

基于变压器油色谱诊断技术的变电检修方法

张屹洁¹ 刘志高² 钱昱呈²

1. 云南电网有限责任公司楚雄供电局; 2. 国网浙江省电力有限公司安吉县供电公司

摘要: 在电力系统中, 变电器扮演着重要的角色, 用于传送和分配电能。然而, 由于各种原因, 变电器可能会发生故障, 导致电网的不稳定性和供电中断。因此, 准确和及时地诊断变电器的故障是至关重要的。论文介绍了变电器的故障类型及诊断内容, 对基于变压器油色谱诊断技术的变电检修方法进行了分析。通过实例对变压器绝缘油的色谱图进行分析, 可以捕捉到油中的不同成分及其含量变化, 从而判断变压器的工作状态和存在的问题。对油样的采集和试验分析, 可以实现变压器故障的早期预警和精确诊断, 为变电器的检修提供了有效的技术支持。

关键词: 变压器; 油色谱诊断技术; 变电检修方法; 预警和诊断

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.06.227

一、变电器故障类型及诊断内容

变电器作为电力系统中的重要设备之一, 在运行过程中可能会发生各种故障。这些故障类型多种多样, 包括电气故障、机械故障、绝缘故障等。电气故障主要指的是变压器内部电气元件的损坏或故障, 如绕组短路、接地故障等。机械故障则主要是指变压器外壳、冷却系统等机械部件的故障, 如泄漏、松动等。绝缘故障是指变压器绝缘系统的损坏或故障, 如绝缘老化、击穿等。

在实际运行中, 变电器的故障类型也是多种多样的, 且故障原因复杂。这些故障类型的特点和表现各不相同, 因此需要有系统的诊断方法来判断故障类型。常用的诊断方法包括观察法、测量法、试验法等。观察法主要是通过对外部变压器的观察、听觉、嗅觉等感官来判断故障类型。测量法是指通过对变压器各项参数进行测量, 如电流、电压、温度等, 以判断故障类型。试验法则是通过对变压器进行特定的试验, 如绝缘电阻测量、短路电流测量等。

1. 视觉检查法

视觉检查是最简单且最常用的一种故障诊断方法。通过对变电器外观的观察, 可以初步判断是否存在灰尘、腐蚀、裂纹以及电气绝缘材料的老化等故障现象。

2. 绝缘电阻测量法

绝缘电阻测量是一种简单而有效的故障诊断方法。通过测量变压器的各个绕组和绝缘材料的电阻, 可以检测到可能存在的绝缘损坏或老化现象。

3. 热扫描法

热扫描法是利用红外热像仪对变压器进行扫描, 通过观察变压器各个部位的温度分布, 可以判断是否存在过热或不均匀的现象, 从而识别可能的故障点。

4. 声波检测法

声波检测法基于故障引起的机械振动会产生特定的

声音信号这一原理。通过对变压器进行声波检测, 可以判断是否存在部件松动、油泄漏、绕组松动或断线等故障情况。

5. 气体分析法

气体分析法是一种通过检测变压器油中的气体含量来诊断故障的方法。当变压器内部发生绝缘材料老化、设备过热或局部放电等故障时, 会产生大量气体。通过分析变压器油中的气体组成和含量, 可以判断是否存在故障现象。

以上是一些常用的变电器故障诊断方法, 每种方法都有自己的优点和局限性。在实际应用中, 可以根据具体情况选择合适的方法或综合使用多种方法, 以提高变电器故障诊断的准确性和效率。

二、基于变压器油色谱诊断技术的变电检修方法

1. 变压器油色谱诊断技术原理

变压器油色谱诊断技术的原理是基于变压器油的油中有机化合物和无机物在不同条件下的热裂解反应。当变压器发生故障时, 故障位置产生的热量会导致变压器油中的有机化合物和无机物发生裂解, 生成大量的气体和热分解产物。这些气体和产物会溶解在变压器油中, 使其化学成分和物理性质发生变化。

其次, 通过将变压器油样品进行油样品采集和处理, 将其分离出来的气体和产物通过气相色谱-质谱联用技术进行分析。通过对气体和产物的测量和分析, 可以确定变压器油中的有机化合物和无机物的种类和含量, 以及其相对应的分解温度范围。结合变压器油色谱诊断的故障判别准则, 比如变压器油中某种物质的浓度超过了预先设定的阈值, 就可以判断变压器是否存在故障。同时, 根据变压器油中不同物质的浓度变化趋势, 可以进一步分析变压器的故障类型和程度。

2. 变压器油样品采集与处理方法

变压器油样品的采集和处理是基于变压器油色谱诊断技术的变电检修方法中的关键步骤之一。正确的样品采集和处理方法可以保证油样品的质量和准确性，从而提高故障的判别准确率。

1) 变压器油样品采集

变压器油样品的采集过程需要严格控制，以确保样品的真实性和代表性。一般来说，取样时应选择充分搅拌均匀的变压器油，并避免采集过程中的污染。

采样点的选择应该基于变压器油循环方式、设备的结构和油路布置。通常，选择在较热的油中心区域或者变压器中最有可能集结污染物的部位进行采样。同时，也要考虑采样点的易操作性和安全性。

为了获取可靠的油样品，应采用干净、干燥的容器，并在采样前用干净的棉纱或无细菌的纸巾擦净容器的内壁。在采样之前，还应预先准备好采样工具，如玻璃容器、塑料容器、无细菌的钢针或不锈钢管。

采样过程中需要注意的是，应严格遵守相关的安全操作规程，避免暴露在可能造成身体伤害的高温、高压或有毒气体环境中。此外，还应确保容器的密封性，防止油样品的污染或挥发。

2) 变压器油样品处理

采集到的变压器油样品需要经过处理以去除杂质和净化油样。处理过程主要包括沉淀、过滤和干燥等步骤。首先，将采集到的油样放置在静置杂质沉淀的容器中，通常可以采用离心离析或自然沉淀的方法。在沉淀过程中，需要注意容器的密封性，以防止油样品的污染或挥发。其次，将经过沉淀的油样进行过滤。可以使用细孔直径较小的滤纸或过滤膜，将油样过滤到干净的容器中。过滤的目的是去除残留的杂质、微粒和悬浮物，以得到更纯净的油样。然后，对过滤后的油样进行干燥处理。可以使用干燥剂或真空干燥的方法，将油样中的水分去除，以提高后续实验的准确性和可靠性。需要注意的是，在样品处理过程中，应避免任何可能引入污染物的操作，如指纹、灰尘等。同时，还应严格控制处理过程的温度和时间，以避免可能的样品变质。

三、变压器油色谱诊断的故障判别准则

在基于变压器油色谱诊断技术的变电检修方法中，变压器油色谱诊断的故障判别准则起着至关重要的作用。通过分析变压器油中的化学成分和油中所含气体的种类和浓度，可以判断出变压器的故障类型以及故障的严重程度。

在变压器油色谱分析中，常用的故障判别准则包括

典型气体比值判别准则和气体浓度判别准则。典型气体比值判别准则是基于不同故障类型对应的油中气体的生成机理，通过比较不同气体的比值大小来判断故障类型。例如，当乙烯/乙炔比值大于2时，可能存在放电故障；当氢气/甲烷比值大于2时，可能存在绝缘材料老化故障；当乙烯/乙炔比值小于1时，可能存在过热故障等。而气体浓度判别准则则是通过设置气体浓度的阈值来进行故障判别。根据经验，不同故障类型对应的气体浓度有不同的范围。通过与预设的阈值进行比较，可以判断出是否存在特定类型的故障。例如，当甲烷浓度超过预设阈值时，可能存在过热故障；当乙烯浓度超过预设阈值时，可能存在放电故障。

除了典型气体比值判别准则和气体浓度判别准则外，还可以结合其他辅助判据，如异常气体比率、等级分析法等，来进一步提高故障判别的准确性和可靠性。

在实际应用中，不同变压器的故障特征、运行环境和工艺条件等因素都会对故障判别准则产生影响。因此，在使用变压器油色谱诊断技术进行故障判别时，需要根据具体情况进行相应的调整和优化，以提高故障判别的准确性和可靠性。

四、变电器故障处理策略

变电器故障处理策略是确保变电器正常运行的关键步骤之一。变电器故障处理的目标是快速、准确地找出故障原因，并采取有效的措施来解决问题，以恢复变电器的正常运行状态。首先，变电器故障处理需要遵循一些基本原则。首要原则是安全第一。在进行任何故障处理工作之前，必须确保所有相关人员的安全。其次，需要进行全面的故障诊断。通过仔细调查和分析，找出故障原因和具体损坏部位，为后续的处理提供依据。同时，还需要根据变电器的特点和具体情况，制定合理的处理方案。最后，在实施故障处理过程中，需要严格按照操作规程和标准操作，确保处理工作的高质量和高效率。

基于以上原则，变电器故障处理的具体策略主要包括以下几个方面：

(1) 快速响应：及时做出反应是解决故障的第一步。一旦发现变电器出现异常情况，应立即报告相关人员，并采取紧急措施以减轻进一步的损害。

(2) 故障诊断：在确定故障类型和具体原因之前，处理人员需要进行详细的故障诊断工作。这包括检查变电器各部件的运行情况，分析变电器的工作参数和历史数据，并利用先进的诊断技术进行实时监测。通过

这些方法，可以准确地定位故障发生的位置和原因。

(3) 故障分析：在诊断完成后，需要进行故障分析工作。这包括分析故障的根本原因，查明故障发生的因素，并评估故障对整个变电系统的影响。通过故障分析，可以为后续的处理策略提供科学依据。

(4) 处理方案制定：根据故障诊断和分析的结果，处理人员需要制定合理的处理方案。处理方案应包括具体的处理步骤、所需材料和设备，以及操作人员的职责和安全注意事项。

(5) 实施处理：在制定好处理方案后，需要按照计划进行实施。实施过程中，需要确保按照操作规程和标准要求进行操作，遵循安全操作规范，确保处理工作的成功进行。

(6) 故障处理记录：在处理过程中，需要详细记录故障处理的每个步骤和相关数据。这些记录可以作为以后的参考，对类似故障进行快速响应和处理。

通过以上策略的实施，可以有效地解决变电器故障问题，并恢复变电器的正常运行。然而，在实际处理中，需要根据具体情况和故障类型进行灵活应用，确保处理效果的最大化。

五、基于变压器油色谱诊断技术的变电器检修案例分析

故障案例发生在某变电站的一个110kV变压器上。该变压器在运行过程中出现了温度升高、油位异常、噪声增大等异常现象。为了排除故障原因并确保设备的正常运行，进行了详细的故障诊断。

(单位: $\mu\text{L/L}$)

日期	氢气	甲烷	乙烷	乙烯	乙炔	一氧化碳	二氧化碳	总烃
5.19	21.9	18.5	22.0	20.9	0	345.8	689	78
6.14	335	389	139	1029	30	483	12646	1858

图1 变压器油色谱故障特征气体数据

首先，对变压器进行了综合的检查，包括外观、接线、绝缘状况等。接下来，采集了变压器油样品，并进行了一系列的实验室分析。其中，重点应用了变压器油色谱诊断技术来对油中的故障物质进行定性和定量分析。通过油色谱气体分析，发现了变压器油中存在异常的气体和溶解气体含量。分析表明，这些异常气体的来源可能是变压器内部的部件损坏导致的。然后，还对油中的气体含量、水分含量、酸度值等进行了评估和比较，以便更好地了解变压器的工作状态和可能存在的故障原因。

障原因。

基于对变压器油样品的分析结果，制定了相应的处理策略。(1)对变压器进行了绝缘状况的检查和维护工作。然后，对变压器内部的损坏部件进行了修复或更换。(2)通过对油进行过滤和再生处理，恢复了变压器油的性能和质量。

为了确保故障处理的顺利进行，制定了详细的实施步骤。这些步骤包括设备准备、安全措施、操作流程等内容。在实施过程中，严格遵循操作规程和安全要求，确保了工作的高效和安全。

通过本案例分析，可以看出基于变压器油色谱诊断技术的变电器检修方法在变电器故障诊断和处理中具有重要作用。通过对油样品的分析和评估，可以准确判断故障原因，制定相应的处理策略，并在实施过程中确保工作的顺利进行。这一方法对于提高变电器检修的效率和具有显著的质量意义。

总结

综上所述，变电器故障诊断的重要性不言而喻。准确而及时的诊断可以预防潜在的故障发生，减少设备损坏和维修时间，提高电力系统的可靠性和稳定性。基于变压器油色谱诊断技术的变电器故障处理及其实施过程是一项重要而复杂的工作。通过提供可靠的故障诊断和处理方法，我们能够及时解决变电器故障带来的问题，并保证电力系统的安全和可靠运行。因此，深入研究和应用变压器油色谱诊断技术对于提高变电器故障的处理效率和质量具有重要意义。

参考文献

[1]朱井新. 35kV变电站状态检修实用研究[D]. 华北电力大学, 2016.

[2]史丽敏, 高向前. 电力变压器的常见故障诊断技术研究[J]. 电子测试, 2016(08): 121.

[3]席向欣. 南昌电网变电设备(220kV及以下)状态检修策略的研究[D]. 南昌大学, 2016.

[4]李晓琴, 王海涛. 浅谈电网变电运维的突出风险与技术检修[J]. 电气技术与经济, 2020(11): 101-103.

[5]张金玉, 车远宏, 汤萃. 传统检修模式和状态检修模式在变电器检修中的应用[J]. 电气传动自动化, 2020(09): 121-123.

[6]陈威. 状态检修模式下变电器检修技术的相关探究[J]. 低碳世界, 2018(11): 131.