

一起220 kV变压器铁心故障的判断与分析

王天施¹, 王清昊², 侯宝明², 苑舜³, 张华², 焦宏志²

(1. 辽宁石油化工大学信息与控制工程学院, 抚顺 113001; 2. 抚顺供电公司, 抚顺 113008;

3. 沈阳工业大学电气工程学院, 沈阳 110178)

摘要: 论述了由于铁心接地引线螺丝松动离异, 导致铁心产生悬浮电位, 造成放电, 放电产生的电流在铁心接地铜片和接地引线上产生有功损耗, 从而引发变压器油中色谱分析数据异常。提出当总烃升高但未“超标”时, 查找其原因的方法、步骤及注意事项, 同时指出变压器铁心外接地引线松动离异也属于铁心故障的范畴。

关键词: 色谱分析; 悬浮放电; 铁心; 接地

中图分类号: TM41

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2013)04-0119-03

Treatment and Analysis on a Core Fault in 220 kV Transformer

WANG Tian-shi¹, WANG Qing-hao², HOU BAO-ming², YUAN Shun³,

ZHANG Hua², JIAO Hong-zhi²

(1. School of Information and Control Engineering, Liaoning Shihua University, Fushun 113001, China;

2. Fushun Power Supply Company, Fushun 113008, China;

3. School of Electrical Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110178, China)

Abstract: In this paper, a fault process in transformer is discussed. The fault is originated from core grounding which leads to screw loose and produce the floating potential; then discharge and current occur. This current flows in the circuit between grounding leads and grounding copper and leads active power loss. This kind of fault can be checked through the chromatographic analysis of the oil in the transformer. The reasons, steps and attentions are suggested when the content of total hydrocarbons in the oil is increased but still in the specified range. Meanwhile, it is pointed that the loose and transfer of the external grounding lead of the transformer core is also one kind of core faults.

Key words: chromatographic analysis; floating discharge; core; grounding

0 引言

在变压器正常运行中, 铁心需要一点接地, 目的是使铁心与大地(油箱)之间的寄生电容被短接, 使悬浮电位消失, 避免变压器油分解及固体绝缘损坏。当铁心有两点或两点以上接地时, 则接地点之间就会形成闭合回路, 造成环流, 有时可高达数 10 A。该电流会引起变压器局部过热, 导致油分解, 产生可燃性气体, 还可能使接地片熔断或烧坏铁心, 使变压器不能继续运行。运行经验表明, 变压器铁心故障约占变压器总事故的 30%左右^[1-4]。

1 事故情况

某 220 kV 变电所 2 号主变, 型号为 SFSZ11-

180000/220, 密封式结构, 铁心通过套管从油箱上部引出可靠接地, 结构件通过油箱可靠接地^[5]。该变压器 2009 年 9 月制造, 经现场交接试验合格后于 2010 年 7 月 26 日空载投入运行。2010 年 12 月 17 日带负荷运行, 例行油样色谱分析中发现油中特征气体有异常, 接着又出现乙炔(C₂H₂), 虽未达到注意值, 但说明存在由低能放电发展成高能放电的可能, 怀疑变压器内部存在缺陷^[6-10]。跟踪数据见表 1。

2 故障判断

由表 1 的数据可以看出, CO 最大值为 105 μL/L, 小于 800 μL/L, 因此该故障没有涉及固体绝缘, 若有故障应该在磁路上。以 2011 年 2 月 10 日的数据为例, C₂H₄=45.86, CH₄=37.26, H₂=28, C₂H₂=0.59。符合 C₂H₄>CH₄>H₂>C₂H₂ 的规律, 一般情况铁心故障

表1 变压器主要色谱分析数据

Tab. 1 Transformer oil chromatographic analysis data $\mu\text{L} / \text{L}$								
取样日期	H_2	CO	CO_2	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_2H_2	C_1+C_2
2010-12-17	19	74	317	6.99	1.45	14.02	0.47	22.93
2011-01-17	19	79	303	21.63	4.35	40.07	0.46	66.51
2011-01-28	28	59	294	29.97	5.45	52.24	0.53	88.19
2011-02-10	28	82	348	37.26	11.88	45.86	0.59	95.59
2011-02-22	24	105	242	33.26	11.49	44.08	0.54	89.37
2011-03-25	33	65	233	43.89	12.40	52.71	0.51	109.51

时,上述几种特征气体体积分数,无论总烃超过规定值,还是未达到注意值,都遵循递减规律,并说明变压器存在接触不良引起的放电兼过热性缺陷。

一般情况,采用三比值法判断变压器内部故障是非常有效的,但从表1的数据可以看出,油中特征气体 C_2H_2 最大值是 0.59 没有达到注意值 5; C_1+C_2 最大值是 109,也没有达到注意值 150,因此,不应采用三比值法对该台变压器进行故障定位^[11-12]。

由于总烃含量低的设备不宜采用相对产气率进行判断,表1中 C_1+C_2 最大值是 109,没有达到注意值 150,因此,没有理由采用相对产气率对该台变压器进行判断故障^[13-14]。

以2011年2月10日的数据为例,根据推荐的经验公式可以求出铁心故障点的最高温度为 $T=322 \times \lg(\text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6)+525=322 \times \lg(45.86/11.88)+525=714\text{ }^\circ\text{C}$

可见铁心故障点的最高温度约为 $714\text{ }^\circ\text{C}$ 。

采用四比值法分析,2011年2月10日的数据为例, $\text{CH}_4/\text{H}_2=37.26/28=1.33$ 在 1~3 之间, $\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4=11.88/37.26=0.318<1$, $\text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6=45.86/11.88=3.93$, $\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4=0.59/45.86=0.013<0.5$, 符合铁心故障的条件^[15-16]。

变压器铁心故障各组分与总烃的比率,以2011年2月10日的数据为例, $\text{C}_2\text{H}_4/(\text{C}_1+\text{C}_2)=48$, $\text{CH}_4/(\text{C}_1+\text{C}_2)=39$, $\text{C}_2\text{H}_6/(\text{C}_1+\text{C}_2)=12.4$, $\text{C}_2\text{H}_2/(\text{C}_1+\text{C}_2)=0.6$, 符合铁心故障的条件。

经过上述综合分析,初步判断变压器故障性质为铁心存在放电兼过热性缺陷。

2011年3月16日将该变压器停运,进行介质损失角、直流电阻、变比、绝缘电阻和直流泄漏电流试验,与交换试验结果比较均无异常。

当测试铁心绝缘电阻时发现铁心接地引下线与接地带处螺丝松动,拆引后发现接头连片烧损,见图1。

3 故障原因分析

铁心接地引下线与接地带处螺丝松动,接头连



图1 铁心接地引下线靠近接地端子处绝缘护套烧损情况

Fig. 1 The burning insulation jacket of the core earth deflectors at the ground terminal

片及连线已经烧损,这是导致色谱数据异常的直接原因。

由于铁心接地引下线与接地带处螺丝松动离异,铁心产生悬浮电位,当电位、能量积累到一定程度时产生悬浮电位放电,放电时,铁心接地,悬浮电位消失,放电停止后,悬浮电位又出现,如此使铁心中积累的能量不断的通过悬浮电位放电经接地引下线泄入大地。

放电的能量决定于接地引下线与螺丝离异程度,离异的距离越大放电的能量越大,如上述分析可知,故障性质为高温兼放电性事故(远远大于局部放电的能量),放电的能量来源于两个方面:一是正常负载的磁通在铁心接地铜片和接地引线的磁滞和涡流损耗,与所带负荷有一定的关系,该损耗对总损耗的影响不大;二是由于螺丝松动离异,导使铁心产生悬浮电位,造成两点之间放电,放电产生的电流在铁心接地铜片和接地引线上产生有功损耗,该损耗起决定性作用,决定事故的性质。

4 处理方法

更换接地引线,由于没有对变压器油进行处理,油色谱数据保持不变,见表2。

表 2 接地引线处理后油色谱分析数据

Tab. 2 The transformer oil chromatographic analysis data after the ground lead processing $\mu\text{L} / \text{L}$

取样日期	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	C ₁ +C ₂
2011-04-13	33	78	219	41.38	12.08	46.85	0.60	100.91
2011-05-26	24	72	366	40.73	12.46	50.10	0.58	103.87
2011-07-01	26	73	294	41.12	13.52	49.78	0.57	104.99
2011-07-11	58	102	247	41.99	13.02	47.94	0.54	103.49
2011-07-16	34	116	446	42.98	12.51	49.32	0.58	105.39
2011-07-22	32	105	485	42.88	12.44	48.06	0.52	103.90
2011-08-01	32	121	417	41.43	12.02	48.00	0.56	102.01
2011-08-15	35	126	522	41.13	12.74	49.05	0.61	103.53
2011-09-16	26	122	489	40.49	12.85	48.65	0.53	102.52

同时进行绝缘测量、工频耐压、直流电阻测试等大修试验项目,结果均符合要求。

5 结语

变压器铁心外接地引线接触不良,导致铁心产生悬浮电位,进而造成放电,引发变压器油中色谱分析数据异常,也应属于铁心故障的范畴。

参考文献:

- [1] 左文启,顾渊博,叶洪波. 变压器铁心多点接地问题的研究及实例分析[J]. 变压器,2010,47(2):49-53.
ZUO Wen-qi, GU Yuan-bo, YE Hong-bo. Research on multipoint earthing fault of transformer core and case analysis[J]. Transformer, 2010, 47(2):49-53.
- [2] 仇明. 电力变压器铁心接地故障的分析及处理[J]. 变压器,2011,48(5):72-74.
QIU Ming. Analysis and treatment of power transformer core earthing fault[J]. Transformer, 2011, 48(5):72-74.
- [3] 陈毓昌. 大型变压器铁心多点接地故障的分析与处理[J]. 高压电器,2004,40(4):310-311.
CHEN Yu-chang. Analysis and treatment of multipoint earthing faults at iron core of high capacity transformer[J]. High Voltage Apparatus, 2004, 40(4):310-311.
- [4] 王刚,沈巍,马涛. 主变压器铁心故障判断与分析[J]. 高压电器,2007,43(4):313-314.
WANG Gang, SHEN Wei, MA Tao. Treatment and analysis on core fault in main transformer[J]. High Voltage Apparatus, 2007, 43(4):313-314.
- [5] 尹克宁. 变压器设计原理[M]. 北京:中国电力出版社,2010.
YIN Ke-ning. Principles of transformer design[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2010.
- [6] DL/T 722—2000. 变压器油中溶解气体分析和判断导则[S].
DL/T 722—2000. Guide to the analysis and the diagnosis of gases dissolved in transformer oil[S].
- [7] 巩学宾,闫明发,魏晶霞. 一例变压器内部故障的油色谱

分析诊断和处理[J]. 高压电器,2008,44(3):275-276.

GONG Xue-bin, YAN Ming-fa, WEI Jing-xia. Oil chromatogram analysis of a fault inside transformer[J]. High Voltage Apparatus, 2008, 44(3):275-276.

- [8] 兰淑丽,宋昆,刘芳. 应用气相色谱法判断 500 kV 变压器故障[J]. 高压电器,2008,44(4):381-382.
LAN Shu-li, SONG Kun, LIU Fang. A case study on fault diagnosis of 500 kV transformer with gas chromatography method[J]. High Voltage Apparatus, 2008, 44(4):381-382.
- [9] 司增彦. 两起 110 kV 变压器故障的诊断与处理[J]. 高压电器,2007,43(2):157-158.
SI Zeng-yan. Diagnosis and treatment of faults in 110 kV transformers[J]. High Voltage Apparatus, 2007, 43(2):157-158.
- [10] 李义仓. 一起 330 kV 电力变压器故障的分析及经验[J]. 高压电器,2008,44(1):91-94.
LI Yi-cang. Analysis and experience of a fault in a 330 kV power transformer[J]. High Voltage Apparatus, 2008, 44(1):91-94.
- [11] DL/T 596—1996. 电力设备预防性试验规程[S].
DL/T 596—1996. Preventive test cost for electric power equipment[S].
- [12] 严文群. 变压器内部金属部件之间接触不良引起的过热故障诊断及处理[J]. 高压电器,2010,46(11):103-106.
YAN Wen-qun. Overheating fault diagnosis and treatment of transformer caused by poor contact between metal parts[J]. High Voltage Apparatus, 2010, 46(11):103-106.
- [13] 王世阁. 电力变压器故障分析与技术改进[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
WANG Shi-ge. Power transformer fault analysis and technical improvements[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.
- [14] 邹兵,李长山,黄金亮. 电力变压器铁心绝缘故障的诊断及处理[J]. 高压电器,2003,29(2):76-77.
ZOU Bing, LI Chang-shan, HUANG Jin-liang. Analysis and treatment for core insulation failure in power transformer[J]. High Voltage Apparatus, 2003, 29(2):76-77.

(下转第 127 页)

- of surge arresters in 10 kV distribution network[J]. High Voltage Engineering, 2002, 28(8): 57-58.
- [9] 蒋 伟. 配电线路防雷计算研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2007.
- JIANG Wei. Computing research for lightning protection of overhead distribution lines[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2007.
- [10] 文鸣鑫. 架空配电线路雷电感应过电压的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2004.
- WEN Ming-xin. Study of inductive voltage on overhead distribution lines[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2004.
- [11] 张利庭. 雷电对配电安全运行的影响及防范研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- ZHANG Li-ting. Research of impact and prevention of lightning on distribution network s security operation[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2008.
- [12] 刘 靖, 刘明光, 屈志坚, 等. 不同地形条件下架空配电线路的防雷分析[J]. 高电压技术, 2011, 37(4): 848-853.
- LIU Jing, LIU Ming-guang, QU Zhi-jian, et al. Comprehensive analysis of lightning performance of overhead power distribution line with varied ground obliquity[J]. High Voltage Engineering, 2011, 37(4): 848-853.
- [13] 李 琳, 齐秀君. 配电线路感应雷过电压计算[J]. 高电压技术, 2011, 37(5): 1093-1099.
- LI Lin, QI Xiu-jun. Calculation of the lightning induced voltages on power distribution line[J]. High Voltage Engineering, 2011, 37(5): 1093-1099.
- [14] 王兰义, 赵冬一, 胡淑慧, 等. 线路避雷器的研究进展[J]. 电瓷避雷器, 2011(1): 26-34.
- WANG Lan-yi, ZHAO Dong-yi, HU Shu-hui, et al. Development trends of line arresters[J]. Insulators and Surge Arresters, 2011(1): 26-34.
- [15] 施 荣, 屠幼萍, 张媛媛, 等. 避雷器改善 35 kV 配电线路耐雷水平的效果分析[J]. 电网技术, 2006, 30(19): 92-96.
- SHI Rong, TU You-ping, ZHANG Yuan-yuan, et al. Analysis on effect of improving lightning withstand level of 35 kV transmission line by MOAs as line surge arrester[J]. Power System Technology, 2006, 30(19): 92-96.
- [16] 陆小花. 架空配电线路感应雷过电压计算与防护的研究[D]. 南京: 河海大学, 2007.
- LU Xiao-hua. Research of calculation and prevention of lightning induced over-voltages on overhead distribution lines[D]. Nanjing: Henan University, 2007.
- [17] 黄兰英. 10 kV 配电线路防雷水平分析及提高方法的研究[D]. 重庆: 西南交通大学, 2009.
- Huang Lan-ying. Analysis on lightning protection level and study on method to improve lightning protection of 10 kV distribution line[D]. Chongqing: Southwest Jiaotong University, 2009.
- [18] 李晓岚, 杜忠东. 1 000 kV 特高压输电线路防绕击问题的探讨[J]. 高电压技术, 2006, 32(12): 52-54.
- LI Xiao-lan, DU Zhong-dong. Study on the lightning protection of shielding failure for 1 000 kV UHV transmission lines[J]. High Voltage Engineering, 2006, 32(12): 52-54.
- [19] 李长旭. 输电线路防雷性能研究[D]. 长春: 东北电力大学, 2008.
- LI Chang-xu. Study of transmission lines lightning protection performance[D]. Changchun: Northeastern University, 2008.
- [20] 朱时阳, 邓雨荣. 输电基于改进电气几何模型的输电线路雷电屏蔽性能研究[J]. 高压电器, 2008, 44(1): 56-58.
- ZHU Shi-yang, DENG Yu-rong. Research on shielding lightning performance of electric transmission line with the improved EGM[J]. High Voltage Apparatus, 2008, 44(1): 56-58.
- [21] 王 希, 王顺超, 何金良, 等. 10 kV 配电线路的雷电感应过电压特性[J]. 高电压技术, 2011, 37(3): 599-605.
- WANG Xi, WANG Shun-chao, HE Jin-liang, et al. Characteristics of lightning induced overvoltage of 10 kV distribution lines[J]. High Voltage Engineering, 2011, 37(3): 599-605.
- [22] DL/T 620—1997. 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合[S].
- DL/T 620—1997. Over-voltage protection and insulation coordination of alternating current[S].
- 唐 军(1988—), 男, 硕士研究生, 主要研究输电线路雷电防护与绝缘技术。

(上接第 121 页)

- [15] 陈化钢. 电力设备异常运行及事故处理手册[M]. 北京: 水利水电出版社, 2009.
- CHEN Hua-gang. Abnormal operation of electrical equipment and incident handling manual[M]. Beijing: China Water Power Press, 2009.
- [16] 陈化钢. 电气设备预防性试验方法[M]. 北京: 水利电力出版社, 1993.
- CHEN Hua-gang. Preventive test methods for electrical equipment [M]. Beijing: China Water Power Press, 1993.
- 王天施(1970—), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为供配电技术、继电保护。