

关于500kV组合电器异响的探讨

郭旭东 李宁

国网河北省电力有限公司超高压分公司

摘要：随着电力工业的发展，500kV组合电器在电网中得到了广泛应用。然而，在运行过程中，有时会出现异响现象，给设备的正常运行和维护带来了困难。本文旨在探讨500kV组合电器运行过程中出现的异响现象，分析异响的成因，并提出有效的解决措施。通过对组合电器的结构、工作原理进行详细分析，结合实际运行中出现异响的案例，本文探讨了电气接触不良、电磁振动、绝缘材料老化等多种可能导致异响的因素。通过实验验证和理论分析，提出了优化电器接触性能、增强结构稳定性、改进绝缘材料等解决策略。本文对提高500kV组合电器的运行可靠性和安全性具有一定的参考价值。

关键词：500kV组合电器；异响；电气接触不良；电磁振动；绝缘材料老化

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2023.10.079

引言

500kV组合电器作为电力系统的重要组成部分，其稳定可靠的运行对保障电网的安全稳定运行具有至关重要的作用。然而，在实际运行过程中，组合电器异响现象时有发生，不仅影响了设备的正常运行，也给电力系统的安全稳定运行带来了隐患。鉴于此，对500kV组合电器异响现象的成因进行深入分析，寻找有效的解决措施，具有重要的实践意义和应用价值。

一、500kV组合电器的重要性

500kV组合电器作为高压电网中的核心设备，其性能直接关系到整个电力系统的稳定性和安全性。由于其在电力传输和分配过程中起着至关重要的角色，保证其高效、可靠的运行是电网设计和维护的首要任务。这些组合电器不仅要承担高压电流的传输任务，还需要在电网负荷变化、故障发生等情况下，确保电力系统的平稳运行。在电力系统中，500kV组合电器的稳定性直接影响到远距离高效的电能传输能力。它们在调节和保护电网、保证供电可靠性方面发挥着不可替代的作用。此外，这些组合电器还涉及电能的质量问题，如电压稳定和谐波控制等，它们的正常运行对于避免电网故障和提高电能质量具有重大意义。然而，500kV组合电器在运行过程中可能会出现异响现象，这不仅可能预示着设备的潜在故障，还可能影响到周围环境和人员的安全。因此，确保这些高压设备在无异响的状态下运行，是维护电力系统稳定性和安全性的重要环节。对于电力系统的运营商而言，掌握和解决500kV组合电器异响问题，意味着能够更有效地预防和减少电网故障，保证电力供应的稳定性和可靠性。

二、异响现象对电力系统的影响

异响现象在500kV组合电器中的出现，不仅影响了设备自身的稳定性和可靠性，而且对整个电力系统的运行产生了不利影响。具体来说，异响现象可能会导致以下几方面的影响：

（一）设备性能下降

异响通常是内部零件松动、绝缘材料老化或电气接触不良等问题的外在表现，这些问题会降低组合电器的工作效率，影响其性能。

（二）运行安全风险增加

异响可能是某种故障的前兆，比如绝缘失败或过热等，如果不及时处理，可能导致更严重的设备损坏甚至引发安全事故。

（三）维护成本上升

为了解决异响问题，可能需要更频繁的检查和维护，增加了人力和物力成本。在某些情况下，还可能需更换部件或整个设备，导致维护成本大幅上升。

（四）影响电力系统稳定性

500kV组合电器是电力传输系统的重要组成部分，任何性能下降或故障都可能影响到电网的稳定性，甚至导致电网故障。

（五）影响电能质量

电器组件的不稳定运行，如电气接触不良，可能会影响电网的电压稳定性和谐波水平，从而影响到用户端的电能质量。

三、异响现象的成因分析

（一）电气接触不良

电气接触不良是引起500kV组合电器异响的一个重要原因。在电器设备的运行过程中，由于接触面之间存在微小的间隙或接触面的磨损、氧化等问题，会导致接触电阻增大。这种情况下，电流通过接触不良的部位时会产生过热，进而引发电弧、火花等现象，这些都是异响产生的直接原因。电气接触不良不仅会导致设备发出异响，还会引起设备性能下降，严重时甚至可能导致电气设备的损坏。

（二）电磁振动

电磁振动也是导致组合电器异响的一个重要因素。当电流通过组合电器中的电感器件时，由于电磁力的作用，会引起构件的振动。如果这种振动超过了设备结构的阻尼能力，就会在设备结构中产生振动或共振，从而

引发异响。此外，高电流操作时产生的电磁力可能导致固定不牢固的部件产生位移或振动，进一步导致异响现象。

（三）绝缘材料老化

绝缘材料的老化也可能导致组合电器出现异响。随着时间的推移，绝缘材料可能因为热老化、电老化或环境因素（如温度、湿度变化）而性能下降。当绝缘材料的机械强度降低时，设备在运行中可能因为绝缘材料的断裂、脱落等导致异响现象。此外，绝缘性能的降低也可能引起局部放电，进而产生异响。

（四）其他可能因素

除了上述提到的主要因素外，还有一些其他可能导致组合电器异响的因素。例如，设备制造缺陷、安装不当、外部环境干扰（如风力、温差引起的物理振动）等，都可能间接或直接导致异响现象。因此，在对异响现象进行分析时，需要考虑到这些多方面的因素，综合判断并采取相应的预防和解决措施。

四、500kV组合电器异响的解决措施

（一）优化电器接触性能

1. 检查和调整接触压力

接触压力不足会导致接触电阻增大，引起过热和异响。通过调整接触器的压力，确保接触良好，可以有效降低异响。

2. 清洁接触表面

污垢、氧化物或其他杂质会增加接触电阻，导致异响。定期清洁接触面，使用适当的清洁剂和工具，去除表面的污染物。

3. 采用高质量的接触材料

接触材料的选择对于降低接触电阻和提高电器性能至关重要。应选择高导电性、低氧化性、耐腐蚀性好的材料，如银钨合金或铜镍合金等。

4. 提高接触面的平整度

接触面的不平整会导致接触不良，增加接触电阻。通过机械加工或其他方法提高接触面的平整度，可以改善接触性能。

5. 应用稳压措施

电气设备在运行过程中，电压的波动可能会导致接触不良和异响。通过安装稳压设备或采用其他稳压措施，保持电压的稳定，减少异响的发生。

6. 定期维护和检测

定期对组合电器进行维护检查，特别是接触性能方面，及时发现并解决问题，可以有效防止异响的发生。

（二）增强结构稳定性

增强500kV组合电器结构的稳定性是解决异响问题的另一重要措施。结构稳定性的优化旨在减少由于电磁力或其他外力引起的振动，从而降低或消除异响现象。

以下是一些具体的解决方案：

1. 优化设计

通过优化电器结构的设计，可以有效提高其整体稳定性和抗振性。这包括优化部件布局，减少长悬臂部件，增加支撑点等，以减轻由电磁力引起的振动。

2. 使用加强件和支撑

在易于振动的部件上安装加强件或支撑，可以有效提高其抗振性能。这些加强措施有助于固定部件，减少因振动引起的异响。

3. 材料选择

选择具有良好抗振特性的材料用于电器的制造，如使用刚性较高的材料，可以减少设备运行时的振动，降低异响的可能性。

4. 增加阻尼材料

在组合电器的关键部位增加阻尼材料，如橡胶垫或阻尼涂层，可以吸收振动能量，有效减少振动引起的异响。

5. 定期检查和维护

定期对电器结构进行检查和维护，确保所有部件固定牢靠，无松动或磨损现象，可以有效预防异响问题。

通过上述措施的实施，可以显著提高500kV组合电器的结构稳定性，有效减少异响现象，保证电器设备的稳定可靠运行。

（三）改进绝缘材料

绝缘材料的老化是导致异响的一个常见原因。通过改进绝缘材料，可以有效延长组合电器的使用寿命，并减少因绝缘材料问题引起的异响：

1. 选择高质量绝缘材料

使用耐高温、抗老化性能优异的绝缘材料，可以减少绝缘材料老化的速度，延长设备寿命。

2. 定期更换老化的绝缘材料

对于已经出现老化迹象的绝缘材料，应及时更换，以防止老化进一步发展导致异响或其他故障。

3. 改进绝缘结构设计

优化绝缘结构的设计，提高其耐环境应力的能力，可以有效减缓绝缘材料的老化过程。

通过这些措施，可以有效改善500kV组合电器的绝缘性能，减少因绝缘材料老化引起的异响问题，从而提高设备的稳定性和可靠性。

（四）综合治理策略

综合治理策略在处理500kV组合电器异响问题时发挥着至关重要的作用。通过对各种可能导致异响的原因进行综合分析，并采取相应的措施，可以从根本上解决问题，提高电器设备的运行效率和可靠性。以下是实施综合治理策略的几个关键方面：

1. 跨学科团队合作

建立由电气工程师、结构工程师、材料科学家等组成的跨学科团队，共同分析和解决异响问题。这样可以多个角度出发，综合考虑解决方案，提高问题解决的效率和有效性。

2. 系统性诊断和分析

运用先进的诊断工具和方法,如振动分析、热成像技术、电气测试等,对组合电器的异响问题进行全面的系统性诊断和分析。通过精确定位问题源头,可以更有针对性地制定解决方案。

3. 持续监控和预防

在解决现有异响问题的同时,建立起持续的监控和维护体系,定期对组合电器进行检查和维护。利用物联网技术,实现设备状态的实时监控,及时发现并预防潜在的异响问题,降低风险。

4. 技术和材料的创新应用

鼓励采用新技术、新材料和新工艺来解决异响问题。例如,应用更先进的绝缘材料、优化电器设计、采用新型阻尼减振材料等,以提高组合电器的性能和可靠性。

5. 培训和知识共享

组织培训活动,提升电力系统运维人员对组合电器异响问题的认识和处理能力。通过知识共享和案例研究,提高团队对异响问题解决方案的理解和应用能力。

通过实施这些综合治理策略,不仅可以有效解决500kV组合电器的异响问题,还能提高电力系统的整体运行效率和可靠性,确保电力供应的稳定和安全。

6. 加强设备监测与预警系统

为了及时发现和解决异响问题,应加强组合电器的设备监测与预警系统。这包括采用先进的传感器技术和数据分析方法,对设备的运行状态进行实时监测和分析,以及构建基于大数据和人工智能的预警模型,对可能产生异响的异常情况进行提前预警,以便及时采取措施进行处理,防止问题进一步恶化。

7. 强化故障应急预案

建立完善的故障应急预案,对于处理500kV组合电器的异响问题具有重要意义。应急预案应明确各种异响情况的应对措施,包括紧急停机、故障隔离、设备检修等,以确保在发生异响时能够迅速、准确地应对,减少故障对电力系统运行的影响。

8. 持续改进和优化

针对异响问题的处理,应建立持续改进和优化的机制。通过对已解决问题的总结和分析,找出问题的根源和解决方案的不足之处,提出改进措施并进行优化。同时,积极借鉴和引进国内外先进的经验和技能,不断提升异响。

(五) 深化研究与应用

1. 加强基础研究

针对500kV组合电器的异响问题,加强基础研究,深入探索其产生机理和影响因素。通过建立异响问题的数学模型和仿真分析,揭示异响与电器结构、材料、运行环境等因素之间的关系,为异响问题的预防和解决提供理论基础。

2. 推动技术创新

鼓励和支持新技术、新材料和新工艺在500kV组合电器中的应用。通过技术创新,提高电器的结构稳定性、抗振性和绝缘性能,从根本上减少异响问题的发生。同时,加强与高校、科研机构的合作,共同推动相关技术的研发和应用。

3. 建立异响问题数据库

建立500kV组合电器异响问题的数据库,收集、整理和分析各种异响案例。通过对大量数据的挖掘和分析,发现异响问题的规律和特点,为异响问题的预防和解决提供数据支持。

4. 强化国际交流与合作

加强与国际先进企业和研究机构的交流与合作,引进和借鉴其在500kV组合电器异响问题处理方面的先进经验和技能。通过国际交流与合作,提升我国在组合电器异响问题处理领域的整体水平。

结语

综上所述,针对500kV组合电器异响问题的解决方案涉及多个方面,包括优化设计、加强支撑与材料选择、改进绝缘材料以及实施综合治理策略等。这些措施的有效实施,不仅可以减少电器设备的振动和异响现象,提高设备运行的稳定性和可靠性,还能延长设备的使用寿命,降低维护成本。同时,通过跨学科团队合作、系统性诊断和分析、持续监控和预防等综合治理策略的应用,可以实现对异响问题的全面治理和预防。因此,为了保障电力系统的稳定和安全运行,应重视并加强500kV组合电器异响问题的研究和解决工作,不断推动相关技术的创新和应用。

参考文献

- [1]张云,王云龙,肖云,等.220 kV GIS断路器异响分析与处理[J].高压电器,2021.
- [2]王宇,赵彦平.500 kV组合电器户外防水连接器防水失效原因分析及处理建议[J].现代工业经济和信息化,2019(2):2.
- [3]郭海军.110kV GIS组合电器的安装工艺浅析[J].建筑·建材·装饰,2021(020):000.
- [4]张雅超,司昌健,王欣,等.基于超声波法的500 kV GIS带电检测技术的应用[J].吉林电力,2019.
- [5]乔胜亚,朱晨,李光茂,等.220 kV GIS母线快速接地开关异响诊断[J].浙江电力,2021,40(7):6.
- [6]郭跃东,郭小娴,郭丽华.一起组合电器发响的原因分析及处理[J].电世界,2020,061(004):29-33.
- [7]张仕民,李卫伟,杨洋,等.某500 kV组合电器断路器分闸不到位故障发现及分析[J].四川电力技术,2020,43(1):5.
- [8]孟露.新型550kV金属封闭组合电器在工程中的应用及存在问题[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(11):2.