

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 $\operatorname{tg}\delta$ 的测试

在几年的测试中, 主变压器高压套管 $\operatorname{tg}\delta$ 一般在 0.3%~0.5% 间, 但有时 $\operatorname{tg}\delta$ 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 $\operatorname{tg}\delta$ 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 $\operatorname{tg}\delta$ 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 $\operatorname{tg}\delta$ 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

(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

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。

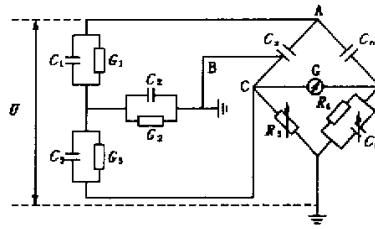


图 1 空间干扰影响示意图

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 $\Delta \operatorname{tg}\delta$ 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 $\operatorname{tg}\delta$ 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电容量值(经计算电容量值变化不大)。

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 $\operatorname{tg}\delta$ 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)

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)