

龙潭 2 号主变中压侧分接开关故障分析与处理

涂 俊, 王建凯

(南京供电公司检修试验工区, 南京奥体大街 1 号 210000)

摘 要: 本文由变压器油中色谱数据异常发现了一起主变分接开关故障, 进行直流电阻试验后, 发现在运行档位三相不平衡率为 26.78%, 判断为中压侧分接开关接触不良。在运行档位出现较大的不平衡率同时伴有变压器油色谱分析异常, 不能按照在非运行档位的处理方法, 应提高警惕并进行排查检修。

关键词: 分接开关; 总烃; 直流电阻; 接触不良

0 引言

截止 2012 年 12 月, 南京公司共运行 35kV 及以上变电站 199 座, 共 387 台变压器。主变压器是变电站中的重要设备, 其可靠性直接关系到电网的安全运行。通过变压器油中溶解气体分析诊断技术可以有效的对变压器内部的潜伏性故障进行诊断, 对保证电力系统安全可靠运行有较大的作用。

1 故障概述

110kV 龙潭变电站 2 号主变压器为南京电力变压器厂生产, 型号为 SFSZ8-31500/110, 接线组别为 YN, yn0d11, 额定容量 31500kVA, 额定电压为 $(110 \pm 8 \times 1.25\%) / 38.5 \pm 2 \times 2.5\% / 10.5$, 1998 年 12 月开始投运。

在 2012 年 6 月 21 日进行油中溶解气体分析时发现总烃含量发生突变, 总烃达到 $1016.0 \mu\text{L/L}$, 通过计算相对产气速率, 判断主变存在故障, 进而使用三比值法初步判断变压器存在过热性故障。当日晚上紧急申请停电, 进行诊断性电气试验。在测量

中压侧使用档的直流电阻时, 发现在运行档位三相不平衡率为 26.78%, 严重超标, 判断为中压侧分接开关接触不良。由于此时为迎峰度夏关键时期, 不能立即停电进行吊罩检查, 采取换挡运行, 并加强色谱跟踪分析的监视方式, 及时掌握变压器在此期间故障的发展情况。直至 11 月 20 日, 才对该主变压器进行吊罩检查, 吊起主变上节油箱后, 发现中压侧分接开关动静触头存在碳化, 鉴于大修后运至万寿变电站使用, 采用了直接短接的办法进行处理, 固定于额定档。

2 故障的分析判断过程

2.1 故障的识别

龙潭 2 号主变压器在 6 月 21 日油中溶解气体分析, 总烃达到 $1016.0 \mu\text{L/L}$, 但在 2011 年 12 月 13 日测得的总烃为 $235 \mu\text{L/L}$, 为了排除其他影响, 2012 年 6 月 22 日重新采样进行油中溶解气体分析, 总烃为 $1022.4 \mu\text{L/L}$, 确定了 6 月 21 日数据的正确性。详细数据见表 1。

表 1 龙潭 2 号主变压器油中溶解气体含量

单位: $\mu\text{L/L}$

日期	氢 H_2	甲烷 CH_4	乙烷 C_2H_6	乙烯 C_2H_4	乙炔 C_2H_2	总烃 ΣC	一氧化碳 CO	二氧化碳 CO_2
2011-6-17	25.9	37.4	19.5	109.7	0.4	167	419	3223.1
2011-12-13	30.7	69	22.7	142.6	0.7	235	617.9	3178.3
2012-6-21	127.3	346.4	81.9	583.8	3.9	1016	627.8	3921.3

仅仅根据分析结果的绝对值是很难对故障的严重性做出正确判断的。因此, 必须考虑故障的发展趋势, 也就是故障点的产气速率。产气速率与故障消耗能量的大小、故障部位、故障点的温度等情

况有直接关系。按照 DL/T 722-2000《变压器油中溶解气体分析和判断导则》^[1]推荐的两种产气速率, 计算如下:

(1) 绝对产气速率: 即每运行日产生某种气体

的平均值,按式(1)计算;

$$\gamma_a = \frac{C_{i,2} - C_{i,1}}{\Delta t} \cdot \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

式中: γ_a —绝对产气速率, mL/d;

$C_{i,2}$ —第二次取样测得油中某气体浓度,
 $\mu\text{L/L}$;

$C_{i,1}$ —第一次取样测得油中某气体浓度,
 $\mu\text{L/L}$;

Δt —两次取样时间间隔中的实际运行时间,
d;

m —设备总油量, t;

ρ —油的密度, t/m^3 。

该主变压器,总油量重 15.38 t,油密度 0.89 t/m^3 。经过计算,2011 年 6 月 17 日到 2011 年 12 月 13 日,共 180 天,总烃绝对产气速率为 6.5 mL/d ,乙炔绝对产气速率为 0.03 mL/d ,氢绝对产气速率为 0.46 mL/d ,均未超过注意值。2011 年 12 月 13 日到 2012 年 6 月 21 日,共 190 天,总烃绝对产气速率为 71.0 mL/d ,乙炔绝对产气速率为 0.29 mL/d ,氢绝对产气速率为 8.79 mL/d ,其中总烃远远超过注意值 12 mL/d ,乙炔超过注意值 0.2 mL/d 。

(2) 相对产气速率:即每运行月(或折算到月)某种气体含量增加原有值的百分数的平均值,按式(2)计算:

$$\gamma_r = \frac{C_{i,2} - C_{i,1}}{C_{i,1}} \times \frac{1}{\Delta t} \times 100 \quad (2)$$

式中: γ_r —相对产气速率, %/月;

$C_{i,2}$ —第二次取样测得油中某气体浓度,
 $\mu\text{L/L}$;

$C_{i,1}$ —第一次取样测得油中某气体浓度,
 $\mu\text{L/L}$;

Δt —两次取样时间间隔中的实际运行时间,

月。

经过计算,2011 年 6 月 17 日到 2011 年 12 月 13 日(约 5.87 个月),总烃相对产气速率为 $6.9\% < 10\%$,未超过注意值。2011 年 12 月 13 日到 2012 年 6 月 21 日(约 6.27 个月),总烃相对产气速率为 53.0% ,远远大于 10% 。

所以,此时完全有理由认为设备存在故障。

2.2 故障类型的判断

由于此次故障,除了一氧化碳、二氧化碳外,油中溶解气体各组分均显著增加,可以肯定故障不涉及到固体绝缘。为了进一步确定故障类型,用三比值法进行分析。三比值法是采用五种气体(H_2 、 CH_4 、 C_2H_2 、 C_2H_4 、 C_2H_6)的三对比值作为判断充油电气设备故障的方法。

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_2}{\text{C}_2\text{H}_4} = \frac{3.9}{583.8} \approx 0;$$

$$\frac{\text{CH}_4}{\text{H}_2} = \frac{346.4}{127.3} \approx 2.72;$$

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_4}{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{583.8}{81.9} \approx 7.13$$

上述比值范围编码为(0, 2, 2),由此推测,故障性质为“高于 700°C 高温范围的过热故障”,用经验公式计算故障源温度^[2]:

$$T = 322 \lg\left(\frac{\text{C}_2\text{H}_4}{\text{C}_2\text{H}_6}\right) + 525^\circ\text{C} \quad (3)$$

其估算温度为 799.66°C ,也与上述结论相符。

可见满足判据条件,可判断是变压器过热故障。故障可能为分接开关接触不良,引线夹件螺丝松动或接头焊接不良,涡流引起铜过热,铁芯漏磁,局部短路,层间绝缘不良,铁芯多点接地等。

2.3 电气试验

2012 年 6 月 21 日晚,紧急申请停电做诊断性电气试验,绝缘性试验数据无异常,排除了变压器整体绝缘故障,在做线圈直流电阻试验时发现中压侧数据异常,经过反复调档、磨合后,中压侧直流电阻试验数据合格,数据如表 2 所示。

表 2 中压侧分接开关运行档的直流电阻试验数据

相别	处理前/ Ω	反复调整后/ Ω
Am-0m	0.1068	0.1012
Bm-0m	0.1160	0.1015
Cm-0m	0.1391	0.1020
不平衡率/%	26.78	0.79

初次测量值不平衡率达到 26.78%,远远大于标

准^[3,4]规定的 2%，严重超标。由此可以判断中压侧，动静触头氧化，接触电阻过大。但是经过反复切换后，不平衡率下降到 0.79%。此种情况多出现在非运行档位，且不平衡率数值一般都在 4% 以下，极少出现运行档位三相直流电阻不平衡率严重超标的情况。此现象说明在运行过程中该主变压器中压侧分接开关出现接触不良，导致油中溶解气体分析时总烃超标。该故障需要申请停电大修或者更换处理，但此时为迎峰度夏关键时期，不能立即开展吊罩检查，拟改变分接位置，并加强色谱跟踪分析。换档

后，中压侧线圈直流电阻试验数据合格，并投入运行。

2.4 跟踪分析、监视

经过油中溶解气体分析及电气试验结果分析，可以初步判断为分接开关动静触头间存在接触故障，换挡运行后，采取油中溶解气体分析（色谱）跟踪监测的监视方式。图 1 为从 2012 年 6 月 22 日到 2012 年 11 月 7 日跟踪监测的数据折线图，其中温度数值由式（3）计算所得。

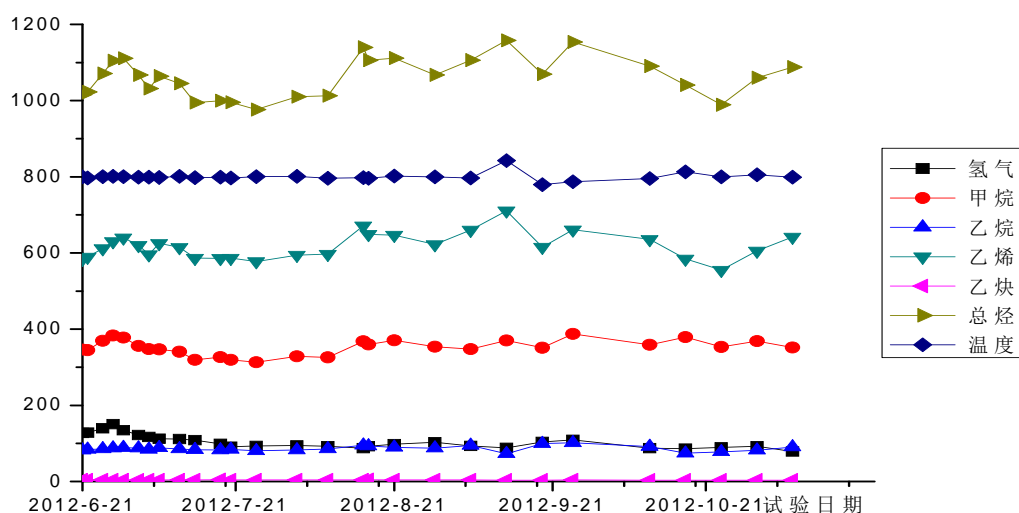


图 1 油中溶解气体分析（色谱）跟踪监测数据折线图

由图 1 可以看出，对于总烃，在最初的一个月内，跟踪检测平率为每 3 天检测一次，其波动幅度不超过平均值的 10%，根据式(3)计算得到故障点温度未出现明显增长，说明该故障没有进一步发展的趋势，所以将频率放宽为一周检测一次。

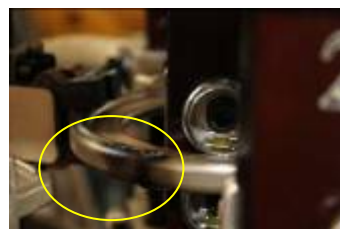
从近五个月的数据中可以看出，各组分的波动均未超过平均值的 10%，设备运行稳定。但鉴于 2012 年 6 月 21 日的总烃相对产气速率远远超过注意值，必须开展安排停电吊罩检查。

3 吊罩检查、处理

根据现场变压器的实际运行情况和分析结果，制定了检查、处理方案，于 11 月 20 日对龙潭 2 号主变进行放油，吊起主变上节油箱，对分接开关进

行检查，发现动静触头间存在碳化痕迹，与之前的判断相吻合。

由于动静触头均有损坏，现场无法对动静触头同时更换，鉴于该主变压器大修后运至无 35kV 出线的万寿变电站使用，因此采用了直接短接的方式进行处理，固定于额定当。缺陷处理以后，对中压侧直流电阻进行了复测，测试数据合格，主变可以安全投运。



(1) 静触头故障点



(2) 动触头故障点

图 2 中压侧分接开关动静触头故障点

4 结束语

经过有关人员的共同努力,成功地消除了该变压器分接开关接触不良的故障,同时也为今后类似的电力变压器故障的判断与解决积累的以下经验:

(1) 对油中溶解气体分析数据,在超过注意值后要进一步分析判断,计算绝对产气速率;

(2) 只在总烃基数较大的情况下,才宜采用总烃相对产气速率作为故障判据;

(3) 油中溶解气体分析可以快速准确判断变压器内部故障,但是准确定位故障点还需要与电气试验相互补充、验证和判断。

(4) 对主变三相直流电阻值不平衡的现象,要区分对待。对于长期不用的档位,多为触头氧化,

反复切换可以使故障自行消失,不影响正常运行;对于运行档位,不平衡率远大于标准规定注意值且伴有油中溶解气体分析异常,应警惕分接开关触头间或其他导电回路存在接触不良等缺陷,此时需要进一步排查检修。

参考文献:

- [1] DL/T 722-2000,变压器油中溶解气体分析和判断导则[S].
- [2] 王音音,孙成平,曹永,等.一起基于油色谱分析的变压器潜伏性故障诊断[J].安徽电力,2012(01).
- [3] 国家电网公司.Q/GDW 188-2008 输变电设备状态检修试验规程[Z].2008.
- [4] DL/T 596-1996,电力设备预防性试验规程[S].

作者简介:

涂俊(1985—),女,南京供电公司检修试验工区,研究生,助理工程师,从事基层变电站电气设备的电气试验工作。E-mail: tujunshumo@163.com。