

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。

\section{2 解体分析}

\section{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

\subsection{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 BO 静触头有放电烧蚀痕迹，选择开关相对应的动触 头 BO 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  $(\mathrm{B}_0)$  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，且最外一层绕组明显上移；
- (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  $\left(Y \rightarrow D\right)$ 。可知低容时选择开关动触头 O 和 X3 与开关筒体静触头 O 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  $\left(\mathrm{B}\right)$  和  $\left(X_1\right)$  与静触头  $\left(\mathrm{B}\right)$  和  $X_1$  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， $\left(O-X_3\right)$  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， $B-X_1$  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 O 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  $\left(\mathrm{B}\right)$  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  $\left(\mathrm{B}\right)$  相高压绕组匝绝缘击穿，形成层间绝缘短路； $\left(\mathrm{B}\right)$  相短路瞬间产生的电动力使  $\left(\mathrm{B}\right)$  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  $\mathrm{B}$  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  $\mathrm{B}$  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}