

一起主变压器色谱异常故障的原因分析及处理

蒋燕, 石红

(重庆电力高等专科学校电力工程系, 重庆 400053)

Analysis and Disposal on the Abnormal Chromatogram Fault of Main Transformer

JIANG Yan, SHI Hong

(Chongqing Electric Power College, Chongqing 400053, China)

摘要: 某厂 500 kV 主变压器, 采用三相组式变压器, 2004 年 12 月 16 日, 2 号主变 B 相变压器油色谱出现总烃含量偏高事件, 根据 2 号 B 相变压器吊罩后的全面检查和试验, 对可能存在的故障模式逐项进行罗列和分析, 对各种故障模式发生的可能性高低程度进行了排列, 并对可能的故障原因进行了论证, 提出了造成这起设备异常事件最可能的原因, 并给出了建议性改进措施。

关键词: 主变压器; 乙炔; 铁心; 多点接地; 分析

中图分类号: TM411.2

文献标识码: B

Abstract: The acetlene of a 500 kV 3-phase main transformer in one factory is detected in the oil chromatogram in phase B. After the cover of the transformer is removed, the overall checkup and testing are carried out, and the possible fault modes have been listed and analyzed. Through analyzing item by item, the probability level degrees of the various fault modes are arranged. The causes of faults are demonstrated, and the most possible reason caused this transformer abnormal incident is put forward. The improvement measure is proposed.

Key words: main transformer; acetylene; core; multi-grounding; analysis

0 引言

某电厂 500 kV 主变压器, 由 3 台 378 MV·A 的

单相变压器组成。2004 年 12 月 16 日, 在对 2 号主变压器油样进行定期油色谱分析时, 发现 2 号主变压器 B 相油中出现 0.54 $\mu\text{L/L}$ 的乙炔, 同时氢气含量 15.87 $\mu\text{L/L}$, 总烃含量 99.27 $\mu\text{L/L}$, 与 A、C 两相相比明显偏高(约为 A、C 相的两倍)。针对本次主变压器色谱异常事件, 根据全面检查和试验结果, 采用“可能的故障模式分析方法”逐项分析, 对各种故障模式发生的可能性、高低程度进行了排列, 并对可能的故障原因进行论证, 提出了造成这起设备异常事件最可能的原因。

1 “可能的故障模式”分析方法及过程

1.1 事件发生后的处理

事件发生后, 根据三相结果对比, 以及按照三比值法计算的对应编码组合为 0, 2, 1, 判断变压器内部可能存在着中温过热型故障(热点温度在 300~700 $^{\circ}\text{C}$)。之后, 对主变 B 相每天取两次油样跟踪分析, 以监督变压器的运行工况。连续跟踪检测结果见表 1, 可以看出气体含量在近半月内无明显变化。

随着大修计划的安排, 2 号主变压器于 2004 年 12 月 31 日进入停电检修状态。对更换下来的 B 相变压器在现场进行吊罩检修。由制造商派出的专家对变压器内部状况进行了详细检查, 在高低压侧绕组以及引出线上没有发现异常, 在分接开关引线等电气回路方面也未发现故障现象。按照绝缘检查项

表 1 主变 B 相油中溶解气体分析结果

取样日期	$\mu\text{L/L}$							总烃注意值 ≤ 150	总可燃气	状态说明
	H ₂ 注意值 ≤ 150	CO	CH ₄	CO ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂ 注意值 ≤ 1			
04-12-16	15.87	77.70	38.20	892.58	37.24	23.29	0.54	99.27	192.84	首次发现乙炔
04-12-18	15.95	83.41	40.32	940.72	42.60	25.27	0.55	108.74	208.10	
04-12-20	17.18	84.48	41.74	975.64	37.74	19.13	0.56	99.17	200.83	
04-12-24	18.30	85.10	45.10	1 112.00	40.80	20.90	0.50	107.30	210.60	
04-12-28	15.84	73.62	37.62	886.05	33.46	16.89	0.47	88.44	177.90	
04-12-29	16.18	73.97	37.69	918.87	34.03	17.25	0.43	89.40	179.55	主变停运检修

收稿日期: 2006-02-24

作者简介: 蒋燕(1965-), 女, 讲师, 长期从事高压电气设备运行及检修教学管理及培训工作。

目,也没有发现异常点。

1.2 “可能故障”初步分析过程

按照可能模式进行罗列和分析,其论证结果见表 2。

根据变压器全面吊罩检查和试验结果,以及对上述故障模式的可能性高低的排查分析,在由国外制造商、国内变压器专家参与的故障分析讨论会上,认为可基本排除电回路故障的可能性,磁回路上存

表 2 变压器内部故障可能存在的故障模式

序号	可能的故障模式	支持的证据	反对的证据	可能性
1	绕组故障			
1.1	引线连接端子接触不良	在一个端子接触面上发现有黑斑痕迹,怀疑轻微过热	低压绕组直流电阻测量结果合格,引线外观检查和绝缘检查正常。	低
1.2	低压绕组匝间、层间短路故障	无	油中 CO, CO ₂ 无异常,且与 A, C 相基本一致。低压绕组直流电阻测量结果合格。	低
1.3	高压绕组匝间、层间短路故障	无	油样显示 CO, CO ₂ 无异常,且结果与 A, C 相基本一致。高压绕组直流电阻合格。	低
2	铁心故障			
2.1	铁心多点接地故障	两半铁心之间绝缘为零,形成环路(多点接地)	铁心对地绝缘测量合格。	高
2.2	铁心局部过热故障	部分铁心外观检查不到	铁心对地绝缘合格,可视部分外观检查无异常。	低
2.3	铁心夹(构)件短路故障	低压侧夹梁与侧梁螺栓绝缘套有过热痕迹。	对所有夹件(结构件)进行绝缘检测,测量结果合格。	中低
3	有载调压开关故障			
3.1	分接开关接头及高压引线接触不良	无	外观检查无异常。	低
3.2	调压开关小油室与主油箱间密封不严	无	通过压差试验表明密封无泄漏。变压器主油箱乙炔含量约在 0.5 μL/L,而调压开关小室乙炔含量高达 386 μL/L。	低
4	油和纸绝缘故障	是否存在局部热点造成绝缘老化、强度下降?	油中水含量等常规试验项目均合格,油样 CO, CO ₂ 结果显示无固体绝缘过热征兆,外观全面检查无异常。	低
5	外部箱体焊接	外部箱体焊接后影响油样结果	之前在该相主变上没有进行过焊接工作。	低
6	油流带电	无	6 台主变设计、运行工况相同,绕组对地绝缘合格。2004 年 12 月 16 日发现乙炔后至 12 月 29 日,乙炔含量基本稳定, H ₂ 含量正常。	低

在故障的可能性较大。初步认为 B 相主变压器铁心出现多点接地,以致在短路点形成局部过热是导致变压器内部产生乙炔的直接原因。

2 故障定位及其原因分析

2.1 变压器油色谱分析

变压器油色谱分析中主要成分排序为 C₂H₄-CH₄-C₂H₆-C₂H₂, 依照经验分析 C₂H₄ 最高以及这种排列是铁心多点接地的特征表现。

2.2 故障定位

对吊罩后的 B 相主变压器,内部可能存在的故障进行了进一步的确认检查。

变压器铁心结构见图 1。铁心采用分半设计,在两半之间装有 3 个绝缘板。对变压器铁心各个部分之间分别测量绝缘,以确定故障隐患所在,当将铁心 1 和铁心 2 两部分连接片分开后,对铁心各部分进行绝缘检测的结果见表 3。

从表 3 的结果看,铁心 1B 和铁心 2C 之间存在绝缘缺陷,由于在其 6 mm 油隙中存在 25.6 Ω 的电阻,使得变压器整体铁心形成了两点接地,依此形成的短路环流在这短路处产生局部过热。另由于变压器两部分铁心之间绝缘结构设计的特点,使得在两

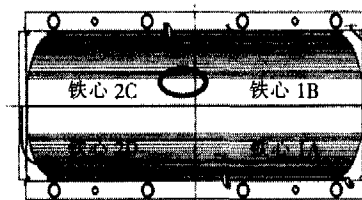


图 1 变压器铁心结构(俯视图)

铁心之间即无法实现外观检查,也容易让掉入的金属屑等杂物保持在铁心间的绝缘板上。

根据前期的试验和整体的内部检查结果,可以进一步确认变压器两半独立铁心之间出现短路(形成多点接地)过热是导致 B 相主变压器油色谱中出现乙炔特征气体的直接原因。

2.3 引起故障的原因

由于变压器的结构设计特点,在对低部凹槽内的铁心定位上,两台变压器解体检查均发现在侧面的定位垫块脱落,但定位螺栓并没有变形或改变位置。因此,最大可能是铁心变形所造成。而铁心之所以会发生变形是由于铁心采用分半设计时,在两半之间采用的 3 个绝缘板并不能够有效地阻止铁心局部变形。因此,在变压器运输过程中或变压器运行振动影响下这种结构设计会表现出缺陷。另一方面,这

表3 变压器铁心之间的绝缘检测结果(2500V,要求 $\geq 5\text{M}\Omega$)

	铁心 1A/1B	铁心 1A/2C	铁心 1A/2D	铁心 1B/2C	铁心 1B/2D	铁心 2C/2D
万用表	10 M Ω	5.4 M Ω	∞	25.6 Ω	∞	∞
数字 M Ω 表	36.0 M Ω	189 M Ω	38.1 M Ω	35.0 M Ω	131.0 M Ω	6.32 M Ω

种设计在变压器装配好后异物是很难进入两铁心之间第1个绝缘板的下部,但如果制造过程遗留金属屑在两半铁心之间,则很难处理。对于2号主变压器自调试、商业运行以来,这次大修是变压器的第1次大修,所以,变压器内部的故障是制造过程所产生的隐患,亦或设计方面存在不足,使得变压器在运行后逐渐发展形成。

在实际故障点无法检查到的情况下,根据以上分析和推理,判断认为,变压器的制造质量不良或铁心结构设计可能存在不足是变压器运行后内部出现过热故障的根本原因。

3 措施及建议

鉴于目前故障特征比较轻微,所以突发故障的可

能性不大,经专家讨论分析确定,该变压器继续保持运行,并连续跟踪油色谱含量的变化情况,分析和监督故障的发展和变化趋势,根据状态检测情况决定变压器是否连续运行或停机检修(设有备用变压器)。

为了对该变压器今后的运行应作好状态检测和故障诊断工作,建议在变压器上安装油中溶解气体在线监测装置^[1],以提高对变压器工况的监督和防止故障的发生或扩大。

要求制造厂延长变压器的保修期或承诺在适当时候对变压器返厂检修,以彻底消除缺陷。

参考文献:

- [1] 王晓莺. 变压器故障与监测 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

(上接第477页)

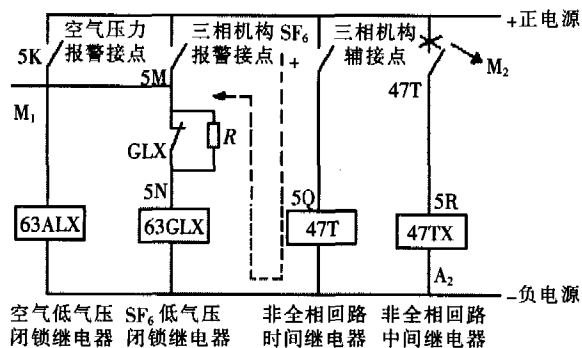


图2 5011 开关机构原理图

注:虚线为5011开关A相跳开后断路器辅接点闭合,正电位沿该线启动了操作箱的闭锁继电器;M₁为启动操作箱闭锁回路,动作后闭锁分、合闸回路同时发出闭锁信号;M₂为2002年非全相回路解除点;A₂为此处接线松动造成负电源丢失。

2 防范措施及建议

对5011开关机构箱先做以下处理:拧紧机构内

非全相中间继电器接线A₂,恢复负电源。同时,在该开关机构内低气压报警回路和非全相回路均未采用时,为了彻底避免寄生回路,消除运行中的安全隐患,进行了如下处理:拆除SF₆低气压闭锁中间继电器的5N线头、拆除非全相时间继电器的5Q线头、拆除非全相中间继电器的5R线头。通过相关回路的试验验证,开关恢复正常。

建议:①对于所有的开关,出厂后机构内有许多元件和回路不用时,一定要仔细验收;②当不用某回路须拆除时,不能只对某个辅助接点进行拆除,一定要仔细考虑整个回路上的关联,以避免寄生回路的产生。

参考文献:

- [1] 陈化钢, 张开贤, 程玉兰. 电力设备异常运行及事故处理 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998.

简 讯

《第18届CIRE2005年配电开关设备文集》

该书介绍了有关配电开关设备的论文,共分中压开关设备、变电站、断路器、重合器及其它电器4部分。在中压开关设备方面,介绍了几种中压开关柜的新方案;在断路器方面,介绍了特瑞德公司开发出的新一代配单稳态永磁机构的真空断路器;在重合器及其它电器方面,介绍了特瑞德公司为中压重合器绝缘设计提供的一种替代方法,结合SF₆和固体绝缘特性,通过改善制造过程,从而改进其特性。

该文集由西安高压电器研究所信息室编译,联系电话:029-84225623。