

[变压器]

变压器中性点套管介质损耗因数和电容量超标原因

文/廊坊供电公司 侯方园 周志昊 尹曙光 陈亚坤

针对某220 kV变电站3#主变压器高压侧中性点套管例行试验中发现的介质损耗因数和电容量超标问题进行分析,认为缺陷的根本原因是套管顶端密封系统老化进水,导致套管导杆与套管底座连接不良,并针对变压器套管现场试验提出建议。

变压器是电力系统中的重要电气设备,它的性能好坏决定着电力系统能否安全稳定运行。变压器套管作为变压器的主要附件之一,连接着变压器内部高、低压绕组与外部引线,起到固定引线的作用,同时使引线对变压器外壳保持绝缘,因此它必须具有足够的电气性能和机械强度。若变压器套管发生故障或者出现缺陷,将直接影响变压器的安全稳定运行和电力系统的供电可靠性。

在电力设备交接试验和预防性试验中,测量变压器套管的介质损耗因数 $\tan \delta$ 和电容量 C_x 是检查变压器套管性能是否合格的常规试验之一,它具有很高的灵敏度,可以发现套管绝缘整体受潮、劣化变质以及贯穿性和非贯穿性等局部缺陷。由于变压器套管具有电容量较小的特点,因此在试验过程中很容易受到周围环境的干扰,造成测量上的误差。

异常情况

2017年6月21日,某220 kV变电站3#主变压器进行例行维护、试验,当日天气晴朗,环境温度33℃,环境湿度40%。该变压器型号为SZ11-100000/220,容量为180 000 kV·A,2008年7月出厂,2008年11月投运;220 kV侧中性点套管型号为

COT550-800,电容量为308 pF,2008年9月出厂,2008年11月投运。在进行变压器套管介质损耗因数及电容量试验时,220 kV侧中性点套管的试验数据与Q/GDW07 003-2012-10501《输变电设备状态检修试验规程》、历史数据以及同类型设备相比较,电容量均偏小,而介质损耗因数均偏大,试验数据超标。该套管末屏绝缘电阻为10 000 M Ω ,绝缘良好。试验数据如表1所示。

表1 使用AI-6000E介损仪测试结果(1)

接法	电压/kV	$\tan \delta$ (%)	C_x /pF	末屏绝缘电阻/M Ω
正接线	10	2.029	300	10 000

原因分析

现场试验人员首先检查套管油位表,油位指示位于正常位置,排除套管缺油引起的缺陷。之后试验人员对该套管进行干燥、擦拭,更换试验仪器并采取多个试验电压进行复测,试验数据分别如表2、表3所示。

表2 使用AI-6000E介损仪测试结果(2)

	接法	电压/kV	$\tan \delta$ (%)	C_x /pF
第一次	正接线	2	3.109	267.1
第二次	正接线	5	3.777	293.6
第三次	正接线	10	2.159	298.3

表3 使用A-6000H介损仪测试结果(3)

接法	电压/kV	$\tan \delta$ (%)	C_x /pF
正接线	10	2.029	300

由表1~表3可知,使用不同试验仪器和试验电压时,试验数据有所变化,但即使在试验电压10 kV下,中性点套管的电容量初值差最大达到-5.3%,无论如何改变试验电压,介质损耗因数 $\tan\delta$ 都严重超标,均不符合规程要求。

现场试验人员进一步推断套管本身内部结构可能出现缺陷,因此在检修人员的配合下对该套管将军帽进行拆解检查。图1为套管将军帽拆解后各部件实际图。



图1 套管将军帽拆解后各部件实际图

在进行套管介质损耗因数及电容量试验时,套管将军帽的导杆螺母未拧下,介质损耗测试仪的高压引线直接接于导杆螺母上。由于导杆螺母底部的密封垫老化(见图1a),下雨时套管端部容易进水,套管长期运行可能致使图1c中导杆与套管顶部底座之间存在锈蚀,同时导杆螺母底部密封垫老化后使其与图1b中的套管底座连接螺母接触不良,造成试验回路串入了套管引线导杆与套管底座之间空隙的回路。假设该空隙存在杂散电容 C_0 ,附加电阻 R_0 ,套管本体电容量为 C_r ,本体电阻为 R_r ,试验接线示意图如图2所示。

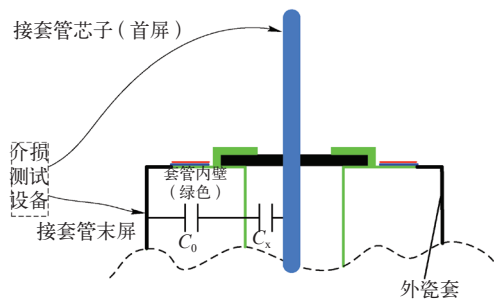


图2 试验接线图

则串入空隙后试验回路的电容量为

$$C = \frac{C_0 C_r}{C_0 + C_r} < C_r \quad (1)$$

介质损耗因数为

$$\tan\delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{1}{\omega(R_x + R_0)C} \quad (2)$$

由此可见,在试验回路串入空隙后测得的实际电容量小于套管本体 C_r ,电阻值大于套管本体电阻 R_r ,因此介质损耗因数 $\tan\delta$ 变大。

处理情况

为验证试验人员的判断,将介质损耗测试仪的高压引线直接接在套管顶部底座上,该方案试验接线示意图如图3所示。此时消除了由于套管引线导杆与套管底座之间接触不良的影响。

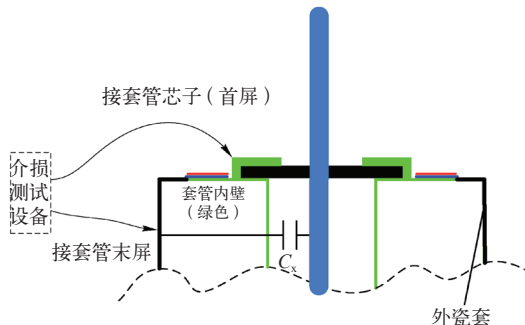


图3 处理方案试验接线示意图

改变试验接线方案后,再次对中性点套管进行介质损耗因数及电容量试验,试验数据如表4所示。

表4 处理后介质损耗因数及电容量试验结果

接法	电压/kV	$\tan\delta$ (%)	C_r /pF
正接线	10	0.238	306.6

此时,中性点套管的介质损耗因数为 $0.238\% < 0.7\%$,电容量初值差为 -0.46% ,符合规程要求。试验结束后,检修人员对该套管将军帽端部密封系统和锈蚀部分进行处理,最终其介质损耗因数及电容量试验通过。

结束语

通过对本次变压器中性点套管介质损耗因数和电容量超标故障原因进行分析与处理,确定其缺陷根本原因为中性点套管顶端密封系统老化进水,导致套管导杆与套管底座连接不良。

1) 在设备交接试验中,相关人员要注意细节,严把质量关。

2) 试验人员要加强对设备结构和试验原理的学习,提高分析设备缺陷能力,结合相关试验数据综合分析,避免对被试设备误判、漏判。

3) 现场进行介质损耗因数试验时,应尽可能排除外部环境干扰,如相间设备、绝缘梯及外表潮湿脏污等杂散电容或不良环境影响,提高试验准确度。EA

(收稿日期:2019.09.16)

(编辑:朱金凤)