

一起 220 kV 变压器局部放电试验异常情况分析

甘强, 吉亚民, 陈轩

(江苏省电力公司检修分公司, 江苏南京 211102)

摘要:对一起 220 kV 变压器现场局部放电测试结果进行分析, 采用多端子校正-多端子测量的方法对变压器局部放电位置初步定位, 结合变压器高压绕组局部放电表征参数进一步分析, 最终确定油中气泡放电为变压器局部放电测试结果异常的原因, 提出了现场处理方案, 并对江苏地区冬季安装变压器的流程提出建议。

关键词:变压器局放; 传输比; 真空注油; 放电量

中图分类号: TM407

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2013)03-0010-03

某 220 kV 变压器首次局放试验超标, 通过低压侧局部放电的检测排除了外部干扰, 采用多端子测量定位技术, 初步确定了放电位置。经过对变压器高压绕组局部放电表征的分析, 确定油中气泡放电是导致变压器局部放电测试异常的原因。对油中气泡的产生原因进行分析, 指出冬季温差较大导致变压器在安装过程中残留气泡, 从而引起变压器局部放电测试异常。针对存在气泡放电的变压器拟定现场处理方案, 并对江苏地区冬季安装变压器的流程提出建议。

1 试验的基本情况

该台变压器为三相无载自耦变压器, 连接组别为 YNa0yn0+d11, 按照相关标准对该变压器开展局部放电试验, 试验接线如图 1 所示。

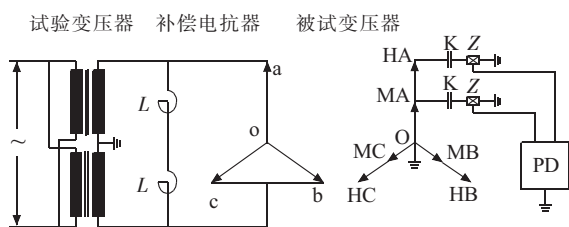


图 1 变压器局部放电试验原理

图中: L 为补偿电抗器; K 为电容式套管; Z 为检测阻抗; PD 为局部放电测试仪。a/b/c、MA/MB/MC、HA/HB/HC 分别为被试变压器低、中、高三侧的三相绕组。现场采用 200 Hz 中频发电机组作为试验电源, 被试变压器低压侧非被试相短接后与被试相串联励磁, 在高压、中压电容式套管末屏与接地点之间接入检测阻抗进行局部放电测量, 首次试验的数据如表 1 所示。

2 局放异常的初步原因分析

2.1 干扰的排除

表 1 变压器首次局部放电试验数据 pC

试验电压	高压 A	中压 A	高压 B	中压 B	高压 C	中压 C
$0.1U_m/\sqrt{3}$	20	40	20	40	20	40
$0.5U_m/\sqrt{3}$	20	40	20	40	20	40
$1.0U_m/\sqrt{3}$	100	40	100	40	20	40
$1.2U_m/\sqrt{3}$	500	100	500	100	100	40
$1.3U_m/\sqrt{3}$	800	150	800	160	200	40
$1.5U_m/\sqrt{3}$	1000	210	1000	200	300	60

相关规程与技术文件要求该变压器高、中压侧局部放电小于 100 pC, 根据表 1 的测试结果可见该变压器局部放电测试结果异常。由于变压器三相局部放电均存在异常情况, 首先应排除局部放电测试的干扰。

该变电站为新建变电站, 周围无邻近带电设备及其他干扰源, 可排除电磁场干扰。被试变压器周围金属构件及电气设备均可可靠接地, 可排除悬浮放电产生的干扰。在被试变压器的低压侧接入耦合电容器及检测阻抗, 在测试过程中对被试变压器的低压侧局部放电进行检测, 未见异常局部放电, 可排除试验设备存在局部放电和现场试验连线产生电晕放电。

2.2 局部放电的表征分析

对变压器局部放电脉冲波形的进一步分析表明: 局部放电正负半周等频、等幅出现, 正负半周对称。根据电晕放电在时基上处于 -90° 的特性, 在高压侧均压帽上架设一尖端模拟电晕放电, 进而确定李沙育椭圆零位, 确定脉冲信号位于正负半周 $0\sim 90^\circ$ 之间。

脉冲幅值在局部放电起晕后随着试验电压逐步增长, 到达一定幅值后不再随试验电压增长; 单一脉冲在局部放电起始初期尚可分辨, 随着试验电压的升高, 脉冲重复率增加, 单一脉冲分辨率下降, 最后不可分辨。局部放电起始电压略高于熄灭电压。

2.3 局部放电的初步定位

变压器局部放电异常可能是变压器端部存在绝缘缺陷, 如变压器端部存在油中气泡, 变压器引线包扎不

良等;也可能是变压器器身中存在绝缘缺陷,如变压器绕组中存在气隙等。为了进一步确认变压器缺陷的初步位置,采用了多端子测量^[1]的方法对局部放电进行初步定位。

利用标准脉冲发生器在高压套管端部注入500 pC的方波模拟变压器高压绕组端部发生局部放电,在中压侧观测脉冲幅值,计算两者之间的传输关系,试验结果如表2所示。该变压器端部发生局部放电时,高压与中压幅值比约为5;表1结果表明,该变压器高压与中压局部放电幅值比约为5,两组指纹吻合,表明该变压器局部放电位于高压绕组端部场强集中部位。

表2 变压器方波校核试验数据 pC

项目	数据	项目	数据
高压 A	500	中压 B	116
中压 A	118	高压 C	500
高压 B	500	中压 C	118

3 气泡产生原因分析

变压器油中存在气泡一般由以下几个原因:(1)变压器在制造厂完成器身组装后,暴露在空气中时间较长,导致绕组或绝缘件受潮;(2)变压器在现场安装过程中,潮气渗入变压器导致绝缘受潮;(3)变压器在现场安装过程中,抽真空不彻底。

制造厂的组装记录表明该变压器身暴露时间相对较短,出厂试验未发现变压器局部放电试验异常,可以排除原因(1)。现场安装记录表明该变压器在抽真空过程中低于133 Pa,真空保持时间符合相关规定。该变压器的生产及组装工艺符合制造厂的工艺要求。

变压器制造厂在产品使用文件中要求,变压器现场安装温度不低于5℃,湿度不低于65%。该变压器安装所在地徐州市地处江苏省苏北地区,冬季平均气温较低,昼夜温差较大。变压器安装时正好为冬季严寒季节,安装记录显示,该变压器安装时的温度为8℃,此时段最低温度为-5~-10℃,昼夜温差可达20℃。

变压器安装过程中,空气中的水蒸汽将由变压器升高座、手孔等孔洞进入油箱内。变压器铁心、器身、油箱温度低于周围环境温度,湿润的空气一旦进入油箱,将会在变压器内部凝结为液态水;当变压器铁心、器身、油箱温度低于0℃时,部分水分将会形成冰、霜等固态水,附着于变压器内部。变压器安装完成后,将会抽真空,水的气化温度与气压的关系见图2所示。

针对不同温度,变压器内部真空度达到一定数值,其内部的液态水将发生气化,从而防止变压器在安装过程中受潮,提高绝缘性能^[2]。抽真空结束后,变压器进入注油工序。现场采用真空注油,其温度控制在

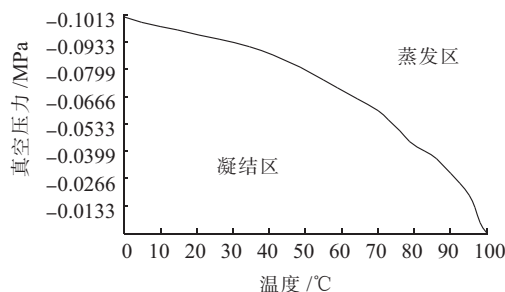


图2 水汽化的温度与压力之间的关系

45~65℃,高温变压器油注入箱体,会使变压器油箱、器身温度上升。原来以固态形式存在的水迅速融化,一部分直接气化为水蒸气,另一部分以乳胶状溶入油中,由于变压器内的气压仍然很低,在极低的真空压力作用下,油中部分的水溃破油膜而析出,水分迅速蒸发。因此油中的含水量不会太高,但是变压器油箱内的水蒸气将会逐渐增多,最终在变压器顶部形成气泡,有一部分气泡到达变压器套管附近的放气孔,经人工排气排出,还有一部分气泡残存于变压器内部死角而无法排出。变压器局部放电试验时,残留于变压器场强集中区域的气泡将会先行击穿而导致局部放电测试异常。

4 后续处理及重复试验结果

针对上述情况,拟定了现场处理意见:(1)由于变压器所在地区冬季气温较低,首先对变压器进行热油循环12 h,提升变压器器身及绝缘油的温度,要求热油循环结束后,变压器顶层油温不低于20℃。(2)将变压器油放至距离大盖30 cm左右,重新抽真空,真空度要求低于133 Pa,真空度保持时间不低于4 h;(3)进行真空注油,静置48 h后,重新开展局放试验。

变压器静置48 h后,对该变压器重新开展了局放试验,试验结果见表3。可见,变压局部放电测试结果符合规程及相关技术文件要求。

表3 变压器处理后局部放电试验数据 pC

试验电压	高压 A	中压 A	高压 B	中压 B	高压 C	中压 C
$0.1U_m/\sqrt{3}$	20	40	20	40	20	40
$1.5U_m/\sqrt{3}$	20	40	20	40	20	40

5 冬季安装变压器的建议

现场试验数据表明,严格按照制造厂工艺要求安装的变压器仍有可能出现局部放电测试异常,后续的分析表明,油中气泡放电是变压器局部放电异常的原因,这种现象在冬季安装的变压器中时有出现。

为了提高变压器现场局部放电试验的通过率,确保变压器安全运行,针对冬季变压器的安装工艺进行改善,具体措施如下:(1)严格按照制造厂相关文件进

行变压器安装,确保变压器安装时环境条件符合相关规定。(2) 确保现场安装满足变压器真空度及保持时间的要求,减少变压器内部残留的水分。(3) 真空注油距变压器大盖 30 cm 处,停止真空注油,在此对变压器抽真空,真空度控制在 133 Pa,持续时间控制为 4 h,确保变压器内部残余气体(含水蒸气)析出变压器外。

与部分制造厂沟通后,论证了方法的可行性,制造厂家对变压器的安装文件进行了修改并开展现场试验,将原有的抽真空后一次完成注油的安装工序,改为抽真空后先部分注油,第二次抽真空后,完成注油的安装工序。以 50 台大型变压器为样本统计,采用改进工艺后安装的变压器未发现同类型故障,有效提升了变压器现场局部放电试验的通过率。

6 结束语

油中气泡放电具有气泡放电的典型特征,多端子测量的结果表明,油中气泡局部放电与变压器高压绕

组端部局部放电的传输关系一致。变压器出现油中气泡放电,可以通过变压器部分排油,重新抽真空析出气泡,当冬季温度较低时,可在排油前通过热油循环提高变压器器身及绝缘油的温度。冬季温差较大时,宜对变压器的安装工艺进行改善,在变压器注油距变压器大盖 30 cm 处,再次对变压器抽真空,可以提高变压器现场局部放电测试的通过率。

参考文献:

- [1] 保定天威保变电气股份有限公司. 变压器试验技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [2] 阳少军, 牛保红, 吕家圣. ±500 kV 天广直流换流变故障的分析与处理[J]. 高电压技术, 2006, 32(9): 165-167.

作者简介:

- 甘 强(1978), 男, 重庆人, 工程师, 从事电气试验工作;
- 吉亚民(1972), 男, 江苏盐城人, 高级工程师, 从事高电压与绝缘技术研究工作;
- 陈 轩(1989), 男, 江苏南京人, 助理工程师, 从事电气试验工作。

Analysis of Abnormal Result of Partial Discharge Test in a 220 kV Transformer

GAN Qiang, JI Ya-min, CHEN Xuan

(Jiangsu Electrical Power Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China)

Abstract: This paper analyzes the results of partial discharge test in a 220kV transformer. The partial discharge position is preliminarily located by plurality of terminal correction-measurement method. After further analysis combined with the characterizing parameters of partial discharge in high voltage winding of the transformer, the reason of abnormal result of partial discharge test is determined, namely the bubble discharge in oil. This article also provides on-site treatment scheme and suggestions on transformer installation process in winter in Jiangsu province.

Key words: transformer partial discharge; transmission ratio; vacuum oil filling; discharge quantity

(上接第 9 页)

- [5] 陈闽江. 光伏发电系统的蒙特卡罗序贯仿真和可靠性分析[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2004.
- [6] YANG H X, LU L, BURNETT J. Weather Data and Probability Analysis of Hybrid Photovoltaic - wind Power Generation Systems in Hong Kong [J]. Renewable Energy, 2003, 28 (11): 1813-1824.

作者简介:

- 霍雨翀(1989), 男, 江苏溧阳人, 硕士研究生, 从事可再生能源在电力系统中应用以及电网规划研究;
- 范子恺(1993), 男, 江苏徐州人, 东南大学电气工程及其自动化在读。

A Combination Forecast Method of Wind Speed and Solar Irradiance Based on Advanced Weather Generator

HUO Yu-chong, FAN Zi-kai

(School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: The forecast of wind speed and solar irradiance is very important for the stable and economic operation of grid-connected hybrid photovoltaic-wind power generation systems. The original weather generator is improved to make it more accurate and meet the demand of probabilistic production simulation of power system including hybrid photovoltaic-wind power generation systems. Afterwards, a combination forecast method of wind speed and solar irradiance is proposed. The method models the complementary characteristics of solar irradiance and wind speed based on the historic daily observation data, and then obtains the forecasting result at hourly intervals. The simulation results show that the model can be used to accurately predict and in engineering practice.

Key words: weather generator; wind speed; solar irradiance; combination forecast; hybrid photovoltaic-wind power generation