

变压器预防性试验中有关问题的探讨

Study on Precautionary Test of Power Transformer

北京京能热电股份有限公司(北京 100041) 郭永红

摘 要:石景山热电厂对运行变压器经数年预防性试验的数据积累,取得了一些经验。为此,提出预试中所发现的问题,并对现场试验结果进行分析讨论,以求问题的合理解决。

关键词:变压器;绝缘电阻;介质损耗

中图分类号:TM406

文献标识码:B

文章编号:1003-9171(2002)05-0023-02

石景山热电厂运行有保定变压器厂生产的 4 台 SFP7-240000/220 型及 2 台 SFPFZL-31500/220 型变压器,通过几年的预试数据积累,在绝缘电阻及介损测试中,发现了一些问题,也积累了一些经验。

1 变压器绝缘电阻测试

测量变压器绝缘电阻能灵敏地判断出绝缘是否有贯通性、集中性缺陷,整体受潮或贯通性受潮。对于容量较大的变压器由于吸收过程较长,宜进行吸收比或极化指数的测量。2000 年华北电力集团公司《电力设备交接和预防性试验规程》规定:绝缘电阻换算至同一温度下,与上一次试验结果相比应无明显变化,一般不低于上次值的 70%,在 10~30℃ 范围内,吸收比一般不低于 1.3,极化指数不低于 1.5,220 kV 及 120 MVA 以上变压器应测量极化指数。

在 220 kV,240 MVA 变压器实际测试时(使用仪表为 AVO 绝缘电阻测试仪),发现了如下问题,并分析如下:

1.1 天气影响

(1) 测试过程:连续几天下雨,天晴后测试高压侧绝缘电阻值为 3 000 MΩ 左右,但吸收比与极化指数均不合格。在高压套管近母线端装设屏蔽环测试,15 s、1 min、10 min 绝缘电阻值均有少许上升,但吸收比与极化指数仍不合格。在高压套管中部装设屏蔽环测试,与上述结论相同。在高压套管近地端装设屏蔽环,15 s、1 min、10 min 绝缘

电阻均有不同程度的增长,15 s 绝缘电阻增长最快,1 min 绝缘电阻次之,且吸收比与极化指数合格。

(2) 分析:天气潮湿对绝缘电阻测试影响较大,由于表面泄漏电流的影响使整体绝缘电阻下降,吸收过程不明显。加装屏蔽环测试,将表面泄漏电流屏蔽掉后,明显地看出了极化过程。屏蔽环装设位置对测试结果影响较大,装设在套管近地端时引入仪表误差较小,可以有效地屏蔽掉表面泄漏电流。如遇雨后初晴、天气潮湿时,测试绝缘电阻值与真值差距较大,应加装近地端屏蔽环测试,并注意数据的综合分析比较。

1.2 极化指数合格,吸收比不合格

(1) 测试结果:测试变压器低压侧绝缘电阻、吸收比,极化指数均合格,高压侧吸收比不合格,极化指数合格。

(2) 分析:近几年,变压器生产厂家较注意生产过程的清洁,采用先进的真空干燥技术并优选绝缘材料,使变压器绝缘电阻的绝对值很高,吸收过程变长。产品出厂时吸收比就小于 1.3,但极化指数大于 1.5,绝缘电阻值较高,这当然不能判断为绝缘受潮。且随着变压器容量的增大,吸收过程变慢,10 min 的绝缘电阻比 1 min 的绝缘电阻大很多,说明 1 min 内吸收过程并未结束,不能单纯用吸收比判断变压器绝缘是否受潮。对于吸收比小于 1.3,极化指数大于 1.5 的变压器应判断为绝缘良好,若 1 min 以后的绝缘电阻值变化较大,应读取每分钟的绝缘电阻值后取平均值。同时应注意泄漏电流随时间及试验电压的变化情况。

1.3 吸收比合格,极化指数不合格

(1) 测试结果:当天气较热时(顶层油温 20℃ 以上),易出现吸收比合格,极化指数不合格的现象。

(2) 分析:电介质的极化种类主要分为电子式极化,离子式极化,偶极子式极化 3 种,另外还有夹层介质界面极化和空间电荷极化。变压器是以变压器油和油纸绝缘为主要绝缘材料,极化形

式主要以电子式极化和偶极子式极化为主。温度对电子式极化影响不大, ϵ_r 具有较小的负温度系数。温度对偶极子极化的影响较大, 当外加直流电压刚一建立时, 由于温度较高, 极化过程较快, 1 min 时已基本趋于稳定, 吸收比较容易合格, 随着分子热运动的加剧, 妨碍极性分子沿电场方向的取向, 使极化减弱, 极化指数往往小于吸收比。

2 油纸绝缘电容型变压器套管 $\text{tg}\delta$ 的测试

在几年的测试中, 主变压器高压套管 $\text{tg}\delta$ 一般在 0.3%~0.5% 间, 但有时 $\text{tg}\delta$ 很小, 甚至出现负值现象, 为此我们做了以下分析测试。

2.1 标准电容 C_N 的 $\text{tg}\delta$ 对测试结果的影响

标准电容的介损值要求趋近于零, 即为无损电容。若 C_N 的 $\text{tg}\delta$ 增大到足以与被试品的介损相比时, 表征标准电容的漏导损耗电阻 R_N 支路已不容忽略, 经电桥平衡条件可以推出:

$$C_4 = \frac{1}{R_4} - \frac{R_N C_N - R_X C_X}{1 - \omega^2 R_X C_X R_N C_N}$$

其中 C_N, R_N ——标准电容器的等值电容与电阻。

C_X, R_X ——被试品的等值电容与电阻。

R_4 ——桥臂电阻。

当 $R_N C_N$ 与 $R_X C_X$ 接近时, C_4 可能为很小或负值, 即出现 $\text{tg}\delta$ 减小及负值现象。使用高精度电桥测试 C_N , 介损几乎为 0, 故排除以上怀疑。

2.2 电场干扰

主变压器在 220 kV 变电站下方, 位置固定, 周围电气设备较少, 每次测试时周围的电场强度大致相同, 而测试时又采用了正、负试验电源倒相法, 可以消除外界电场干扰的影响。

2.3 空间干扰

出于对检修人员安全的考虑, 每次试验前主变压器套管间均要搭设脚手架。当天气潮湿时, 受潮的木质脚手架易与高压电极产生杂散电容, 在电容耦合的情况下出现了杂散电容参与电桥平衡

的现象, 使介损测试值出现了变化。存在空间干扰时的电容耦合情况如图 1 所示。

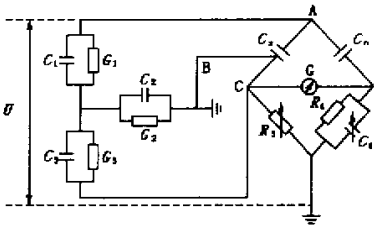


图 1 空间干扰影响示意图

其中: C_1, C_2, C_3 分别为脚手架与高压电极、测量电极及对地产生电容耦合后的等值电容; G_1, G_2, G_3 分别为脚手架与高压电极、测量电极及对地产生电容耦合后的等值电导。

经对电桥平衡的求解, 得出介损测试值的变化量 $\Delta \text{tg}\delta$ 为 $C'/2C_X$, 电容的增加量 $\Delta C_X = C'/2$, 其中 $C' = C_1 C_3 / (C_1 + C_2 + C_3)$ 为空间电容增量。由于 C' 很小, $1/C_X$ 很大, 故空间干扰仅对 $\text{tg}\delta$ 值增、减量有影响, 电容增、减量反映不明显, 这与实际测试结果相符。现场测试数据如表 1 所示(以 3 号主变高压套管介损测试为例)。

表 1 变压器套管介损测试结果

测试 时间	被试设备介损值/%				电阻值/ Ω			
	A 相	B 相	C 相	0 相	A 相	B 相	C 相	0 相
2000.10	0.3	0.4	0.4	0.25	350.2	361.2	363.5	573.6
2001.10 (拆前)	0.1	0.1	0.1	0.25	351.0	361.4	364.2	573.9
2001.10 (拆后)	0.35	0.35	0.35	0.25	349.1	360.5	363.5	573.7

注: 拆前、拆后分别指脚手架拆除前后, R_3 值可以计算出大套管容量值(经计算容量值变化不大)。

当拆除套管附近脚手架重新测试时, 发现介损值负值或减小现象消失。这说明空间干扰对套管 $\text{tg}\delta$ 测试影响较大, 今后应注意对数据的分析比较, 不能盲目认为介损值小即为绝缘状况良好。

(收稿日期: 2001-12-17)

(上接第 22 页)

10 kV 交流试验电压, 流经 MOA 及变压器的电流由试验电源提供, 不流过电桥本体, 故并联的变压器、MOA 不会对测量产生影响, 而大部分干扰电流又被试验变压器旁路, 因此能得到满意的测量结果。

力方数据

结合 2001 年的预防性试验, 以上设备采用了

不拆除引线的试验方法, 测试数据与拆除引线试验相比较, 得到了比较满意的测试结果。为今后开展在大电网、高电压设备上进行电气试验, 找到了一种省时、省工、高效的工作方法, 起到了事半功倍的作用。

(收稿日期: 2001-12-11)