

一种有载调压开关循环取油装置的研发

吴斯茹 陈文波 李文庆

广东电网有限责任公司梅州供电局 广东梅州 514000

摘要:本论文聚焦于变电站变压器取油检测过程中面临的挑战，深入探讨了一种新型循环取油装置的研发背景、技术方案、性能测试与优化以及创新成果。详细阐述了装置如何通过独特的结构设计和工作原理解决传统取油方式存在的诸多问题，包括提高工作效率、节约油资源、提升取样结果精度等方面。同时，对装置的创新点进行了全面分析，并展望了其在电力行业中的广泛应用前景和积极的社会经济效益。

关键词:循环取油装置；变压器运维；工作效率；油资源利用；取样结果精度

1. 引言

在电力系统中，变电站的安全稳定运行至关重要，而变压器作为变电站的核心设备，其状态监测与维护是保障电力供应可靠性的关键环节。变压器油作为绝缘和散热介质，其品质直接影响变压器的性能和寿命。因此，定期对变压器油进行检测是变电站运维工作的重要内容之一。然而，传统的取油方式在实际操作中存在诸多弊端，如需要频繁排出管道余油、工作效率低下、油资源浪费严重以及取样结果精度难以保证等问题。这些问题不仅增加了运维成本，还可能影响对变压器运行状态的准确判断，进而对电网安全构成潜在威胁。为克服这些困难，研发一种高效、环保且精确的循环取油装置具有重要的现实意义。

2. 背景技术

在变电化学试验班组的日常工作中，对变压器进行取油检测时，由于变压器通常配置有延伸至外部的出油管道，工作人员在获取变压器主体内部具有代表性的油样之前，往往需要先将存留在管道内的变压器油排出。这种操作方式不仅导致每次取油后变压器内部油位下降，需要检修班组及时补充新油以恢复设备正常油位，而且反复取油、补油、试验的流程极大地降低了化学试验与检修两个专业之间的工作效率，增加了不必要的工作负担。同时，每次取油时排出的管道余油直接废弃，造成了变压器油资源的浪费。此外，由于管道余油与变压器主体内部油样混合，可能影响取样结果的准确性，进而干扰对变压器运行状态的准确评估。

3. 新型循环取油装置的技术方案

3.1 整体结构设计

一种循环取油装置，主要由缸体、活塞组件、管路系统和动力驱动单元构成。缸体内部分为上腔和下腔，下腔直径小于上腔，形成独特的结构布局。缸体顶部安装有顶盖，顶盖上设有出油管，出油管上安装出油单向阀，其导通方向向下，确保油样只能从缸体向外单向流出。出油管并联有连通管，连通管下端与下腔联通，连通管上安装联通单向阀，导通方向同样向下，保证油样能够顺利从连通管流入下腔。上腔上部安装进油管，进油管上设置进油单向阀，导通方向向右，便于外部油样进入上腔。下腔上部安装取样管，取样管上配备取样单向阀，导通方向向右，用于控制下腔内油样的向外输出取样。

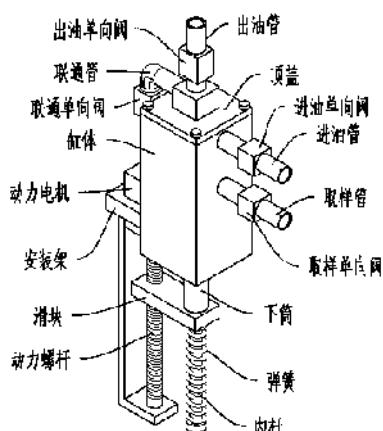
3.2 活塞组件与传动机构

上腔内设有初级活塞，初级活塞下端安装内杆，内杆上套有下筒，下筒上端安装二级活塞，二级活塞外径与下腔内径相匹配，确保在运动过程中能够有效推动下腔内的油样。下筒下端安装滑块，内杆下部套有弹簧，弹簧上端与滑块连接，下端与内杆下端连接。滑块上咬合贯穿有动力螺杆，动力螺杆上端安装动力电机，动力电机通过安装架固定在缸体上，安装架下部可转动固定动力螺杆下端。动力电机作为动力源，通过驱动动力螺杆转动，带动滑块上下运动，进而实现活塞组件的往复运动，完成油样的循环和取样操作。

3.3 工作原理

工作时，首先将出油管与变压器的取油管紧密连接，进油管与变压器的加油管路准确对接，取样管连接取样容器。

启动动力电机，动力电机带动动力螺杆正向转动，使滑块向下运动。在初始状态下，初级活塞和二级活塞均位于最上端，滑块向下运动时，通过下筒挤压弹簧，带动内杆和初级活塞同步向下运动，此时出油管的油样被吸入到缸体上腔内。当初级活塞运动到上腔下端时，受到上腔下端内壁的阻碍，下筒带动二级活塞克服弹簧弹力继续向下运动，将上腔内的油样经过联通管和联通单向阀压入下腔。随后，动力电机反向转动，带动二级活塞向上运动，二级活塞将下腔内的油样经取样管向外排出，实现取样操作。当二级活塞运动到与初级活塞接触时，二级活塞带动初级活塞向上运动，将位于顶盖上的油样经过进油管输送回变压器，从而实现了对变压器取油管内绝缘油的循环利用，只取变压器取油管排出的具有代表性的绝缘油，有效提高了取样结果的精度。



4. 装置的创新点与技术关键点

4.1 创新点

4.1.1 多规格法兰适配

设计了三种适用于不同电压等级（35kV、110-220kV、500kV）变压器出油管尺寸的法兰，能够满足多种设备的连接需求，极大地提高了装置的通用性和兼容性，方便操作人员在不同场景下快速、准确地连接装置，减少了因接口不匹配带来的操作困扰。

4.1.2 轻质铝合金结构

装置整体采用铝合金材料进行结构设计，有效减轻了装置重量，使其重量维持在约 1.5kg ($\pm 0.5\text{kg}$)。这不仅便于操作人员携带和使用，降低了劳动强度，而且在一定程度上降低了材料成本，提高了装置的经济性和实用性，有利于在实际工作中的推广应用。

4.1.3 锂电池供电模式

配备了锂电池充电模块，使装置具备独立的电源供应能力，可在不同环境的工作地点免接外部电源使用。这种机动性和便携性使得装置能够在变电站复杂的环境中自由移动和操作，不受电源插座位置的限制，大大提高了工作效率和灵活性。

4.1.4 高效循环与精确取样

通过独特的活塞结构和管路设计，实现了对变压器取油管内余油的高效循环利用，减少了绝缘油的消耗，节约了油资源。同时，确保每次取样的油样均来自变压器主体内部的绝缘油，有效避免了因混合了管道内的油样而导致的取样误差，显著提高了取样结果精度，为变压器的准确检测和状态评估提供了可靠保障。

4.2 技术关键点

4.2.1 结构合理性与稳定性

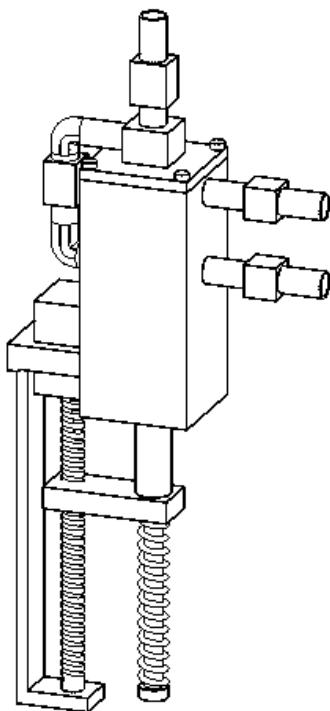
注重装置整体结构的合理性设计，确保各部件之间的精确配合和运动顺畅性。通过优化缸体、活塞、管路等部件的尺寸和形状，以及合理选择材料，提高装置的结构强度和稳定性，保证在长期使用过程中能够可靠运行，减少故障发生概率。

4.2.2 锁定机构设计

对装置与变压器出油口和加油口的连接锁定机构进行精心设计，确保连接的牢固性和密封性。在工作过程中，装置能够承受一定的油压波动而不发生松动或泄漏，保证油样循环和取样操作的安全、稳定进行。同时，考虑到不同操作人员的操作习惯和力度，锁定机构应具有操作简便、可靠的特点。

4.2.3 整体性能优化

在设计过程中，综合考虑装置的重量、体积、动力性能等因素，通过优化设计和材料选择，实现装置整体性能的优化。在保证装置功能正常的前提下，尽量减小装置的体积和重量，提高动力传递效率，降低能耗，以满足实际工作中的多样化需求。



5. 性能测试与优化

为验证新型循环取油装置的性能，进行了一系列的性能测试。在测试过程中，模拟了不同工况下的变压器取油场景，包括不同油温、油压和出油管道长度等条件。通过对装置的油循环效率、取样结果精度、工作稳定性等关键性能指标进行测试和分析，发现了一些在实际应用中可能影响装置性能的问题。针对这些问题，对装置进行了进一步的优化和改进。例如，通过调整活塞的行程和运动速度，优化了油样的循环效率；改进了单向阀的结构和密封性能，提高了取样结果精度；加强了装置的整体结构强度，增强了工作稳定性。经过优化后的装置在性能测试中表现出了更好的性能指标，能够满足实际工作中的严格要求。

6. 应用前景

随着电力行业的快速发展，电网规模不断扩大，变电站数量日益增多，变压器的运维工作量也随之增加。本新型循环取油装置具有广泛的应用前景，可应用于各类变电站的

变压器日常运维检测工作。其高效的工作效率能够显著缩短取油检测时间，减轻运维人员的工作负担，提高工作质量；节约油资源的特性符合可持续发展的理念，有助于降低运维成本和资源消耗；精确的取样结果精度能够为变压器的状态评估提供更准确的数据支持，及时发现潜在故障隐患，保障电网的安全稳定运行。此外，该装置的创新设计和良好性能还可为其他类似设备的取油检测技术改进提供有益的参考和借鉴，推动电力设备运维技术的不断创新和发展。

7. 结论

本新型循环取油装置的研发成功为变电站变压器运维工作带来了新的解决方案。通过深入分析传统取油方式的问题，针对性地提出了创新的技术方案，实现了在提高工作效率、节约油资源、提高取样结果精度等多方面的显著突破。装置的创新点和技术关键点使其在同类产品中具有明显的优势，性能测试与优化进一步确保了其可靠性和实用性。预期成果的实现将为企业和行业带来积极的影响，具有广阔的应用前景和重要的社会经济效益。未来，随着技术的不断进步和应用经验的积累，该装置有望在电力设备运维领域发挥更大的作用，为保障电网的安全稳定运行提供更有力的支持。

参考文献：

- [1] 张血琴, 吴广宁, 王欣, 等. 变压器油中溶解气体在线监测技术综述 [J]. 高压电器, 2008
- [2] 何平, 文习山. 变压器油中水分的危害及处理方法 [J]. 高电压技术, 2001
- [3] 钱艺华, 苏伟, 罗运柏. 变压器油中抗氧化剂含量检测方法综述 [J]. 广东电力, 2009
- [4] DL/T 722-2014, 变压器油中溶解气体分析和判断导则 [S].
- [5] 程养春, 王会斌, 李成榕, 等. 变压器油纸绝缘局部放电测量中脉冲电流法与超高频法的比较 [J]. 电网技术, 2006
- [6] 刘君, 律方成, 李燕青. 基于改进灰关联分析的变压器绝缘故障诊断方法 [J]. 中国电机工程学报, 2008