

文章编号:1001-1609(2005)06-0473-03

油中溶解气体分析法在变压器故障判断中的应用

王美荣, 傅丽君

(衢州电力局, 浙江 衢州 324002)

Application of Oil Chromatographic Analysis in Fault Diagnosis of Transformers

WANG Mei-rong, FU Li-jun

(Quzhou Electric Power Bureau, Quzhou 324002, China)

摘要: 通过实际工作中正确消除变压器内部缺陷的几个典型例子,介绍了油中溶解气体分析法在变压器故障综合判断中的应用,并提出了在实际工作中使用《变压器油中溶解气体分析和判断导则》应注意的问题。

关键词: 变压器; 特征气体; 故障; 分析; 处理

中图分类号: TM411

文献标识码: B

Abstract: By eliminating several typical faults correctly in working practice, the paper introduces the application of oil chromatographic analysis in fault diagnosis of transformers, and puts forward the questions of using guide, the analysis and the diagnosis of gases dissolved in transformer oil, should be paid attention to in practical work.

Key words: transformer; characteristic gas; fault; analysis; treatment

1 引言

众所周知,变压器内部故障不发展到一定的程度,其电气特性不会发生质的改变,因此也就无法通过电气试验来判断变压器故障。而根据油中溶解气体的含量来分析诊断变压器内部的潜在性故障则非常有效,可以说,这是所有电气试验项目都无法比拟的。在DL/7596-1996的《电力设备预防性试验规程》中,着重强调了油中溶解气体在判断变压器故障中的重要地位^[1]。笔者通过实际工作中应用该分析法对故障设备进行检测,并结合综合判断,正确消除变压器内部缺陷的几个典型事例,提出了实际工作中使用《变压器油中溶解气体分析和判断导则》(以下简称《导则》)应注意的问题,以供借鉴。

2 根据油中溶解气体进行变压器故障诊断

变压器油是由具有不同键能的化学键键合在一

起的碳氢化合物分子组成的,作为良好的介质材料在变压器中起到绝缘、散热、灭弧等作用,并有其特殊的性能。当变压器在故障状态下运行时,故障点周围的变压器油温将会升高,化学键断裂而生成多种特征气体。因不同键能的化学键在高温下具有不同的稳定性,根据热力学原理,油裂解时生成的任何一种气体,其产气速率都随温度而变化,在一特定温度下达到最大值。随着温度的上升,最大值出现的顺序依次为:甲烷、乙烷、乙烯、乙炔。在温度高于1 000℃时,还有可能生成碳的固体颗粒及碳氢聚合物。故障时产生的气体通过运动、扩散、溶解和交换,将热解气体分子传递到变压器油中各个部分。油中溶解气体分析法就是根据故障下产气的累计性、产气速率以及故障下产气的特征性来检测和诊断变压器等充油电气设备内部的潜在性故障。下面根据《导则》提供的判断变压器故障的特征气体法和三比值法等方法^[2],实例分析油中溶解气体法在判断故障中的应用。

3 实例 1

在对1993年投运的某110 kV主变(SFSZ7-31500/110)的跟踪试验中发现乙炔超标,氢气增长明显,试样分析结果见表1。

数据显示,总烃不是很高,主要特征气体为氢气和乙炔,三比值分析编码为“201”。初步怀疑变压器内部存在低能量火花放电故障,但是经过多次追踪

表1 某110 kV主变试样分析结果 $\mu\text{L/L}$

日期	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	CO	CO ₂	总烃	备注
93-01-08	49.28	3.41	2.13	1.77	3.66	164.56	1 041.92	10.97	年检
93-04-30	137.26	14.44	8.43	5.75	17.15	753.92	3 637.89	45.77	跟踪
93-08-16	91.14	32.34	6.33	5.67	18.83	764.11	4 553.47	63.17	跟踪
93-11-09	86.13	31.82	8.58	8.52	21.05	564.48	4 536.00	69.97	跟踪
94-01-06	0	0.63	0.67	1.64	1.30	19.20	300.67	4.24	处理后
95-10-25	24.97	5.23	2.33	3.17	1.40	247.57	2 026.94	12.13	跟踪

收稿日期:2005-06-28; 修回日期:2005-08-12

作者简介:王美荣(1975-),女,助理工程师,从事油化现场工作。

分析发现氢气和乙炔含量变化较大,考虑到有载调压开关载挡位切换时会产生大量的氢气和乙炔,持续增加的含量与有载开关的切换次数有关。后经停电实施电气检查试验(直流电阻、泄漏电流、铁心对地绝缘等)无异常,排除了变压器本身存在潜在性故障的可能性,判断为有载调压开关油箱向主油箱渗漏的可能性较大。1993年12月,对有载开关进行检查和处理,发现油箱绝缘筒上法兰与变压器本体连接处周围渗漏,断定特征气体来源于变压器有载调压开关油箱的

渗漏,系O型密封圈未紧固,主变本体充油前抽真空时,由于两油箱的压力差,使密封圈移位所致。对本体油箱中的油进行脱气处理后,运行正常。

4 实例2

2003年01月,对某35kV主变(SSZ7-5000/35)年检试验中发现,特征气体严重超标,其中甲烷、乙炔占总烃的88.72%,并有乙炔产生,数据见表2。

运用三比值法,比值编码为“002”。初步判断设

表2 某35kV主变试样分析结果

日期	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	CO	CO ₂	总烃	备注
02-01-10	27.47	4.31	4.53	3.20	0.13	383.23	3430.94	12.17	年检
03-01-10	1473.26	1412.64	745.57	4636.39	23.76	346.29	3072.86	6818.36	故障时
03-01-17	45.68	8.74	2.87	20.23	0.61	6.74	148.63	32.34	处理后
03-07-28	36.22	83.87	18.03	195.45	4.52	111.11	1708.77	301.87	跟踪
03-08-29	34.61	90.99	19.99	212.73	4.64	143.52	2083.02	328.35	跟踪
03-09-27	35.53	83.25	18.49	197.84	4.03	139.61	2228.61	303.61	跟踪

备存在700℃以上的高温过热。对变压器停电进行电气检查试验无异常,可排除分接开关接触不良,引线夹件螺丝松动或接头焊接不良,局部短路,层间绝缘不良等引起的故障。由于该变压器采用铁心底部经油箱直接接地的方式,无法解除固定接地点,所以不能直接测量铁心对地的绝缘电阻,故障是否由铁心多点接地引起只能对变压器吊罩检查。变压器钟罩吊起后,外观检查发现铁心上部夹件由于震动等原因引起松动,使铁心与夹件相接触,造成铁心多点接地及铁心局部环流。色谱数据中乙炔含量较高是由于故障初期铁心与夹件间隙性接触,形成微弱的电弧所致。经过对铁心夹件进行紧固并对绝缘油进行滤油处理后,重新投入运行。初次跟踪数据显示,总烃增长较快,氢气组分正常。经分析认为,由于变

压器处理前溶解气体组分较高,而设备中总油量较少(4000kg),残留在设备中吸附性较强的组分又逐渐地扩散到油中,但因氢气较易在滤油处理中脱去,故其组分回溶现象不明显。为了验证以上分析和考察设备在夏季负荷高峰时的运行状况,对设备进行了连续跟踪,结果为总烃绝对产气速率由初次跟踪的0.26mL/h下降到0.16mL/h,最后一次已呈负增长趋势。可以认为故障已得到处理,设备运行正常^[2]。

5 实例3

在对某220kV主变(OSFPSZ10-150000/220)投运后一个月的跟踪试验中发现,氢气超出注意值且迅速增长,数据见表3。

表3 某220kV主变试样分析结果

日期	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	CO	CO ₂	总烃	水分	备注
02-05-06	27.12	0.78	0.28	0.12	0	15.47	181.38	1.18	8.4	跟踪
02-05-31	173.13	2.22	0.72	0.31	0	92.38	514.69	3.25	11.5	跟踪
02-07-02	279.28	7.91	1.15	0.34	0	133.21	569.96	9.40	9.9	跟踪
02-08-05	398.36	10.56	1.87	0.42	0	201.45	748.95	12.85	8.5	跟踪
02-09-05	491.14	13.59	2.29	0.47	0	247.91	907.63	16.35	9.8	跟踪
02-10-16	605.84	17.51	3.31	0.55	0	318.87	1171.03	21.37	8.8	跟踪
02-11-25	0	0.52	0.18	0.09	0	9.03	195.61	0.79	-	处理后
02-12-04	26.68	0.78	0.22	0.09	0	21.90	288.90	1.13	-	跟踪
03-01-20	34.20	1.01	0.34	0.12	0	29.01	288.97	1.47	-	跟踪
03-10-10	50.65	1.42	0.44	0.18	0	50.95	363.67	2.04	-	跟踪
04-02-26	75.80	3.79	1.29	0.44	0	223.64	1199.60	5.52	-	跟踪

从表中可以看出,油中的特征气体仅氢气迅速增长,其它组分增长不明显,初步判断可能是由水分进入引起。于是对水分进行跟踪测量,但未发现油中含水量增加。因是新安装的设备,与厂家取得联系后得知,在安装时,为了赶工期可能散热片的油漆未干就投入使用,且使用的油漆为醇酸树脂漆。因此分析认为,氢气增长的主要原因是由于散热器内壁油漆

未完全干透,就投入使用以及使用材料醇酸树脂漆引起的。变压器内的绝缘涂层或散热器内油漆未干时,因油漆中所含水分,吸收有大量的氢气及一氧化碳、二氧化碳,投运后又慢慢释放出来,并且所含水分可以与铁作用生成氢气,某些不锈钢的催化也可能生成大量的氢气。于2002年11月更换了散热片及本体变压器油,并进行脱气处理后,色谱跟踪数据

正常,主变单氢超标已得到解决。

6 故障分析时的注意事项

变压器油中的特征气体来源较复杂,一般不易判断故障的准确部位,必须结合电气试验和采取跟踪分析的方法对变压器进行全面综合判断。根据多年的经验,对采用油中溶解气体法分析变压器故障提出以下几点注意事项:

(1)在实际油化分析工作中,应严格执行《电力设备预防性试验规程》和《导则》的规定要求,确保色谱数据准确可靠。发现特征气体组分含量有增长时,应缩短周期跟踪分析,并结合历史数据、产气速率、负荷情况、电气试验、新投运设备出厂前状况、检修工艺流程等,确定是由电路还是磁路故障或是其它原因如辅助设备、设备材料、检修工艺等引起的故障,以缩小检修时的故障查找范围。

(2)取样应具有代表性。例如由于取样阀中某些特殊材料(如含镍不锈钢合金等)的催化作用,生成大量的氢气聚集在取样阀周围,以及取样阀在进行焊接后,大量在高温下产生的特征气体聚集在取样阀的周围,从而常常给取样分析带来误判断。取样时应充分放油后才能取得能准确反映变压器运行状况的代表性油样。

(3)放电性故障极易造成变压器事故,引起供电中断。乙炔是放电性故障的特征气体,一旦出现,即使小于规定的 $5\mu\text{L/L}$ (220 kV及以下变压器)注意值,仍应引起重视。同时,分清气体来源,防止造成误判断,如:变压器油箱带油补焊时的高温使油分解产生大量的特征气体;有载调压变压器中分接开关灭弧室的油向变压器本体渗漏。此外,还有油冷却系统附属设备如潜油泵故障也会反映到变压器本体油中。

(4)当变压器内部存在过热和放电故障,总烃含量很高时,应考虑变压器油老化问题,查对油的闪点是否有下降迹象。同时因故障点附近的绝缘纸也会

迅速裂解,使纤维素断链,产生大量的一氧化碳、二氧化碳,因此根据一氧化碳、二氧化碳含量的变化,可判断故障是否涉及到固体绝缘材料。

(5)当发现油中单一的氢气组分升高时,应测定油中微水含量,以便排除是否为设备进水受潮引起;对于新投运的变压器,因制造和安装过程中,脱气不彻底或使用绝缘材料的不同,有时也会使某些组分如氢气等超出注意值(见例3),这时应加强检测,跟踪分析。

(6)故障变压器检修后,本体内的残油中往往残留有故障气体,以及本体内部滤油中油循环流动的死角,这部分缺少流动的油在处理结束后特征气体比其它部分高,且这些气体在设备投运初期,还会逐步扩散。因此,在跟踪分析的初期,往往发现油中气体有明显增长的趋势(见例2)。通过多次检测,当各种特征气体的产气速率逐渐减小,经一定时间含量趋于稳定后,才能确定检修后投运的设备故障已消除。

7 结语

为了提高劳动生产率和减少停电对社会的影响,电力系统正日益推广状态检修,而变压器油中溶解气体分析法正是考查充油设备状态的最佳手段。在实际中必须严格执行有关规程中的要求,正确、灵活地应用《导则》中推荐的油中溶解气体分析法诊断故障,密切注意油中溶解气体的变化情况,对设备运行状态作出正确的评估。对发现有潜在性故障的设备,要充分结合电气绝缘试验,作好早期诊断,并针对具体故障特征进行综合分析,采取针对性的解决方案,将故障损失控制在最低限度,确保电网的安全稳定运行。

参考文献:

- [1] DL/T596-1996. 电力设备预防性试验规程[s].
- [2] GB/T7252-2001. 变压器油中溶解气体分析和判断导则[s].

(上接第472页)

辟的固定空间内。这种方式对于客户端的响应速度很快,但是比转换式要多占用很多内存空间。

对于实时性要求高的系统,映射式更为合理可靠。在系统中,一台现场设备可视为一个节点。当客户端访问某节点数据时,该节点被激活,系统在一定时间内只定时查询被激活节点的数据,并且根据客户端的访问动态地插入、删除节点。在客户端没有向服务器请求数据时,服务器不占有总线,即不与节点通讯。这样可以降低总线的负荷,服务器也不必知道系统中现场设备的个数,从而可以非常方便地在系统运行中增删设备。

5 结语

随着以太网在工业领域的大规模使用,用户迫切需要在任何时间和任何地点对现场设备进行实时数据访问和实时监控。利用以太网-CAN服务器可以很好地完成这些功能,从而使用户不用在工业现场,就能及时地发现设备故障并解决问题。

参考文献:

- [1] 刘和平. TMS320LF240x DSP C语言开发应用[M]. 北京航空航天大学出版社, 2003.