

高压电缆中间接头的故障原因与对策分析

杨 振

(华能(福建)能源开发有限公司清洁能源分公司,福建省福州市,350000)

摘要 高压电缆中间接头故障对电力系统造成重要影响,接头故障原因包括材料老化、施工安装不当及环境与操作影响。电气性能故障和非电气性能故障是两种主要故障形式。通过局部放电检测、红外热成像和超声波检测等技术,可以有效识别和定位故障。优化材料选择、提升施工标准、实施定期检测和维护是预防和减少故障发生的关键策略,对于提升整个电力系统的可靠性和效率至关重要。

关键词 电缆接头故障;施工标准提升;故障检测技术

中图分类号:TM247 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2024)08-0009-03

1 高压电缆中间接头故障原因分析

1.1 材料老化与退化

高压电缆中间接头的绝缘材料老化与退化是导致其故障的重要因素之一。随着时间的推移,电缆接头所用的绝缘材料会因长期承受电压、电流、温度波动以及化学腐蚀等多重因素而逐渐老化退化。高压电缆在运行过程中,会经历持续的热循环效应,这导致材料内部的微观结构发生变化,从而降低其机械强度和电气性能。环境中的潮湿、氧化和其他化学物质可以侵蚀绝缘层,使其逐渐失去原有的绝缘能力。绝缘材料的退化不仅降低了电缆接头的绝缘性能,还可能引发局部放电现象,进一步加速材料的老化过程^[1]。了解和控制电缆接头材料的老化与退化对于延长电缆寿命、保障电力系统的稳定运行具有至关重要的意义。

1.2 施工安装不当

施工安装不当是高压电缆中间接头故障的另一个关键原因。电缆接头的安装过程复杂且精细,任何小的疏忽都可能导致严重的后果。接头安装过程中的绝缘层受损或导体接触不良,可以直接影响到接头的绝缘性能和长期的电气稳定性。例如,如果接头的压接不均匀或压接工具未能正确使用,可能会导致接触电阻增大,从而增加接头处的热损

失和发热问题。施工现场的环境控制不当也是一个常见问题。例如,高湿度环境中的水汽可能会渗透到接头材料中,长期累积后形成导电通道,引起绝缘性能下降。此外,施工过程中防尘和防潮措施不足,也会导致绝缘材料受到污染,这些污染物在电场作用下可能成为局部放电的源头,粉尘及潮气对110kV及以上电压等级交联聚乙烯(XLPE)电缆影响尤为明显,由此导致的电缆故障经常发生。接头的防护和密封措施不充分也会对其长期运行造成影响。如果防护层和密封材料的选择不当或应用不正确,可能无法有效防止外部环境对接头的侵蚀,导致其物理和化学性能降低^[2]。加强施工质量控制,确保每一步施工工艺都符合高标准,对于确保高压电缆中间接头的可靠性至关重要。

1.3 环境与操作因素

环境与操作因素同样是高压电缆中间接头故障的重要原因之一。环境温度的极端变化对电缆接头的材料特性有显著影响。温度的剧烈波动会引起材料热膨胀和收缩,从而影响接头的密封性和绝缘性。长期的温度循环可能导致接头材料的微观结构破坏,进而降低其整体性能。

环境中的化学物质,如盐雾、酸雨及其他腐蚀性物质,也可能对电缆接头材料产生腐蚀作用。这些化学物质能渗透到绝缘材料中,加速材料的老化过程,增加电气故障的风险。特别是在污秽等级较高的工业区或沿海地区,盐分和湿度较高的环境会更加剧这一问题^[3]。

操作失误也是造成中间接头故障的一个不可忽视的因素。不正确的操作可能包括电缆的过度

作者简介:杨振(1990~),男,汉族,福建福州人,本科,工程师,研究方向:高压试验、电力电缆。

弯曲、不当的拉力应用或者在安装过程中的非规范操作,这些都可能对接头的物理结构造成损害,影响其长期的稳定性和安全性。合理的环境和操作管理是确保高压电缆中间接头可靠性的关键。

2 故障形式与诊断方法

2.1 电气性能故障表现

高压电缆中间接头的电气性能故障主要表现为绝缘性能下降、电阻增加和局部放电。绝缘性能下降是由于绝缘材料老化、环境腐蚀或施工不当导致绝缘层损坏,这可能导致介质损耗增加,使得电缆泄漏电流变大,进而引起电缆发热。接头处电阻的增加通常与接触不良或材料退化有关,增加的接触电阻会导致过热问题,进而影响电缆的整体传输效率。局部放电是高压电缆中间接头另一个常见的故障现象,这种放电通常在电缆接头的微小缺陷处发生,如微小裂缝或空气隙。局部放电不仅损害绝缘材料,而且其放电脉冲可以通过电缆系统传播,对其他电气设备造成干扰。对于电气性能故障的诊断,需要依赖精密的测量工具和技术来准确检测和定位故障点,以确保电力系统的稳定和安全运行。

2.2 非电气性能故障分析

非电气性能故障在高压电缆中间接头中同样重要,这些故障通常涉及机械结构损伤、材料退化或环境应力。机械结构损伤可能由于外部冲击、不当的安装操作或长期的物理应力而发生。接头处的不当扭曲或拉伸会导致绝缘层破裂,使得保护层失去完整性,进而影响整个接头的密封和保护功能。材料退化不仅限于电气性能的降低,它也包括如防水密封材料和护套的物理性能衰退^[4]。这种类型的退化可能因环境因素如UV辐射、化学腐蚀或过高温度而加速。环境应力,尤其是在极端气候条件下,如温度剧烈变化和湿度高的地区,会进一步加剧这些材料的损伤,增加故障风险。

对非电气性能故障的分析需要综合考虑机械、化学和环境因素的影响。通过定期的视觉检查、机械性能测试和环境适应性评估,可以有效预防和诊断这类故障,保障电缆系统的长期可靠运行。

2.3 先进的故障检测技术

随着技术的进步,高压电缆中间接头的故障检测方法也在不断发展,越来越多的先进技术被应用

于故障诊断中。其中,局部放电检测、红外热成像技术、超声波检测和波反射法是当前最常用的几种技术。局部放电检测技术是通过监测电缆中间接头和其它绝缘部件中的电气放电活动来识别潜在故障。这种方法可以在早期阶段发现缺陷,防止故障发展到更严重的程度。红外热成像技术利用热摄像机检测接头部位的热分布,不正常的热点可以指示存在过热现象,这通常是由于接触电阻增大或局部放电引起。

超声波检测技术则是通过分析由电缆接头发出的超声波信号来评估接头的结构完整性。这种技术特别适用于检测接头内部的微小裂缝或空隙,有助于及时发现因机械应力或材料退化造成的隐患。波反射法利用行波原理,根据注入的脉冲波及反射波的极性、时间判定故障性质及距离,能有效检测出低阻接地、断线等故障。随着数字化和智能化技术的发展,基于大数据和机器学习的故障诊断方法也开始得到应用。这些技术通过分析大量数据,可以更准确地预测电缆故障的可能性,从而实现更主动的维护策略。这些先进的检测技术不仅提高了故障检测的准确性和效率,也大大提升了电力系统的安全性和可靠性。

3 预防措施与改进策略

3.1 优化材料选择与处理工艺

在高压电缆中间接头的制造和维护过程中,选择优质的材料并采用先进的处理工艺是预防故障的关键。优化材料选择意味着使用更适合特定环境条件和电气要求的高性能绝缘和密封材料。采用交联聚乙烯(XLPE)作为绝缘材料,由于其优良的电气性能、化学稳定性和热稳定性,被广泛应用于电缆接头的制作中。此外,使用硅橡胶等高弹性材料可以提供更好的密封效果,有效防止水分和污染物的渗透。实际案例中,一个位于中部省份的风电场,使用热缩材料法制成的接头在极端气候条件下表现不佳,多次电缆故障。改用硅橡胶冷缩材料的电缆接头后,接头的密封性能和抗环境侵蚀能力得到改善,故障率显著下降,稳定性和可靠性显著提升。

优化处理工艺也是提高接头质量的重要方面。采用自动化的压接和注射成型技术可以确保接头组件的一致性和精确性,减少人为因素引起的错

误。通过这种方式,每个接头的制作都能达到高标准,保证其性能符合设计要求。通过优化材料选择和改进处理工艺,可以显著提升高压电缆中接头的质量和性能,从而减少故障发生,延长电缆系统的使用寿命,确保电力系统的稳定运行。

3.2 提升施工安装标准

为了降低高压电缆中接头的故障率,提升施工安装标准是至关重要的一环。这包括对施工人员的专业培训、采用标准化的安装流程和工具,以及严格的质量控制措施。通过这些步骤,可以确保每个接头的安装都达到高质量标准,从而显著减少因安装错误导致的故障。专业培训是提升施工质量的基础。施工人员需要熟悉最新的电缆接头技术和安装技巧,这通常通过定期的培训课程和认证来实现。例如,某发电集团区域检修公司培训中心开办了一个为期一个月的电缆技能培训,重点教授高压电缆接头的正确安装方法,实施培训后,公司配电站工人安装的接头故障率下降了约30%。

采用标准化的安装流程和工具可以确保安装的一致性和准确性。这包括使用高精度的工具设备进行压接和测量,以及遵循严格的步骤指南来执行每一个安装动作。这种方法不仅提高了施工效率,而且降低了因手工误差导致的问题。强化现场的质量控制措施,如进行严格的施工检查和测试,也是保证安装质量的关键^[5]。这包括对接头的电气测试、视觉检查以及必要时的压力测试,以确保每个接头都能在投入运行前达到设计要求。通过这些综合措施,可以显著提高电缆接头的可靠性,从而为整个电力系统的稳定运作提供坚实的基础。

3.3 实施定期检测与维护程序

定期检测与维护程序是确保高压电缆中接头长期稳定运行的关键措施。通过系统的检测和定期的维护,可以及时发现潜在的故障和退化,从而有效预防故障的发生和扩散。实施这一策略不仅提高了系统的可靠性,也延长了设备的使用寿命。在实际应用中,例如,在某发电集团在福建火电厂中,部署了一套电缆状态检测系统,用于监控

其高压电缆运行状况。该系统包括定期的视觉检查、红外热成像扫描和电气性能测试。特别是红外测温电缆,可有效检测出电缆接头过热的问题。通过这种方式,该电厂电气检修人员能够及时识别出问题接头,进行必要的维护,显著减少了故障发生的频率和严重性。

除了技术检测,该厂还实施了一套完善的维护计划,包括定期红外测温、接地环流检测以及定期更换磨损部件。这些措施保证了接头始终处于最佳工作状态,避免了环境因素对设备造成的长期损害。为了增加这些程序的效率,该厂建立了数据管理台账,用以记录每次检测和维护的详细信息,确保所有的数据都被有效管理和利用。这种管理策略不仅提高了维护工作的透明度,也为未来的策略调整提供了数据支持。通过这些定期检测和维护措施的实施,电力企业能够确保其电缆的健康和稳定,从而为电力系统安全稳定运行供应提供坚实的保障。

4 结语

高压电缆中接头的故障对电力系统的稳定运行构成了严重威胁。通过深入分析接头故障的原因,本研究揭示了材料老化、施工安装不当以及环境与操作因素是主要的故障触发点。故障形式主要包括电气性能下降和机械结构损害。针对这些问题,提出了采用先进材料、提升施工标准和实施定期检测的改进策略。这些措施能有效提升电缆运行的可靠性和电力系统的整体安全。

参考文献

- [1] 莫杰锋,刘家鸿,杨智针,等.高压电缆中接头的故障原因与对策分析[J].电子技术,2023(10):204-205.
- [2] 雷秀生.高压电缆中接头故障原因及防范对策[J].电力安全技术,1999(1):2.
- [3] 戴伟力.10kV电缆中接头故障综述及对策分析[J].建材与装饰:下旬,2015(52):2.
- [4] 戴章.浅谈高压电缆冷缩中接头常见故障及对策[J].科研,2024(04):19.
- [5] 薛超.一起35kV电缆冷缩中接头故障原因分析及对策[C]//2016.