

主变储油柜缺陷导致的油位异常分析及处理

罗恒, 史秋芸, 黄芬, 吴曦

(国网无锡供电公司, 江苏 无锡 214000)

摘要:针对一起主变油位异常缺陷, 结合实际油位、显示油位及温度-油位曲线, 分析了油位异常的可能原因。计算了指针式油位计摆杆长度, 对储油柜容积进行了理论计算分析, 结果表明储油柜容积至少应为主变本体油量的10%。指出现有主变存在的缺陷和误差, 并提出了处理措施和运维检修建议, 为主变验收及维护工作提供了一定的参考。

关键词:变压器; 储油柜; 容量匹配; 油位计

中图分类号: TM411

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2017)03-0105-05

0 引言

油浸式电力变压器是目前电力系统中主变器的主要类型, 其铁心和绕组应始终全部浸在变压器绝缘油中进行绝缘和冷却。变压器油温随负荷和环境温度的变化而变化, 进而引起变压器油体积发生膨胀或减小。变压器利用储油柜满足变压器油这种体积变化的容积需求, 以保证变压器油在最低温度和最高温度范围内的调节需要^[1-4]。在油浸式变压器日常巡视和维护中, 油位的观测和记录是一项基础工作, 油位过低或过高都将引起油位报警, 甚至影响变压器正常运行^[5-7]。油位异常的原因主要包括产品设计制造缺陷、安装调试时人为原因、设备构件损坏等几方面^[8-13]。在主变压器设计方面, 主要是储油柜有效容量和本体油量之间的匹配问题, 若储油柜容积过小, 将会出现油位异常现象^[14-17], 温度较高时油位偏高, 温度较低时油位偏低, 这将会直接影响主变的安全运行, 增加安全隐患和运维检修人员的工作量^[18, 19]。

1 主要异常现象

在夏日高温期间, 某供电公司检修和运行人员在巡视和检修过程中对多台主变压器的油温和油位进行了统计, 统计结果如表1和图1所示。

根据以上数据分析, 油位计显示油位与温度-油位曲线对应的理论油位相比, 存在油位明显偏高的现象。经进一步观测发现: 多台新投运主变油位升高较快, 对较高油位的主变进行放油处理后, 随着温度变化, 主变油位又产生较大偏差。该主变生产厂家所生产的该批次多台主变压器均存在油位异常的现象。

收稿日期: 2017-01-11; 修回日期: 2017-03-04

表1 主变油温及油位统计结果

Table 1 The statistic results of main power transformers oil temperature and the oil level

变压器序号	油面温度/℃	显示油位/格	理论油位/格
1	52	7	5.8
2	57	9	6.5
3	56	8	6.4
4	50	6.8	5.7
5	55	7.8	6.3
6	48	6.8	5.6
7	48	6.3	5.6
8	50	7.1	5.7
9	50	8.1	5.7
10	50	7.4	5.7
11	48	7	5.6

注: 理论油位是根据温度-油位曲线确定的。

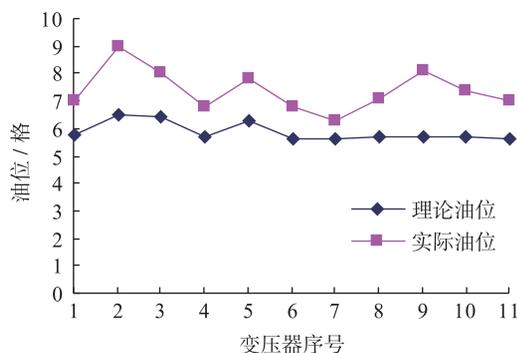


图1 主变油位对比

Fig.1 The comparison of main power transformers oil level

2 油位异常原因分析及相关计算

2.1 油位异常原因初步推断

针对本案例中多台主变出现油位异常偏高的现象, 经初步分析, 其可能原因有多种^[7-10]。(1) 主变安装调试时本体注油偏高, 温度变化后引起油位

异常;(2) 主变压器本体和调压开关油路互相渗透;(3) 油位计显示不准确,出现假油位;(4) 产品设计制造时储油柜容量偏小,导致温度升高时油位偏高。

经调查分析,该主变安装调试时,油位是严格根据油温-油位曲线调整的,因此初步排除可能原因(1)。若本体与有载调压开关相互渗透,本体油样将会含有乙炔;另外该批次产品有载开关储油柜直径小于本体储油柜直径,若相互渗透,则有载开关会高油位报警,但实际并未出现上述现象,因此排除原因(2)。

经过上述分析排查,结合主变运行情况及分析结果,初步推断油位异常的原因为(3)和(4),即油位计显示不准确;储油柜容积偏小,与本体油量不匹配。下面以表1中9号主变为例展开分析。

2.2 油位计显示准确性验证

为验证油位计显示准确性,采用2种现场实测方法。

(1) 用透明软管的一端在储油柜放油阀处联通,并将油管另一端抬高超过储油柜上沿,将油管与储油柜构成一个连通器,根据连通器原理,此时油管的油位高度即为储油柜的实际油位高度。图2为检修人员在主变现场测量实际油位。

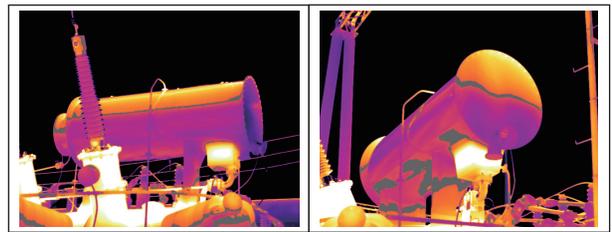


图2 主变油位现场实测

Fig.2 Field measurement of the main power transformer oil level

(2) 采用红外测温方式检测主变实际油位,图3为红外测温结果。经测量发现,储油柜油位与油位计显示结果存在一定差异(显示油位为8格左右,经实际测量,实际油位为7格左右),由此可以得出结论,油位计显示不准确。

本案例中的主变油位计均为摆杆式指针油位计,此种油位计如果机构卡涩,摆杆过长或过短、摆杆弯曲等原因均可导致其显示假油位。因此需对油位计显示不准确的根本原因进行进一步分析。通过注油和放油观察油位计指针摆动情况,发现当注油或放油时油位计指针能够随油量多少而同步



(a) 变压器红外测温正视图

(b) 变压器红外测温右视图

图3 主变油位红外测量结果

Fig.3 The infrared measurement of the main power transformer oil level

变化,经过多次试验,排除由于机构卡涩的原因导致假油位现象。另外,经过拆卸油位计摆杆观察,发现油位计摆杆并没有出现弯曲现象。由此推断,油位计显示不准确的原因可能是油位计摆杆偏短。

如图4所示,油位计的摆杆长度会直接影响摆杆偏转角度,即影响显示油位。相同的实际油位情况下,摆杆偏长时,偏转角度会偏小,从而使油位计显示的油位偏小,若主变实际运行中存在此缺陷,则可能导致实际油位偏高达到报警油位值时,油位计仍未触发报警,对主变安全运行造成严重影响;反之,若摆杆偏短,偏转角度会偏大,油位计显示的油位偏高,可能导致油位正常时发生触发报警的现象,影响主变可靠运行。

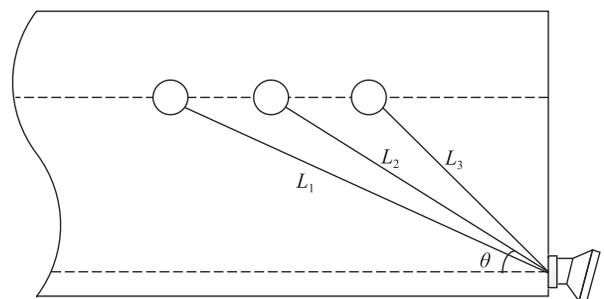


图4 不同摆杆长度时油位示意图

Fig.4 The oil levels with different length of swing-rod

2.3 油位计摆杆长度计算及分析

为验证摆杆长度是否标准,且针对摆杆长度理论值进行计算分析,如图5所示。

图5中,最低油位时摆杆浮球与储油柜底部平行,此时摆杆角度为 0° ;最高油位时,摆杆浮球与储油柜顶部胶囊袋贴平,此时油位计摆杆角度为浮球摆角最大值 45° 。故有:

$$\begin{cases} L = \frac{d}{\sin 45^\circ} \\ d = D - d_j - x - \frac{d_f}{2} \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中: L 为摆杆长度(如图5所示); d 为最高油位时浮球中心点与最低油位时摆杆之间的垂直距

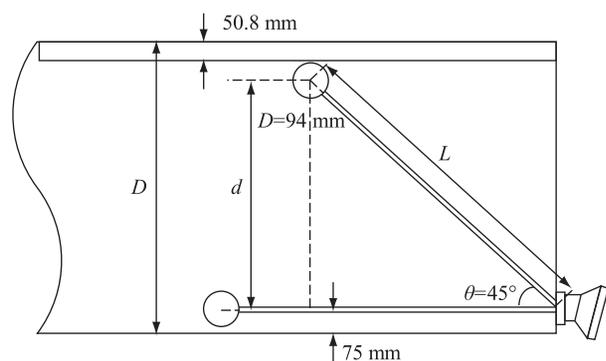


图5 摆杆长度计算示意图

Fig.5 Calculating diagram of the length of swing-rod

离; D 为储油柜直径; d_f 为油位计浮球直径; x 为油位计轴心与储油柜底部距离; d_j 为胶囊袋完全被压缩时总厚度。

本案例中主变油位计型号为 YZF2-250TH, 其相关参数为 $D=800$ mm, $d_f=94$ mm, $x=75$ mm, $d_j=50.8$ mm。上述参数代入式(1)可得 $d=627.2$ mm, $L=887$ mm。即油位计摆杆长度为 887 mm。

实际油位计转动轮有套筒,其长度为 50 mm,因此实际配置摆杆长度需减短 50 mm。为便于测量,也可用转动轴至浮球表面的长度 L' 作为摆杆长度来进行配置。即 $L'=790$ mm。根据实际测量发现,油位计摆杆长度仅为 730 mm 左右,相比计算值偏小 60 mm 左右,这也使得油位计显示油位相比实际油位偏高,即存在假油位现象。

2.4 储油柜容积的匹配计算及分析

2.4.1 储油柜容积应满足的要求

为适应和满足变压器油随着温度变化而发生的体积膨胀或减小,储油柜容积应满足以下条件:

(1) 当环境温度最低、变压器不带电时本体始终充满变压器油,储油柜依然有油;

(2) 当环境温度最高、主变以最高负荷运行时,储油柜内的油不溢出。

2.4.2 储油柜容积匹配计算及验证

根据上述储油柜容积应满足的要求,若不考虑储油柜顶部和底部存在的预留空间,储油柜容积大小应约为主变油温最大变化范围的体积变化量。可通过温度变化范围、主变油量及变压器油体积膨胀系数 K (一般取 $0.0007/^\circ\text{C}$) 计算储油柜应满足的最小容积。即:

$$\begin{cases} V_c = V_0 \times (t_{\max} - t_{\min}) \times K \\ G_c = G_0 \times (t_{\max} - t_{\min}) \times K \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中: V_c 为储油柜容积; G_c 为储油柜油重; V_0 为变压器油本体油量体积; G_0 为变压器油本体油重; K 为变压器油体积膨胀系数。

根据相关规程,取变压器最低平均油温 $t_{\min} = -25$ $^\circ\text{C}$,最高平均油温 $t_{\max} = +100$ $^\circ\text{C}$,代入式(2)计算可得储油柜容积最小应为本体油量的 8.75%,即储油柜油重应为本体油重的 8.75%。

上述计算中的 V_c 为储油柜理论最小容积,未考虑补偿系数或裕量,而实际应用中,考虑到以下因素:(1) 储油柜油位计摆杆与储油柜底部有一定高度差(见图 5),储油柜实际可起到调节作用的有效容积更小;(2) 日常运维中油样采集会造成一定油量损耗;(3) 主变允许短时过负荷运行;(4) 储油柜设计制造时应留有一定裕量。

综上所述,实际应用中的储油柜容积一般取主变本体油量的 10% 为宜。该主变的实际参数且如表 2 所示。

表 2 主变部分参数

Table 2 Parameters of the power transformer

参数	数值
本体油重/kg	16 300
储油柜型号	D 800×2800
储油柜油重/kg	1266
补偿百分比/%	7.767

根据表 2 可知该主变储油柜实际容积补偿百分数仅为 7.767%,不符合计算所需的 10%,且未达到理论计算最小值 8.75%,即储油柜容积偏小。

储油柜容积偏小,在油温较高时,可能在油温允许范围内即出现油位过高的现象,从而触发高油位报警,生产人员不得不进行放油处理;在温度较低时,可能出现低油位报警,要求生产人员进行补油处理。上述情况将增加主变运行风险,影响主变稳定运行,增加生产人员工作量。

2.5 油位异常缺陷的原因总结及处理措施

通过计算分析和现场检测,发现多台新投运主变均存在以下缺陷,也是造成油位异常的原因。油位计摆杆长度偏短及储油柜容积偏小。针对上述缺陷,提出相应整改方案。

2.5.1 油位计摆杆偏短缺陷整改方案。

(1) 根据各台主变储油柜的直径等参数,对油位计摆杆长度进行标准化配置。

(2) 申请停电,做好安全措施,拆除本体呼吸器,打开储油柜顶部闷头,将变压器储油柜中的绝缘油排到准备好的油罐中。

(3) 拆除油位计二次电缆,拆除油位计。

(4) 进行检查及测量,确定摆杆长度是否适宜,并根据计算摆杆长度,调整或更换油位计摆杆。更换摆杆之后,检查其摆动情况,确认摆动正常无卡

涩,摆杆最低时指针显示位置为0格,摆杆最高时指针显示10格。确认无误后恢复安装油位计。

(5) 确认无误后恢复安装油位计,恢复油位计二次电缆接线。

(6) 在储油柜进出油阀门处注油,直至储油柜顶部闷头有油溢出,即停止注油,关闭顶部闷头。

(7) 静止半小时后,对变压器本体上改放气处进行放气,在储油柜进出油阀门处放油至标准油位。

(8) 安装本体呼吸器,并观察呼吸器呼吸是否正常。

(9) 对二次回路中的高、低油位报警信号进行校验。

2.5.2 储油柜容积偏小问题整改方案

结合主变停电大修,与变压器厂协商,改造、更换容量适宜的储油柜,制定储油柜增容改造计划。由于储油柜改造工程量较大,需停电时间较长,可采取临时处置方案。在气温较低季节时油温较低,易造成油位偏低现象,严重时将导致低油位报警(本体轻瓦斯发信),可将主变油位保持较高水平;在气温较高季节时,将主变油位保持较低水平。另外,在主变日常运行过程中,注意记录主变油位变化情况。再申请主变停电检修,逐台进行储油柜增容改造。

3 结语

(1) 指针式油位计摆杆长度直接影响油位计显示结果,若长度不适宜将形成假油位现象。应根据储油柜容积大小及直径等参数,通过计算确定油位计摆杆的准确长度。

(2) 经过计算分析,储油柜容积满足的补偿百分数应为10%左右。实际运行中,若储油柜容积偏小,则会导致温度较高时油位偏高,温度较低时油位偏低,影响主变正常运行。

(3) 在主变出厂验收和安装调试工作中,对于参数设计缺陷问题不易察觉,尤其对于储油柜容积偏小这一缺陷,整改较为困难,工作量大。因此,应注意加强主变出厂前的监造及检查和验收,增加储油柜容量校核的工作,核对主变油温-油位曲线设计范围是否适宜。

(4) 在日常运维检修中,应加强油温油位的巡视记录,针对油位异常主变压器,开展定期特巡工作。运用红外精确测温等多种方式进行油位实测及校核,绘制真实油位包络线,对油位异常情况进行分析,总结缺陷原因并制定相应处理方案。

参考文献:

- [1] 周晓凡. 变压器检修[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010: 25-56.
ZHOU Xiaofan. Transformer maintenance [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2010: 25-56.
- [2] 金栋林. 电机与变压器维修技术问答[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014: 43-55.
JIN Donglin. The questions and answers of motor and transformer maintenance technology [M]. Beijing: Chemistry Industry Press, 2014: 43-55.
- [3] 刘强, 陈伟, 周晴晴, 等. 一起110 kV主变故障的综合分析诊断[J]. 江苏电机工程, 2010, 29(6): 17-18, 21.
LIU Qiang, CHEN Wei, ZHOU Qingqing, et al. Comprehensive analysis and diagnosis on an accident of 110 kV main transformer fault [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2010, 29(6): 17-18, 21.
- [4] 王瑞明, 侍海军, 杨琼, 等. 基于改进自适应遗传算法的电力变压器优化设计[J]. 江苏电机工程, 2005, 24(4): 46-48.
WANG Ruiming, SHI Haijun, YANG Qiong, et al. Optimum design of power transformer based on an improved adaptive genetic algorithm [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2005, 24(4): 46-48.
- [5] 刘健, 解辰, 蔺丽华. 基于红外图像的电力变压器油位自动检测方法[J]. 高电压技术, 2010, 36(4): 964-970.
LIU Jian, XIE Chen, LIN Lihua. Automatic detection of oil level of electric power transformers using infrared image [J]. High Voltage Engineering, 2010, 36(4): 964-970.
- [6] 高来志, 董佳佳. 胶囊式储油柜指针式油位计油温油位关系曲线图的制作[J]. 变压器, 2016, 53(1): 51-54.
GAO Laizhi, DONG Jiajia. Drawing of oil temperature and oil level curve of pointer-type oil level indicator for conservator with rubber bag [J]. Transformer, 2016, 53(1): 51-54.
- [7] 杨荆林, 谢超, 李乾坤, 等. 穗东站换流变压器本体油位异常分析及带电处理[J]. 南方电网技术, 2013, 07(6): 63-65, 103.
YANG Jinlin, XIE Chao, LI Qiankun, et al. Analysis of the oil level abnormality of converter transformer body at suidong substation and its on-line disposal [J]. Southern Power System Technology, 2013, 07(6): 63-65, 103.
- [8] 吉瑞, 雍丽华. 胶囊式储油柜假油位故障的原因分析及处理[J]. 电力安全技术, 2013(11): 15-18.
JI Rui, YONG Lihua. Capsule type oil storage tank false oil processing and the analysis of the causes of failure [J]. Electric Safety Technology, 2013(11): 15-18.
- [9] 李威. 大型变压器产生假油位的原因分析及处理方法[J]. 变压器, 2008, 45(3): 70.
LI Wei. Analysis and processing method on the causes of false oil level of large transformer [J]. Transformer, 2008, 45(3): 70.
- [10] 何晓迪. 变压器假油位的分析、处理及注油方法的探讨[J]. 电气制造, 2014(11): 44-46.

- HE Xiaodi. Analysis and processing of transformer false oil level and the filling method [J]. Electrical Manufacturing, 2014(11): 44-46.
- [11] 申会平, 邓桂勇. 变压器胶囊式油枕与金属波纹式油枕的对比分析[J]. 中国科技纵横, 2015(5):146-146.
- SHEN Huiping, DENG Guiyong. Contrast and analysis of capsule type transformer oil pillow and metal corrugated type oil pillow[J]. China Science & Technology Panorama Magazine, 2015(5): 146-146.
- [12] 齐大勇, 沈 倩, 刘 明, 等. 变压器储油柜及其常见问题浅析[J]. 山东电力技术, 2008(6):61-64.
- QI Dongyong, SHEN Qian, LIU Ming, et al. Brief discussion on transformer's oil conservator and it's common problem[J]. Shandong Electric Power, 2008(6):61-64.
- [13] 陈如龙. 变压器储油柜存在问题及其对策分析[J]. 广东科技, 2014(24):77-79,76.
- CHEN Rulong. The problems and countermeasures analysis of transformer oil storage conservator[J]. GuangDong Science & Technology, 2014(24):77-79,76.
- [14] 于在明, 李学斌, 李 斌, 等. 变压器储油柜存在主要问题分析[J]. 东北电力技术, 2015,36(3):10-12.
- YU Zaiming, LI Xuebin, LI Bin, et al. Problems and solutions to transformer oil conservator[J]. Northeast Electric Power Technology, 2015,36(3):10-12.
- [15] 王泽峰. 一种新型主变油枕在电力系统中的应用[J]. 电工技术, 2004(12):13-14.
- WANG Zengfeng. Application of a newly-cabinet filled with oil in power system[J]. Electric Engineering, 2004(12):13-14.
- [16] 杨柏俊, 魏彩霞, 陈绪良, 等. 储油柜中指针式油位表油位曲线的制作[J]. 变压器, 2008,45(7):25-28.
- YANG Baijun, WEI Caixia, CHEN Xuliang, et al. Drawing of oil level curve of pointer oil level indicator for oil conservator[J]. Transformer, 2008,45(7):25-28.
- [17] 张霁月, 王维娟. 对一种主变压器油温油位关系的校验分析[J]. 安徽电气工程职业技术学院学报, 2014(3):14-17.
- ZHANG Jiyue, WANG Weijuan. Check analysis of a relationship of oil temperature and oil level of main transformer[J]. Journal of Anhui Electrical Engineering Professional Technique College, 2014(3):14-17.
- [18] 陈 乐. 110 kV 变压器油枕油位低报警故障处理[J]. 自动化应用, 2012(6):70-71.
- CHEN Le. Fault treatment of oil pillow low oil level alert of 110 kV transformer [J]. Automation Application, 2012(6):70-71.
- [19] 李海宇, 陈 泳, 汤销斌, 等. 浅析变压器呼吸器和油位计的原理及运维注意事项[J]. 机电信息, 2013(36):66-67.
- LI Haining, CHEN Yong, TANG Xiaobin, et al. Analysis of the principle of transformer respirator and oil level meter and operational considerations [J]. Mechanical and Electrical Information, 2013(36):66-67.

作者简介:



罗 恒

罗 恒(1988—),男,陕西安康人,工程师,从事变电检修工作;

史秋芸(1989—),女,安徽宣城人,工程师,从事变电检修工作;

黄 芬(1976—),女,江苏宜兴人,高级工程师,从事变电压及绝缘监测、变压器设备检修工作;

吴 曦(1980—),男,江苏武进人,高级工程师,从事变电运维工作。

Analysis and Treatment of Oil Level Abnormity Caused by Defects in Main Transformers

LUO Heng, SHI Qiuyun, HUANG Fen, WU Xi

(State Grid Wuxi Power Supply Company, Wuxi 214000, China)

Abstract: The possible causes of the oil level abnormity were analyzed for the main transformer oil level abnormal defects, combined with the actual oil level, showed oil level and temperature-oil level curve. The length of pointer-type oil level swing-rod was calculated. The capacity of oil conservator was calculated and analyzed, and results show that it should be at least 10% of the body oil volume of main transformers. Defects and errors of existing main transformers were pointed out, and treatment measures and operational maintenance suggestions were put forward, which provides a reference for the main transformer acceptance and maintenance work.

Key words: power transformer; oil conservator; volume matching; oil level detector

(编辑 徐林菊)