

绝缘油试验判定充油电气设备故障原因的方法分析

童智¹ 全文静²

1 国网武汉供电公司江夏区供电公司 2 国网武汉供电公司变电检修分公司

DOI:10.12238/etd.v5i6.10964

[摘要] 本文聚焦于绝缘油试验在判定充油电气设备故障原因方面的应用。阐述了绝缘油在充油电气设备中的重要作用以及其特性与设备运行状态的关联。详细介绍了多种绝缘油试验方法,包括电气性能试验、物理化学性质试验等,深入分析了如何依据试验数据,如绝缘油的击穿电压、介质损耗因数、微水含量、酸值等指标的变化,来准确判断充油电气设备可能存在的故障类型,如局部放电、过热、受潮等。通过实际案例说明了绝缘油试验在故障诊断中的有效性,为电力系统运维人员提供了系统的绝缘油试验故障判定方法与思路,有助于提高充油电气设备的运行可靠性与故障排查效率。

[关键词] 绝缘油试验; 充油电气设备; 故障原因; 电气性能; 物理化学性质

中图分类号: TH183.3 **文献标识码:** A

Analysis of the Methods for Judging the Fault Causes of Oil-Filled Electrical Equipment by Insulating Oil Tests

Zhi Tong¹ Wenjing Quan²

1 State Grid Hubei Electric Power Company 2 State Grid Hubei Electric Power Company

[Abstract] This paper focuses on the application of insulating oil test in determining the cause of oil-filled electrical equipment. The important role of insulating oil in oil-filled electrical equipment and the correlation between its characteristics and equipment operation status are described. Details introduces a variety of insulating oil test methods, including electrical performance test, physical and chemical properties test, etc., deeply analyzed how according to the test data, such as insulating oil breakdown voltage, dielectric loss factor, micro water content, acid value index change, to accurately judge the oil filling electrical equipment may exist fault type, such as local discharge, overheating, damp, etc. This paper explains the effectiveness of insulating oil test in fault diagnosis, and provides the fault determination methods and ideas for the operation and maintenance personnel of the power system, which is helpful to improve the operation reliability and troubleshooting efficiency of oil-filled electrical equipment.

[Key words] insulating oil test; oil-filled electrical equipment; cause of failure; electrical properties; physical and chemical properties

充油电气设备在电力系统中占据着关键地位,如变压器、油断路器等。绝缘油作为充油电气设备的重要绝缘介质与散热介质,其性能的优劣直接关乎设备的安全稳定运行。在设备长期运行过程中,受电场、热、氧、水分等多种因素影响,绝缘油可能发生性能劣化,进而引发设备故障。绝缘油试验作为一种非破坏性检测手段,能够有效检测绝缘油的各项性能指标,通过对这些指标的深入分析,可以及时发现充油电气设备潜在的故障隐患,提前采取措施进行维护与修复,对于保障电力系统的可靠供电具有极为重要的意义。

1 绝缘油特性与充油电气设备关联剖析

1.1 绝缘油基础特性解析

绝缘油主要由多种碳氢化合物组成,具备良好的绝缘性能,其高电阻率能够有效阻止电流在电气设备内部的泄漏路径,保障设备正常运行时不同电位部件间的电气隔离。同时,它的比热容较大,热导率适中,这使得在设备运行过程中,绝缘油可以高效地吸收并传导热量,避免局部过热对设备绝缘造成损害。例如,在变压器中,绝缘油不断循环,将铁芯和绕组产生的热量带到散热器散发出去,维持设备内部温度的稳定平衡,从而确保变压器能够长时间稳定运行。再者,绝缘油的化学稳定性较高。它不易与空气中的氧气、水分以及设备内部的金属材料发生化学反应,能够在长期使用过程中保持其性能的稳定,减少杂质的生成,从而保证良好的绝缘和散热效果。此外,绝缘油还具有一定的粘度

特性。合适的粘度使其既能在设备内部顺畅流动, 又能在绝缘部件表面形成稳定的油膜, 进一步增强绝缘性能, 并起到润滑和防锈的作用, 延长设备的使用寿命。综上所述, 绝缘油的电绝缘性、散热性、化学稳定性、粘度特性以及闪点等基础特性相互配合, 为电气设备的高效、安全运行提供了坚实的保障, 使其成为电力系统、变压器、断路器等众多电气设备中不可或缺的关键组成部分。

1.2 绝缘油在充油电气设备中的关键作用机制

绝缘油在充油电气设备中的作用至关重要且多面。在绝缘方面, 它填充于设备的各个绝缘间隙, 通过形成连续的油膜, 增强了绝缘介质的耐压能力, 提高了设备的绝缘水平。在散热上, 除了常规的热传导, 当设备内部出现局部热点时, 热油上升、冷油下降的自然对流过程会加速热量传递, 使热量均匀分布并快速散发。再者, 绝缘油对设备内部的金属部件起到保护作用。它能够在金属表面形成一层保护膜, 防止金属与空气中的氧气和水分接触, 进而抑制氧化和锈蚀的发生。这不仅维持了金属部件的机械强度和导电性, 还减少了因金属腐蚀而产生的杂质对绝缘性能的影响, 确保设备的长期可靠运行。此外, 绝缘油还具有灭弧功能, 在油断路器等设备中, 当触头断开产生电弧时, 绝缘油能够迅速分解产生气体, 使电弧熄灭, 保护触头和设备不受电弧高温的过度侵蚀, 保障设备的安全分合闸操作。综上所述, 绝缘油通过绝缘、散热、防锈以及故障保护等多种作用机制, 为电气设备的高效、稳定、安全运行提供了坚实的保障, 是现代电力设备正常运转的关键因素之一。

1.3 绝缘油性能变化对充油电气设备运行的潜在影响

绝缘油性能的任何劣化都会对充油电气设备的运行产生深远影响。一旦绝缘油受到污染, 例如混入水分、杂质或金属微粒等, 其绝缘电阻会显著下降, 可能导致设备发生局部放电现象, 放电产生的能量进一步加速绝缘油的分解和劣化, 形成恶性循环, 严重时甚至会引发绝缘击穿事故, 使设备损坏甚至引发电力系统故障。酸值升高是绝缘油老化的一个重要指标, 酸性物质会腐蚀设备内部的金属部件, 降低设备的机械强度和电气性能, 同时也会加速绝缘材料的老化, 缩短设备的使用寿命, 影响电力系统的可靠性和稳定性。此外, 绝缘油的粘度变化也不容忽视。如果粘度增大, 其流动性会变差, 不利于热量传递和在设备内部的循环, 影响散热和绝缘效果; 而粘度减小则可能导致油膜厚度变薄, 降低绝缘保护能力, 同时也会增加油的渗漏风险, 使设备面临缺油运行的危险状况。

2 绝缘油试验方法及其指标解读

2.1 电气性能试验详析

击穿电压试验是评估绝缘油绝缘强度的关键试验。其原理基于在标准电极间隙下, 逐渐升高施加于绝缘油的电压, 直至油被击穿产生放电, 此时的电压值即为击穿电压。该试验模拟了绝缘油在设备中承受高电场强度的情况。例如, 在变压器运行时, 若绝缘油的击穿电压过低, 当系统出现过电压冲击时, 绝缘油可能无法承受而发生击穿, 导致变压器绕组短路等严重故障。通过

定期进行击穿电压试验, 并对比标准值, 可及时发现绝缘油绝缘性能的下降趋势, 采取相应的处理措施, 如过滤或更换绝缘油, 保障设备安全运行。

2.2 物理化学性质试验解读

微水含量测定对于绝缘油质量评估极为重要。常用的卡尔·费休法基于碘与二氧化硫在吡啶和甲醇存在下与水的定量反应原理。绝缘油中的水分来源广泛, 如设备密封不良导致的受潮、呼吸作用吸入的水分等。即使少量水分存在, 也会对绝缘油性能产生严重影响。水分会降低绝缘油的击穿电压, 因为水的导电性比绝缘油强得多, 在电场作用下容易形成导电通道。同时, 水分还会促进绝缘油的水解反应, 生成酸性物质, 加速绝缘油的老化和对设备部件的腐蚀, 增加设备故障风险, 尤其是在低温环境下, 水分可能结冰, 破坏绝缘油的物理结构, 引发绝缘事故。

2.3 试验数据综合分析策略

绝缘油各项试验数据并非孤立存在, 而是相互关联、相互影响的。例如, 当微水含量升高时, 往往会伴随着击穿电压降低和介质损耗因数增大, 因为水分的存在改变了绝缘油的电学性能。同时, 酸值的变化也与其他指标有内在联系, 酸值升高可能是由于水分导致水解反应加剧或者绝缘油长期受热氧化产生更多酸性物质, 而酸性物质又会进一步影响绝缘油的绝缘性能, 导致击穿电压下降等。

3 基于绝缘油试验的充油电气设备故障诊断与实例应用

3.1 典型故障类型与绝缘油试验特征对应

局部放电是充油电气设备中常见的故障类型之一。当设备内部存在局部电场集中区域, 如绝缘材料内部的气隙、杂质或金属突出物附近, 就可能引发局部放电。在绝缘油试验中, 局部放电会导致油中产生特征气体, 如氢气、乙炔等。氢气主要是由于绝缘油在局部放电作用下发生分解反应产生, 乙炔则通常是在放电能量较高、涉及固体绝缘材料分解时出现。同时, 局部放电会使绝缘油的电气性能发生变化, 击穿电压可能略有下降, 介质损耗因数会有所增大。通过对绝缘油进行气相色谱分析, 检测这些特征气体的含量变化, 并结合电气性能指标的监测, 可以准确判断设备是否存在局部放电故障以及评估其严重程度和发展趋势, 为及时采取措施抑制局部放电提供依据。

3.2 实际案例中的充油电气设备故障诊断流程与结果

某大型电力变压器在运行过程中出现油温异常升高、油中气体继电器报警等现象。首先, 对绝缘油进行全面的试验分析。通过气相色谱分析发现氢气和乙炔含量超出正常范围, 且甲烷、乙烯等烃类气体也有一定程度的增加, 表明可能存在局部放电或过热故障。进一步测定绝缘油的击穿电压, 发现其值明显低于标准值, 介质损耗因数也有所增大。结合变压器的运行历史和外观检查, 排除了外部短路等因素。综合分析绝缘油试验数据后, 判断为变压器内部绕组存在局部放电故障, 可能是由于绕组绝缘在长期运行过程中受到机械应力或局部电场集中的影响而产生了微小气隙。

3.3 充油电气设备故障诊断经验总结与预防措施探讨

通过大量实际案例的故障诊断分析,可以总结出一些宝贵的经验。在绝缘油试验数据解读方面,要注重数据的动态变化趋势,而不仅仅是单次试验结果。例如,某些充油电气设备故障可能在初期表现为试验指标的缓慢变化,若能及时发现并跟踪监测,就可以在故障恶化前采取有效措施。同时,要加强不同试验方法之间的相互印证,如气相色谱分析与电气性能试验结果的综合判断,可以提高故障诊断的准确性。在预防措施方面,首先要加强设备的日常维护和管理,定期检查设备的密封性能,确保呼吸器正常工作,防止水分和杂质进入绝缘油。其次,优化设备的运行环境,避免设备长期过载运行或处于恶劣的温湿度环境中。

4 结语

绝缘油试验在充油电气设备故障诊断中具有不可替代的重要性。通过对绝缘油的电气性能与物理化学性质试验,并深入分析试验数据,能够精准地判断设备的故障原因,如局部放电、过热、受潮等。这有助于电力运维人员及时采取针对性的维护措施,避免故障的进一步扩大,保障电力系统的可靠运行。然而,

随着电力技术的不断发展,对绝缘油试验技术也提出了更高的要求。

[参考文献]

- [1]李华.幼儿园传统节日文化课程资源开发的策略分析[J].学前教育,2024,(03):65-68.
- [2]张悦.传统节日文化融入幼儿园一日生活的实践路径[J].早期教育,2024,(05):32-35.
- [3]陈琳.幼儿园开展传统节日文化主题活动的思考与实践[J].幼儿教育研究,2024,(02):77-80.
- [4]王昕.借助传统节日文化提升幼儿园课程质量的方法探究[J].基础教育研究,2024,(08):44-47.

作者简介:

童智(1989--),男,汉族,湖北武汉人,本科,单位:国网武汉供电公司江夏区供电公司,职称:中级,研究方向:高压试验、主配网检修。

全文静(1991--),女,汉族,本科,单位:国网武汉供电公司变电检修分公司,职称:中级,研究方向:电气试验及变电站充油设备油化试验。