

根据《北京市电力公司电力设备状态检修试验规程》规定,额定分接电压比允许偏差为 $\pm 5\%$ 。该变压器电压比试验结果不合格,表现为 $(U_{\mathrm{BC}} / U_{\mathrm{bc}})$ 和 $(U_{\mathrm{CA}} / U_{\mathrm{ca}})$ 超出允许值;该变压器联结组标号检定合格。

(4)交流耐压试验。通过对该变压器进行交流耐压试验,在加压的过程中发现电压始终为零,电流突增,耐压试验不合格。

(5)试验小结。

- 1)该变压器直流电阻试验、绝缘电阻试验、电压比测量和交流耐压试验均不合格;
- 2)该变压器高压侧B相绕组圈存在断股现象;
- 3)该变压器高压侧有接地现象;
- 4)该变压器低压侧绕组应完好。

2 解体分析

2.1 变压器本体解体分析

通过对故障变压器进行解体,如图3图7所示:

Page 30:

(1)高压侧A相和B相套管周边均有喷油的痕迹。

(2)该变压器B相绕组与其他两相比,B相整体变形且上移,且与B相绕组对应的上夹件部位有放电烧蚀痕迹。

(3)B相高压侧绕组最外一层高压绕组明显上移,高压绕组的上段部分存在断股现象(匝间、层间均有烧蚀痕迹);低压侧绕组、低压与高压之间的绝缘筒未见放电烧蚀现象。

图3 送检变压器整体外观情况

图5 上夹件放电烧蚀痕迹

(与B相绕组对应部位)

图4 故障变压器吊芯整体情况

图6 B相高压绕组扭曲变形

2.2.2 有载调容开关解体分析

通过对有载调容开关解体发现:

(1)有载调容开关内绝缘油已被烧黑,如图8所示;

(2)开关筒体的B和B0静触头有放电烧蚀痕迹,选择开关相对应的动触头B0也有烧蚀痕迹,如图9和图10所示。

Page 31:

图7 B相高压绕组上段部分断股烧蚀痕迹

图8 有载调容开关油已被烧黑

(a) 开关筒体内部静触头B和 B_0 烧蚀痕迹

图9 有载调容开关放电烧蚀痕迹

图 10 静触头 B 和 B0 对应开关筒体外部照片

Page 32:

2.2.3 解体小结

通过上述对变压器和有载调容开关解体, 得出如下结论:

- (1) B 相绕组高压侧存在断股现象, 且最外层绕组明显上移;
- (2) B 相高压绕组对上夹件有放电烧蚀痕迹;
- (3) 低压绕组无异常;
- (4) 有载调容开关筒体内部静触头 B 和 B0 有放电烧蚀痕迹, 相对应的选择开关的动触头 B0 也有放电烧蚀痕迹。

\section*{3. 故障原因分析}

\section*{3.1 控制器历史信息分析}

通过对控制器进行信息收集, 部分信息截图如图 11 所示。

图 11 变压器历史投切信息

通过采集到的信息可以看出, 该变压器在 2016 年 1 月 16 日 7 时 14 分自动投切到低容状态后, 就没有其他的数据信息采集 (后几条记录信息为进行试验时手动操作的信息记录); 1 月 16 日 21 时 3 分, 该变压器发生故障。根据历史信息记录发现, 该变压器一天自动投切两次, 基本上在早上 7 时左右自动投切到低容状态, 晚上 21 时左右自动投切到高容状态。由此可以初步判断, 该变压器在 1 月 16 日 21 时左右由于负荷超出限值理应自动投切到高容状态时发生故障。

Page 33:

3.2 有载调容开关投切过程分析

根据变压器调容原理画出选择开关从低容投切到高容动作示意图 (高压端), 如图 12 所示。低容状态和高容状态下开关触头示意图 (高压端), 如图 13 和图 14 所示, 实现变压器左变压器高压端的星角转换 $((Y \rightarrow D))$ 。可知低容时选择开关动触头 0 和 X3 与开关筒体静触头 0 和 X3 对应连接, 调容投切时选择开关带动动触头顺时针旋转, 到高容时动触头 (B) 和 $(\mathrm{X}1)$ 与静触头 (B) 和 X1 连接 (另两相对应连接), 如图 15、

图 13 低容状态下有载调容开关触头示意图 (高压端, $(0-\mathrm{X}3)$ 连接, 另两相对应)

图 14 高容状态下有载调容开关触头示意图 (高压端, B-X1 连接, 另两相对应)

根据解体的开关故障现象和上述分析判断出, 有载调容开关从低容状态投切到高容状态的过程中, 即选择开关动触头从 0 位置经过渡抽头 B0 转动到 B 的过程中发生故障。

\section{3 本次故障过程分析}

由上述分析可知, 该变压器在从低容投切到高容的过程中发生故障, 故障原因为该变压器 (B) 相高压绕组内部因导线毛刺或匝绝缘破损, 存在非贯穿性缺陷; 在开关切换时, 由于存在机械振动、操作过电压以及短时过电流冲击等原因, 导致 (B) 相高压绕组匝绝缘击穿, 形成层间绝缘短路; (B) 相短路瞬间产生的电动力使 (B) 相高压绕组上移, 造成高压绕组对上夹件放电, 导致线路发生接地故障。

\section{4 结论与建议}

\section{1 结论}

本次变压器故障属于产品质量问题。由于 B 相高压绕组在制造过程中存在

Page 34:

产品质量问题, 开关在投切过程中产生操作过电压, 导致 B 相高压绕组绝缘击穿, 形成匝间短路, 瞬间造成层间短路, 变压器发生故障。

\section{2 建议}

- (1) 建议核查同厂家同批次变压器设备, 了解在运变压器运行状态;
- (2) 建议厂家加强产品质量生产过程监控, 严把质量关。

\section{第三节 柱上负荷开关故障案例}

\section{案例一 密封不良导致柱上负荷开关故障}

\section{1. 故障基本情况}

\section{1 故障概述}