

500kV 变压器局放试验异常的分析 and 处理

林瀚伟

(国网福建省电力有限公司超高压公司 福建省福州市 350000)

摘要: 500kV 变压器作为电力系统中的关键设备,其安全可靠运行对电网的稳定性至关重要。局放试验是评估变压器绝缘性能的重要手段之一。文章以某 500kV 电力变压器为研究对象,该变压器在运行时,出现局部放电电量超标现象。结合该实际案例,阐述检验过程,并提供异常处理对策。希望文章研究,可以为我国变压器正常运行提供更多保障。

关键词: 500kV 变压器;局部放电;试验检验;异常分析;故障处理

Abstract: As a key equipment in the power system, the safe and reliable operation of 500kV transformer is crucial to the stability of the power grid. The partial discharge test is one of the important means to evaluate the insulation performance of transformers. This paper takes a 500kV power transformer as the research object, and the partial discharge amount exceeds the standard during operation. Based on this actual case, the inspection process is explained and abnormal handling countermeasures are provided. It is hoped that the study of the article can provide more guarantees for the normal operation of transformers in China.

Key words: 500kV transformer; partial discharge; Test inspection; anomaly analysis; Troubleshooting

引言: 500kV 变压器作为电力系统中的关键组件,其安全和可靠运行对电网稳定性至关重要。局放试验是评估变压器绝缘性能的一项关键测试,用于检测潜在的故障和问题。在研究过程中,围绕局放试验开展目标,强调其在变压器运行中发挥的重要作用。然后,详细阐述局部放电的位置、频率等信息,总结导致故障出现的影响因素,最后,通过异常分析,确定局部放电的源头和故障原因,这对于降低故障安全风险、避免安全隐患发生有重要作用。

1 研究案例阐述

文章以某电厂内的一台 500kV 主变压器为研究对象,在 2022 年 11 月 15 日,该主变压器出现一起短路故障。经过详细分析,故障类型为 A 相接地短路,故障导致该变压器本体和相配套的 A 相套管均出现局部破裂情况。为了避免造成更大负面影响以及尽快恢复电力,以最短时间选取一台规格的备用变压器,将发生故障的变压器取代,备用变压器各项参数如下表 1 所示。为了确保备用变压器正常发挥作用,对该设备进行绝缘试验和外施耐压试验,最终结果证明,备用变压器均符合要求。但在现场进行长时感应电压试验时,该设备出现局部放电超标情况。且变压器 B 相升高座靠近变压器油箱位置存在异响,针对这一问题,及时开展排查和检测工作,最终借助现代化技术,成功确定故障成因和来源,并采取有效对策消除局部放电超标和异常响声问题,保证变压器正常运行^[1]。

表 1 替换的备用变压器参数总结表

型号	ODFS-250000/500
额定容量/(MV·A)	250/250/80
额定电压/kV	$(525/\sqrt{3})/(230/\sqrt{3} \pm 2 \times 2.5\%)/36$
额定电流/A	442.8/12 002.8
联结组别	Ia0i0
空载损耗/kW	169.3
空载电流/%	0.16
绝缘水平/kV	高压绕组首端 AC 680
	高压绕组尾端 AC 140
	低压绕组 AC 55
电容量/nF	高压-低压及地 15.13
	低压-高压及地 34.07
	高压-低压-地 32.75

2 长时感应电压试验阐述

针对上文阐述的故障案例信息,文章以长时感应电压试验、油色谱分析等方法为基础,验证该变压器局部放电电量超标和异常响动发生原因。

2.1 试验方法概述

长时感应电压试验是一种用于评估电力设备、电气系统或电缆的绝

缘性能和耐受能力的试验方法^[2]。它通常用于检查设备是否能够在正常运行条件下长时间耐受电压应力,以确保安全运行和可靠性。

2.1.1 测试目的

该方法主要负责评估电力设备或者电缆等绝缘系统能否长时间在额定电压或者过电压条件下运行。如果其无法长时间满足需求,会影响其运行可靠性。除此之外,该方法还可以检测设备绝缘系统存在的缺陷,如材料问题、老化情况等^[3]。

2.1.2 测试装置

测试过程中,需要采取特殊的高电压发生器和变压器提供测试所需的电压,绝缘系统在测试过程中,为了保证检测质量,一般放在油槽中进行检验。

2.2 试验前期准备工作

在进行长时感应电压试验之前,以 450kW 变频电源柜作为电源,该设备输出频率可调范围为 30Hz—300Hz,该设备供给容量为 450kVA 的中间变压器,该设备可以满足串联、并联使用需求,设备低压绕组为 350/400/450V,高压输出为 2×5/10/35kV。其中中间变压器高压侧供给被试变压器的低压侧单边施加试验电压,被试变压器容性无功用电抗器补偿。其中试验各部分接线线路如下图 1 所示。

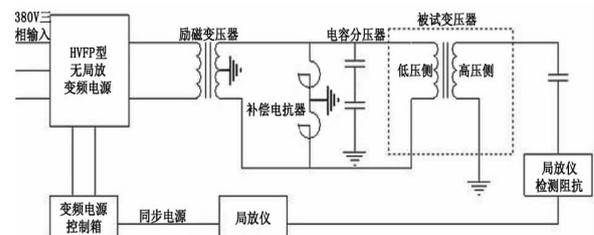


图 1 主变压器长时感应电压试验接线图

试验过程中,电压和加压程序需要严格按照规范要求进行,应满足 GB1094.3-2017《电力变压器 第 3 部分:绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空间》、GB/T 7354-2018《高电压试验技术局部放电测量》等一系列要求。该试验加压程序如下图 2 所示。

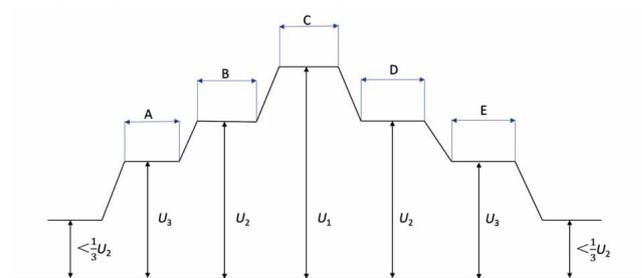


图 2 加压程序图

除此之外,该试验检测过程中,长时感应电压试验过程中各阶段施

加的电压值见下表 2, 施加电压的时长见下表 3。

表 2 长时感应试验过程中施加的电压数据总结表

测量电压/kV (系统额定电压 $U_r = 525kV$)	低压侧加压电压/kV
$U_1 = 1.8U_r / \sqrt{3} = 545.60$	28.50
$U_2 = 1.58U_r / \sqrt{3} = 478.91$	24.70
$U_3 = 1.2U_r / \sqrt{3} = 363.73$	20.90

表 3 长时感应电压施加电压时间数据总结表

加压时段	加压时间/t (单位: min 和 s)
A	5min
B	5min
C	$120 \times \frac{\text{额定频率}}{\text{试验频率}} = 42s$
D	60min
E	1min

2.3 试验过程

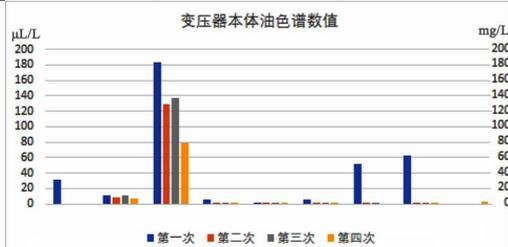
从整体角度来看, 长时感应电压试验过程如下: 首先, 将待测的变压器连接到高电压源, 电压逐渐升高到额定或过电压水平。其次, 达到试验电压水平之后, 电压维持一段时间, 从而评估待测设备绝缘系统的长时间耐受性, 且测试过程中, 实时监测记录数据。最后, 总结记录的绝缘系统电流数据、温度数据等信息, 整理分析, 做出评估^[4]。

具体来看, 结合上图 2、表 2 和表 3, 规范按照相关数据进行加压, 经过测试, 最终发现, 变压器 A 相、C 相均符合要求, 但 B 相在加压过程中, 存在局部放电超标情况, 与此同时, 变压器 B 相升高座内贴近变压器本体位置, 出现异常响声, 经过多次监测, 发现变压器 B 相局放趋势和异常响声保持同步。综合分析, 发现变压器升高座高压引线屏蔽筒存在问题, 内里有气泡存在。针对这一现象, 为了更为全面定位试验故障和来源, 采取油色谱分析等方法, 对故障进行深度分析。

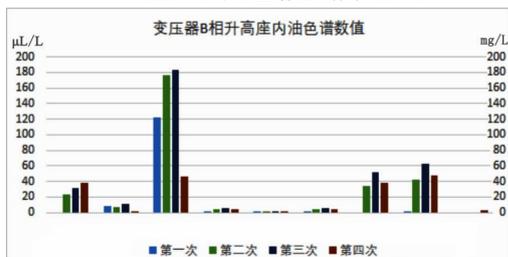
进行油色谱分析过程中, 应遵循规范性、科学性原则。参考 B50150-2016《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》相关要求进行检查。该结果见下图 4 和表 4。

表 4 长时感应电压试验相关数据和处置方式总结表

试验次数	局放量超标电压值	处置方式
第一次试验	$U_2 / U_{PD} < U_1$	滤油、油循环
第二次试验	$U_{PD} \approx U_1$	放油、人孔观测、注油
第三次试验	$U_{PD} \approx U_1$	更换升高座内油, 油循环
第四次试验	$U_2 / U_{PD} < U_1$	解体, 查找故障位点



(a) 变压器本体油色谱检测数值总结图



(b) 变压器 B 相升高座内油色谱检测数值总结图

图 4 变压器油色谱检测数值总结图示

2.4 局部放电异常分析

研究的变压器绝缘油冷却方式为强迫油循环方式。从外形结构角度来看, 出现故障的 B 相位置升高座结构较为简单, 绕组排列方式按照“从内到外的低压-高压”方式排列^[5]。结合以往经验来看, 由于 B 相升高座并没有复杂结构, 其出现悬浮放电、沿面放电现象较为少见。同时, 将待检测变压器暂停长时感应电压试验后, 静置半小时, 发现 B 相升高座内有气体出现, 为了确保结果准确性和具备参考价值, 多次重复这一过程, 总共开展四次试验, 前三次只是静置后检测是否有气体出现, 第四次对气体性质进行检测, 发现产生的气体具备可燃性, 结合油色谱试验数据分析, 该类气体主要为烃类气体。

2.5 试验结果总结

结合上文开展的长时感应电压试验和油色谱试验等检测结果以及解体检查等信息数据来看, 研究的变压器之所以出现局放试验异常现象, 主要故障集中在 B 相区域内。该变压器 B 相升高座和变压器油箱通过油管、油路实现联通, 依托油循环实现绝缘油冷却, 由于多种因素影响, 导致 B 相升高座内油循环难以充分进行, 此时升高座内部便出现“窝气”情况, 这是上述试验中出现有气体产生的主要原因。同时, 升高座内高压引线金属屏蔽筒和变压器油箱等依托油路实现连接, 这也在一定程度上增大“窝气”风险^[6]。

结合试验结果来看, 通过过滤油和高真空处理可以有效对局部放电超标问题, 在围绕长时感应电压试验过程和相关数据分析, 出现局部放电超标问题成因是 B 相升高座内气体放电。

3 处理对策

结合上文分析结果来看, 针对备用变压器再次投入使用的情况而言, 老旧设备由于长期不曾得到应用, 其各项性能存在不可控性, 安全风险显著提升, 为了确保其在应用时, 充分发挥效用, 避免出现安全隐患, 在投入使用之前, 需要对其做好检查管理工作, 按照规范要求, 对该设备进行性能检测和设备检查, 遵循科学化流程, 安排专业人员进行检修和实施预防性试验, 确定该设备各项性能符合标准, 预防性试验合格之后, 才能投入使用^[7]。

针对变压器升高座内气体放电现象, 可以通过拓宽高压器升高座、油箱之间的油循环路径进行缓解, 从而避免升高座出现局部放电超标情况, 实现安全、稳定循环。除此之外, 针对这一问题, 也可以采取降低变压器升高座内高压引线均压筒窝气量、提高升高座内高压引线均压筒内壁光滑度、拓宽变压器绕组出线 and 高压引线连接处绝缘子孔径等方法进行处理, 均可以降低升高座内气泡聚集发生率, 避免局部放电超标问题出现。

结语

本文以某 500kV 高压变压器局部放电超标异常情况为研究基础, 结合该案例, 详细阐述 500kV 变压器局放试验中的异常情况, 并通过试验结果分析异常情况来源和故障成因。通过精确的异常源头定位, 可以针对性提出处理对策, 更高效完成恢复变压器运行状态。该案例的分析, 进一步积累关于 500kV 变压器局放超标问题检测和解决的经验, 为同类型设备异常问题处理提供参考。

参考文献:

- [1]何金海,江波,姚文吉,等.一起 110kV 变压器铁心多点接地故障的跟踪分析与现场处理[J].湖北电力,2022,46(1):107-112.
- [2]黄胜茂,吴新柱.500kV 厂变感应耐压带局放试验闪络放电分析[J].电力安全技术,2021,23(12):41-43.
- [3]安义岩,张星宇,刘天奇,等.±800 kV 换流变压器局放试验双端加压技术研究[J].内蒙古电力技术,2021,39(05):22-26.
- [4]谈翀,杨在葆,韩凯,等.一例 1000kV 单相自耦变压器局部放电故障的诊断与分析[J].变压器,2021,58(07):59-62.
- [5]胡啸宇,丁国成,张晨晨,等.一起 500kV 变压器局放超标及油色谱异常的分析与处理[J].变压器,2021,58(3):80-83.
- [6]李鹏,李飒,杨海超,等.一起 500kV 变压器局部放电试验异常的分析处理[J].变压器,2020,57(6):85-87.
- [7]叶大卫.某换流变压器现场局放试验数据异常的分析及处理[J].中国金属通报,2019(7):180-181.