

箱式变电站动热稳定、温升关键技术研究

王 茜 姚锋娟 王 宁 张君宇 张碧玉
天津平高智能电气有限公司 天津 300300

摘 要: 箱式变电站是一种预制的紧凑型配电设备, 由高压开关、配电变压器和低压配电设备组成。随着经济的发展和城市化进程的加快, 箱式变电站以其完整性高、体积小、结构紧凑、安全可靠、维护方便、传输周期短, 广泛应用于城市和农村网络, 由于变压器安装在外壳中, 可以将变压器本身产生的热量和外部空气分散, 为了使变压器能够正常工作, 保障变压器工作温度是用户最关心的问题, 因此, 在进行箱式故障诊断之前进行温度测试非常重要。

关键词: 动热稳定; 箱式变电站; 温升技术

Research on the key technology of dynamic heat stability and temperature rise in box-type substation

Qian Wang, Fengjuan Yao, Ning Wang, Junyu Zhang, Biyu Zhang
Tianjin Pinggao Intelligent Electric Co., LTD. Tianjin 300300

Abstract: Box substation is a kind of prefabricated compact distribution equipment, composed of high voltage switch, distribution transformer and low voltage distribution equipment. With the development of economy and the acceleration of urbanization process, the box-type substation has its high integrity, small size, compact structure, safe and reliable structure, convenient maintenance, short transmission cycle, and is widely used in urban and rural networks. Because the transformer is installed in the shell, the heat generated by the transformer itself and the external air can be dispersed. In order to make the transformer work normally, the transformer working temperature is the most concern of the user. Therefore, it is very important to conduct the temperature test before the box-type fault diagnosis.

Keywords: Dynamic and Thermal Stability; Box Substation; Temperature Rise Technology

提出了一种新的箱式变电站发热测试方法。通过改变标准中规定的原加热试验的接线, 提高了实验室的测试能力, 降低了测试过程中的劳动强度, 提高了工作效率。

一、温升试验的测量方法与分析

变压器的使用寿命取决于绝缘介质的使用寿命, 长期暴露在高温下会使绝缘介质老化、绝缘性能下降。各种绝缘介质在一定温度下具有一定的使用寿命。通常产生热量的电气设备使用寿命与工作温度成反比。如果变压器的工作温度过高, 可能会影响变压器的使用寿命。通常伴随发热的电器产品的使用寿命与运行温度成反比。如果变压器的运行温度过高, 一方面会影响变压器的寿命; 另一方面, 如果要保证变压器的额定负载, 其绕组的直流电阻会增大, 负载损耗会增加, 从而进一步提高

变压器的温度, 最终降低负载, 从而降低变压器的使用效率。对于箱式变电站的温升试验, 其目的是验证箱式变电站设计的有效性, 即能正常工作而不缩短变电站设备的预期寿命。试验必须测量变压器的加注液体和温度上升(干式变压器仅测量绕组温度)及低压设备的温度上升。试验应证明外壳内变压器的温升与外壳外相同变压器测得的温升之间的差值 Δt 不大于外壳液位规定的值。例如0(0K)、10(10K)、20(20K)和30K(30K)。 $\Delta t \leq \Delta t_2 - \Delta t_1$ (注: Δt_2 变压器在外壳内的温升; Δt_1 变压器在外壳外部的温升。)同时, 必须测量低压电缆及其接头的温度和温升。数值必须符合相应标准, 支持温度上升需要三个步骤。(1)变压器在变电站外壳外部的温升试验;(2)在箱式变电站箱内进行温升试验;(3)低压开关柜采用变压器低压侧的额定电流进行温升

试验。对于欧式箱式变电站（油浸式变电站），YBM 22-630/10的温升试验。试验应按照GB/T 1094进行。《电力变压器第2部分：液浸式变压器的温升》进行试验，步骤（1）为单独进行试验，步骤（2）、步骤（3）应同时进行。测试驱动器的温度电缆（如图1所示），此时整个变压器包括两个部分：变压器和低压柜。

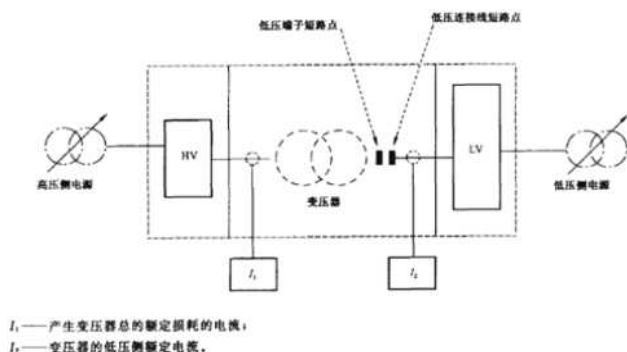


图1 标准箱式变电站温升试验接线图

如图1所示，整个电压站需要两个短路连接，测试还需要两个独立的电源：第一个是电压电路中的足够电流产生的变压器总电压损失，另一个是被测变压器的低压开关。当低压变压器的电流较大时，对测试设备有一定的要求，即试验设备和供电线路能提供足够大的高电流截面。根据这些问题，提出了一种新的方法来减少设备的使用量并提高生产效率，确保检测结果的准确性。标准中规定的原加热试验的接线主要是在步骤（2）和（3）中对原加热试验进行接线。将原有的两个独立电源测试合理组合，简化为一个能够满足标准温升测试条件的独立电源测试，加上后期对数据的推导换算即可得出准确的温升试验的结果。这种试验方法减少了变压器低压侧试验设备额定电流的大电源和铜电缆的短路。具体规范如下：（a）变压器在变电站外壳外部进行试验，升高变压器温度，采用相同标准；（b）上述标准中描述的步骤（2）和（3）必须一起执行，以测试传输，变电站温升测试电缆如图2所示。

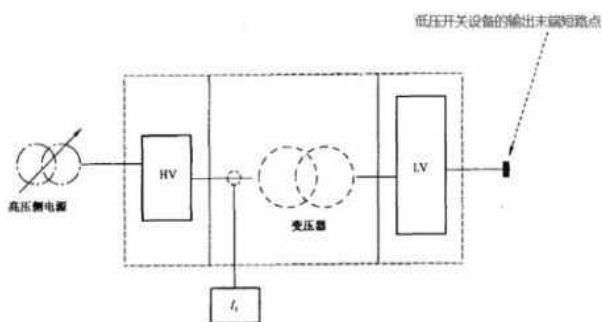


图2 新试验方法箱式变电站温升试验接线图

即：将变压器的低压侧和低压开关设备串联在一起，在低压开关设备的输出末端进行短接，变压器的额定电流加到高压侧进行测试。根据变压器的变比，额定电流作用在变压器低压侧、低压开关设备和低压控制柜上。在测试期间，记录相应部件的温度值和相关电气参数，直到部件达到热稳定性。热稳定后，迅速停止测量变压器高低压侧绕组的热电阻及相应时间。GB/T 1094.2-2013规则7.3.1明确规定，可将总损耗和额定电流两个应用试验阶段合二为一，即应用负载损耗和总损耗之间的性能。有效校正范围是套用的总损失与指定的总损失之间的20%，以及施加的电流和指示的电流之间的10%差异。当额定电流加到变压器上直到热稳定时，测试损耗在有效修正范围内。绕组周围的温度控制符合标准，但在电气参数表中测量的损失不仅仅是变压器的损失。如果根据此损失调整顶层油温度，则低压开关的损耗也将与实际值不同。因此，需要在试验结束时计算变压器的实际试验损耗，以修正估算的油温，根据测试结束时测得的绕组热态电阻和时间，确保数据的准确性。绘制出阻抗的冷却曲线，推导出电源切断瞬间的绕组平均温度。根据变压器负载损耗的测量方法，在试验结束时，根据绕组平均温度和施加电流对负载损耗进行修正，即变压器发生故障时的损耗。根据损耗值的修正公式，可以计算出被测变压器上层油温的上升量，从而得到上层油温的准确上升量。

二、试验的对比分析

步骤（1）测试变压器在空气中的温升试验，步骤（3）测试高压套管低压侧变压器额定电流的温升试验。新旧测试方法，步骤（1）和（3）中的测试条件和程序是一致的，因此无需进行比较；两种试验方法有差异的是步骤（2），即变压器在箱式变电站外壳中的温升试验过程。一种新的测试方法被用来测量绕组的温升。测试条件、过程和校准方法符合标准的测试要求，无需进行过程比对。区别在于提高上油温的测量方法。因为新方试验法中用于校正油温上升的反向变量的损失不能直接从电子参数表中读取，而是通过一系列的推导和转换，所以需要检查数值的准确性。在同一台欧式变电站、使用相同的检测设备、相对一样的试验环境条件下，进行变压器在箱式变电站外壳中的温升试验，对两种试验方法进行对比，测量注油温升，型号：YBM-12-630/10.5，测试样品的主要参数为：630 kVA，10500 V/400 V，50 Hz，34.6 A/909.3 A，参考温度75℃，铜层总损耗6484.1 W。

表1 变压器冷态直流电阻及附加损耗

高压直流 电阻(Ω) 主分接	AB	1.3810	测量直流电阻、附加损耗时绕组温度($^{\circ}\text{C}$)
	BC	1.3815	
	CA	1.3810	
	均值	1.3812	
低压直流 电阻($\text{m}\Omega$)	ab	1.7218	附加损耗(W)
	bc	1.7136	
	ca	1.7398	
	均值	1.7251	

1.用标准方法测试结果。如果温升试验稳定,则测量相关试验数据和油温升高值,见表2。

表2 两种试验方法测得相关数据

	电压 (V)	电流 (A)	功率 (W)	顶层油温 ($^{\circ}\text{C}$)	环温 ($^{\circ}\text{C}$)	顶层油温 升(K)
标准试验 方法	473.52	35.307	6509.2	77.7	24.5	53.04
新试验方 法	502.58	34.600	7328.0	75.1	24.8	52.76

2.测试新方法的结果,停电时变压器的实际损耗值计算如下,以校正油温升高。新试验方法温升试验热稳定时电参表等测得相关试验数据见表2。根据温升试验后立即测量的绕组电阻,绘制变压器热阻的冷却曲线,反推至断电瞬间得出断电瞬间电阻值,热态电阻 $R_{2AB}=1.7424\Omega$ 、 $R_{2ab}=2.1795\text{m}\Omega$ 。即可换算得出断电瞬间绕组的温度,高压侧温度 $\theta_{2\text{高}}=87.49^{\circ}\text{C}$ 、低压侧温度 $\theta_{2\text{低}}=88.55^{\circ}\text{C}$ 。

$P_{\text{—}} = P_{\text{—}} + P_{\text{—}}$ 载荷损失=阻力损失+P加成损失

$P_{\text{—}} = I^2 R_{\text{—}}$ 阻力损失=高压侧的P阻力损失+低压侧的P

阻力损失

$$= 34.6^2 \times 1.7424 \times \frac{3}{2} + \left(34.6 \times \frac{10500}{400} \right)^2 \times 2.1795 \times \frac{3}{2} \div 1000$$

$$= 5831.3\text{W}$$

额外损失与温度成反比,并且额外损失的正确温度作为取周围高压和低压温度的平均值。

3.分析结果。从以上结果可以看出,考虑顶层油温度和环境温度的测量仪器无纸记录仪的精度 $\pm(0.05\%+0.7^{\circ}\text{C})$,新方法测得的油温与标准方法测得的油温的温差为0.28K,设备允许的最大误差为 $\Delta\theta_0$ 误差 $=2 \times (200 \times 0.05\% + 0.7) = 1.6\text{K}$ 。这两种方法的结果都在设备导致的错误范围内。

总之,箱式变电站温升试验新方法的可行性,从实际测试工作出发,在测试分析工作中提出新的思想和观点,并根据专业知识检验其可靠性。主要目的探索测试技术和方法,提高未来产品的测试能力。

参考文献:

- [1]刘丽.箱式变电站损耗及热问题研究.2021.(2): 78-82.
- [2]赵浩宇,关于箱式变电站动热稳定、温升关键技术研究.2022.(4): 21-26.
- [3]刘冰,郝力强.一起并联电容器的故障分析及应对措施[J].电力电容器与无功补偿.2014,(5).102-105.