

绝缘油溶解气体在线监测技术及其应用前景

司君磊

内蒙古电力(集团)有限责任公司乌兰察布供电分公司 内蒙古 乌兰察布 012000

摘要: 绝缘油溶解气体在线监测技术是一种先进的电力设备状态监测手段,通过实时监测绝缘油中溶解的气体成分和含量,能够及时发现设备内部的潜在故障和异常情况。本文探讨了绝缘油溶解气体在线监测技术的原理、特点及其在电力设备维护和管理中的应用前景。随着智能化、物联网技术的不断发展,该技术正逐步向智能化、网络化方向发展,并在新能源电力设备领域展现出广阔的应用前景。

关键词: 绝缘油;溶解气体;在线监测技术;应用前景

引言: 电力设备的安全稳定运行对于电力系统的可靠性和稳定性至关重要。绝缘油溶解气体在线监测技术作为电力设备状态监测的重要手段之一,具有实时监测、准确预警等优势。本文旨在深入探讨绝缘油溶解气体在线监测技术的原理、特点及其应用前景,为电力设备的维护和管理提供有力的技术支持和参考。

1 绝缘油溶解气体在线监测技术原理

1.1 油中溶解气体的产生机理

绝缘油溶解气体在线监测技术基于油中溶解气体的产生机理。当电力设备如变压器、电抗器等在运行过程中产生高温、电弧放电、火花放电等极端情况时,油纸的工作性能会受到一定的影响。绝缘油主要由碳氢化合物组成,当设备内部发生热故障、放电性故障或者油纸绝缘老化时,绝缘油中的化学键(如C-C和C-H)可能断裂,产生的碳氢化合物自由基与氢原子再组合,就会产生各种不同的烃类气体,如氢气(H_2)、甲烷(CH_4)、乙烷(C_2H_6)、乙烯(C_2H_4)、乙炔(C_2H_2)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)等。这些气体会溶解于油中,并且随着故障的持续发展,这些气体在油中不断积累,直至饱和甚至析出气泡。油中故障气体的含量及其累积程度是诊断故障存在与发展情况的重要依据。

1.2 在线监测技术的理论基础

在线监测技术指的是在生产线上对表示机械设备运行状态的信号进行采集、显示、分析诊断、报警并及时采取保护性处理。设备在线监测技术的理论基础为现代科学理论中的控制论、系统论、信息论、失效理论、可靠性理论等。通过综合考虑各对象的客观要求及特殊规律,并以包括传感器在内的仪表设备、计算机、人工智能为技术手段对设备的运行状态进行监测^[1]。绝缘油溶解气体在线监测技术则是通过采集、分析溶解在充油电气设备绝缘油中的气体,根据气体的成分、含量及变化情

况来诊断设备的异常现象。其原理包括从运行状态下的充油电气设备中取油样,再从油中解析出溶解气体,用气相色谱或其他技术分析该气体的成分和含量,判定设备内有无内部故障,诊断其故障类型,并推定故障点的温度、故障能量等。这一技术不仅具备现代科技系统的先进性、复杂性、综合性及应用性,而且能够实时或定时在线监测与诊断潜伏性故障或缺陷,提高设备的可靠性和安全性。

2 绝缘油溶解气体在线监测技术方法

绝缘油溶解气体在线监测技术是一种高效、实时的电力设备状态监测手段,它通过连续监测绝缘油中溶解的气体成分和含量,及时发现并预警潜在的电力设备故障。这一技术方法主要包括油气分离技术、混合气体分离与检测技术以及数据处理与分析技术。

2.1 油气分离技术

油气分离技术是绝缘油溶解气体在线监测的首要环节,其目标是将溶解在绝缘油中的气体有效提取出来,以便后续的分析和检测。动态顶空法:该方法通过向含有溶解气体的绝缘油施加一定的压力或温度,使气体从油中逸出并积聚在油面上方的空间中。随后,通过特定的采样装置将这部分气体收集起来。动态顶空法具有操作简便、无需预处理等优点,但可能受到环境因素的影响,如温度波动、压力变化等。膜分离法:利用高分子膜对气体和油的选择透过性,将溶解在油中的气体分离出来。这种方法具有分离效率高、选择性好等特点,但需要定期更换膜材料,且对膜的材质和性能要求较高。真空脱气法:在真空条件下,利用油中溶解气体与真空环境之间的压力差,使气体从油中析出。这种方法可以高效地提取溶解气体,但需要配备真空泵和相应的控制系统,成本相对较高。超声波脱气法:利用超声波在液体中的空化作用,使溶解在油中的气体形成微小气泡并

迅速析出。这种方法具有操作简便、分离效率高等优点,但需要控制超声波的强度和频率,以避免对油质造成不良影响。

2.2 混合气体分离与检测技术

从绝缘油中提取出的气体通常是多种烃类气体的混合物,为了准确分析每种气体的成分和含量,需要采用混合气体分离与检测技术。气相色谱法是一种基于不同气体在固定相和流动相之间分配系数差异而进行分离的方法。通过选择合适的色谱柱和检测器,可以实现对多种烃类气体的有效分离和准确检测。气相色谱法具有分离效率高、检测灵敏度高、重现性好等优点,是绝缘油溶解气体在线监测中常用的分离与检测技术。质谱法通过测量气体分子在电场或磁场中的运动轨迹和速度,确定其质量数和电荷数,从而实现对气体成分的精确分析。质谱法具有检测灵敏度高、分辨率高等优点,但设备复杂、成本高,通常用于对特定气体成分进行高精度检测。红外光谱法利用气体分子对红外光的吸收特性,通过测量吸收光谱的强度和位置,确定气体的成分和含量。这种方法具有操作简便、无需预处理等优点,但检测灵敏度相对较低,适用于对气体成分进行定性或半定量分析^[2]。

2.3 数据处理与分析技术

绝缘油溶解气体在线监测技术还需要对收集到的气体数据进行处理和分析,以提取有用的信息并判断电力设备的运行状态。数据预处理:对原始数据进行清洗、去噪、归一化等处理,以提高数据的准确性和可靠性。数据预处理是后续分析的基础,对于提高分析结果的准确性具有重要意义。特征提取:从预处理后的数据中提取出能够反映电力设备运行状态的特征信息,如气体成分的比例、含量变化趋势等。特征提取是数据挖掘和机器学习的重要步骤,对于提高模型的预测性能和准确性至关重要。故障诊断与预警:基于提取的特征信息,利用机器学习算法或专家系统对电力设备的运行状态进行诊断,并预测潜在故障的发生概率。故障诊断与预警是绝缘油溶解气体在线监测技术的核心目标,通过实时监测和预警,可以及时发现并处理潜在的电力设备故障,保障电网的安全稳定运行。可视化与报告生成:将处理和分析的结果以图表、报告等形式直观地呈现出来,便于运维人员理解和判断。可视化与报告生成是绝缘油溶解气体在线监测技术的重要组成部分,通过直观展示分析结果,可以提高运维人员的决策效率和准确性。

3 绝缘油溶解气体在线监测技术的特点

3.1 实时性与连续性

绝缘油溶解气体在线监测技术最显著的特点之一是

其实时性与连续性。传统的离线监测方法需要人工定期取样并送至实验室进行分析,这一过程不仅耗时较长,而且无法实时反映设备内部的真实状况。而在线监测技术则通过自动化设备和传感器,能够实时、连续地监测绝缘油中溶解的气体成分和含量。这种实时监测的方式可以及时发现设备内部的变化,有效避免因监测时间间隔过长而错过故障预警的时机。实时性与连续性保证监测数据的准确性和完整性,为设备的维护和管理提供了有力的支持。

3.2 故障发现与预警的及时性

绝缘油溶解气体在线监测技术的另一个重要特点是其故障发现与预警的及时性。在线监测技术能够实时分析绝缘油中溶解的气体,并根据气体的成分和含量变化来判断设备是否存在异常。一旦监测到气体成分或含量的异常变化,系统可以立即发出预警信号,提醒运维人员采取相应的措施。这种及时的故障发现和预警机制可以大大缩短故障的发现时间,减少故障对设备的影响和损失,它还可以为运维人员提供足够的时间来制定和实施维修计划,从而确保设备的安全稳定运行。

3.3 与离线监测技术的互补性

绝缘油溶解气体在线监测技术并不是对离线监测技术的完全替代,而是与其形成了良好的互补关系。离线监测技术虽然无法实时反映设备状况,但其检测结果具有高度的准确性和可靠性,是设备状态评估的重要依据。而在线监测技术则能够实时、连续地监测设备状态,为运维人员提供及时的故障预警和状态信息。在实际应用中,可以将在线监测技术和离线监测技术相结合,通过综合分析两者的监测结果,更准确地判断设备的健康状况和潜在风险。这种互补性不仅提高监测的准确性和可靠性,还为设备的维护和管理提供更加全面的支持^[3]。

4 绝缘油溶解气体在线监测技术应用前景

4.1 智能化发展趋势

绝缘油溶解气体在线监测技术作为电力设备状态监测的重要手段,正朝着智能化的方向发展。随着人工智能、大数据、云计算等技术的不断进步,绝缘油溶解气体在线监测系统正逐步实现智能化升级。智能化监测系统能够自动采集、处理和分析绝缘油中的溶解气体数据,通过机器学习算法和专家系统,对设备状态进行精准预测和诊断。这种智能化的监测方式不仅提高了监测的准确性和效率,还降低了运维人员的劳动强度。未来,随着智能化技术的进一步发展,绝缘油溶解气体在线监测系统将更加智能、自主,能够实时、准确地反映

设备状态,为电力设备的安全稳定运行提供更加可靠的保障。智能化发展趋势还体现在监测系统的自我优化和学习能力上,通过不断积累和分析监测数据,系统能够自动调整监测参数和算法,以适应不同设备和不同运行环境下的监测需求。这种自我优化的能力使得监测系统能够持续提高监测性能,更好地服务于电力设备的维护和管理。智能化监测系统还能够与其他智能设备进行联动,实现设备状态的全面监测和预警,为智能电网的建设和发展提供有力支持。

4.2 与物联网的融合

物联网技术的快速发展为绝缘油溶解气体在线监测技术提供了新的发展机遇。通过将监测系统与物联网技术相结合,可以实现设备状态的远程监测和智能管理。物联网技术通过传感器、无线通信技术、云计算等手段,将设备状态信息实时传输至云端或远程监控中心,实现设备状态的远程监控和预警。这种远程监测的方式不仅提高了监测的灵活性和便捷性,还降低了运维成本,提高了设备维护的效率。与物联网的融合还使得绝缘油溶解气体在线监测系统能够与其他智能设备和系统进行数据共享和交互。例如,监测系统可以与智能电网的调度系统、故障预警系统等实现数据互通,为电网的安全稳定运行提供更加全面的信息支持。同时,物联网技术还能够实现设备状态的实时监测和预警,为运维人员提供及时、准确的故障信息,帮助他们快速定位和处理故障,减少故障对电网的影响。未来,随着物联网技术的不断发展和完善,绝缘油溶解气体在线监测系统将更加智能化、网络化,能够更好地服务于电力设备的维护和管理。物联网技术还将推动电力设备状态监测领域的创新和发展,为智能电网的建设和发展提供更加有力的支持。

4.3 拓展至新能源电力设备

随着新能源产业的快速发展,绝缘油溶解气体在线监测技术也开始向新能源电力设备领域拓展。新能源电力设备如风力发电机、太阳能光伏板等,在运行过程中同样会产生一定的故障和异常情况。通过应用绝缘油溶解气体在线监测技术,可以实时监测这些设备内部的绝缘油状态,及时发现并预警潜在的故障和异常情况。

这种监测方式不仅提高新能源电力设备的可靠性和安全性,还降低运维成本,提高设备的运行效率^[4]。绝缘油溶解气体在线监测技术还可以为新能源电力设备的维护和管理提供有力的支持。通过实时监测设备状态,运维人员可以及时了解设备的健康状况和潜在风险,制定相应的维护计划和管理策略。这种基于状态的维护方式不仅提高维护的针对性和效率,还延长设备的使用寿命,降低维护成本。随着新能源产业的不断发展和壮大,绝缘油溶解气体在线监测技术在新能源电力设备领域的应用将更加广泛和深入。通过不断优化和完善监测技术,提高监测的准确性和效率,将为新能源电力设备的维护和管理提供更加全面、可靠的支持,推动新能源产业的可持续发展。同时这也将为电力设备状态监测领域带来新的发展机遇和挑战,推动该领域不断创新和发展。

结束语

随着电力行业的快速发展,绝缘油溶解气体在线监测技术已经成为电力设备状态监测不可或缺的一部分。通过实时监测与分析,该技术为电力设备的运行维护提供了精准的数据支持,有效预防了潜在故障的发生。展望未来,随着智能化、物联网技术的深度融合,绝缘油溶解气体在线监测技术将拥有更加广泛的应用前景,为电力系统的安全稳定运行保驾护航,推动电力行业向更加高效、智能的方向发展。

参考文献

- [1]李红明,谭其勇,陈战,等.基于激光光声光谱技术的变压器绝缘油故障气体在线监测系统研究[J].电气应用,2020(4):6770,88.
- [2]李红明,谭其勇,陈战,蒋亚超,马锋,刘锡银.基于激光光声光谱技术的变压器绝缘油故障气体在线监测系统研究[J].电气应用,2020,39(04):67-70+88.
- [3]连鸿松,李文琦,赖永华,刘慧鑫,郑东升,李庆,邵银.变压器绝缘油溶解气体及含气量现场快速检测一体化装置研究[J].高压电器,2020,56(03):79-86.
- [4]何进西.浅析高压变压器绝缘油在线色谱脱气方式对变压器安全性的影响及改进措施[J].机电信息,2019(27):67-68.