题。EA

(收稿日期:2022-11-28)

参考文献

- [1] 郑灿涛.浅析主变压器用 BWY-803ATH 温度计常见故障[J]. 通讯世界, 2016(5): 191-192.
- [2] 孟庆丰,张德芹. BWY-803ATH 变压器温度计常见故障分析[J]. 电子制作, 2015(10): 35.
- [3] 鲍俊花.主变压器温度计跳闸回路故障原因分析及防范措施[J]. 内蒙古电力技术, 2012, 30(5): 120-122.
- [4] 郭大鹏.变压器的常见故障及处理[J]. 电气制造, 2011(12): 60-62.
- [5] 席风沛,郑广轩.变压器温度计常见缺陷及故障处理[J]. 变压器, 2015, 52(9): 41-42.
- [6] 刘伟,李晶.三线制 Pt100 热电阻测温电路的设计[J]. 河南科技, 2014(7): 212-213.
- [7] 刘兰荣,孙建涛,马斌,等.温度和微水对变压器油及油纸绝缘介电性能的影响[J]. 电气应用, 2021, 40(3): 8-13.