

400V框架断路器接地故障的排查与分析

李志梁

宁波市轨道交通集团有限公司运营分公司 浙江 宁波 315100

摘要: 本文深入探讨了400V框架断路器的接地故障排查技术及其原因分析。首先,介绍了400V框架断路器接地系统概述,并阐述了400V框架断路器接地故障的常见原因。此外,我们深入探讨了故障排查的难点,并针对这些问题提出了解决方案。

关键词: 400V框架断路器; 接地故障; 排查; 分析

1 400V 框架断路器接地系统概述

400V框架断路器的接地系统是保障其正常运行的关键部分,其主要功能是确保设备在运行过程中的安全,并将故障电流引入地下,以防止设备受到损害或引发火灾。接地系统的基本组成包括接地体和接地线。接地体是埋设在地下的金属导体,用于将电流引入地下;接地线则是连接设备与接地体的电缆或导体,起到传输电流的作用。接地电阻是衡量接地系统性能的重要参数,其大小直接关系到故障电流能否顺畅地流入大地。400V框架断路器的接地系统在工作时,通过低电阻通道将电流引入地下,从而避免了对地电压的升高和对设备的损害。此外,接地系统还为操作人员提供了安全保障,即使在设备故障的情况下,也可以通过接地系统将漏电流引入地下,从而避免操作人员触电事故的发生。总的来说,400V框架断路器的接地系统是一个重要的安全保障措施。为了确保其正常工作和有效性,需要定期进行维护和检查,及时发现并解决潜在的问题^[1]。

2 400V 框架断路器接地故障的常见原因

2.1 设备老化与磨损

设备老化与磨损是400V框架断路器接地故障的常见原因。在长时间运行过程中,断路器及其接地系统会受到各种因素的影响,如电流的持续通过、环境因素以及机械应力的作用等,导致设备元件逐渐老化、磨损甚至失效。首先,电流的持续通过会对断路器的触头和相关导体产生电腐蚀作用,随着时间的推移,腐蚀的程度会逐渐加重,导致导体的截面积减小,电阻增加,最终可能引起过热、接触不良等问题,从而影响接地系统的正常功能。其次,环境因素也是导致设备老化的重要原因。例如,化学物质的侵蚀、紫外线照射、温度变化以及湿度的长期影响等,都会加速设备元件的老化和腐蚀过程。机械应力的作用也是不可忽视的因素。在断路器的操作过程中,由于机械力的反复作用,可能会导致设

备的机械结构发生变形或疲劳损伤,进而影响到设备的电气性能和接地系统的稳定性。

2.2 安装与维护问题

除了设备老化与磨损,安装与维护问题也是导致400V框架断路器接地故障的常见原因之一。在安装过程中,由于施工不规范或技术水平不足,可能导致接地系统在初期就存在隐患。同样,如果维护不当或缺乏定期的检查,也可能使原本正常的接地系统逐渐出现问题。在安装过程中,常见的问题包括接地体的埋设深度不足、接地线的连接不良、设备与接地体的电阻过大等。这些问题不仅影响了接地系统的性能,也可能在运行过程中导致过热、电化学腐蚀等现象,进而引发故障。而在维护方面,如果缺乏定期的检查和保养,原本正常的接地系统可能会出现氧化、腐蚀、松动等现象^[2]。例如,接地线的连接点如果长期暴露在空气中,可能会受到腐蚀;如果连接螺丝松动,可能会导致接触电阻增大;如果缺乏对土壤环境的定期检查和必要的维护措施,土壤中的盐分、水分等可能会对接地体造成侵蚀。

2.3 环境因素

在运行过程中,断路器及其接地系统会受到各种环境因素的侵蚀和影响,如土壤湿度、酸碱度、盐分含量、地下水位、天气条件等。这些环境因素的变化都可能对接地系统造成一定的影响,从而导致接地故障的发生。在土壤含水量较高的情况下,导电性能会提高,从而减小接地电阻。但是,如果土壤湿度过高,可能会导致接地体发生腐蚀或氧化现象,从而降低其导电性能。相反,在干燥的土壤环境中,导电性能会降低,接地电阻会增大,这可能导致设备在接地不良的情况下运行,增加发生故障的风险。酸性土壤可能会加速接地体的腐蚀过程,而碱性土壤则可能引起接触不良或氧化现象。盐分含量也是影响接地系统的一个重要因素。盐分对接地体的腐蚀作用较强,高盐度的土壤环境会导致接地体

的导电性能迅速下降。当地下水位较高时，土壤中的水分增多，导电性能提高；而当地下水位下降时，土壤干燥，导电性能降低。水位波动可能会引起接地体的腐蚀和氧化，进而影响接地系统的性能。天气条件的变化也会对断路器的接地系统产生一定的影响。例如，长期降雨或雷电天气可能会导致接地体的腐蚀或放电现象；而在干燥的天气条件下，土壤中的水分减少，导电性能降低，可能引发过热或接触不良等问题。

3 框架断路器与抽屉柜定值匹配

现场根据设计院提供401定值 $I_g = 1200A$ ，延时 $t_g = 0s$ 设置，以抽屉柜A端环控一级负荷（备）为例，额定电流为160A，发生故障时，其瞬时保护定值 I_i 达到 $12 \cdot I_n = 1920A$ ，短延时保护 $6 \cdot I_r = 1500A$ ，高于401接地保护电流定值，若故障电流高于1200A，低于1500A，此时401框架断路器接地保护动作，400V抽屉柜不动作，目前西门子的框架断路器接地保护均设置为退出，建议通过技术改造手段解除施耐德框架断路器该保护功能。

3.1 框架断路器接地的保护定值分析

框架断路器接地的保护定值设定对于保障电力系统的稳定运行至关重要。在正常情况下，当发生接地故障时，框架断路器的接地保护应迅速动作，有效地切断故障电流，以防止故障扩大。然而，根据故障分析报告，当存在故障电流时，抽屉柜的塑壳断路器未动作，而框架断路器的接地保护却发生了跳闸。这需要对现有的保护定值进行深入分析。

3.2 越级跳闸问题原因分析

越级跳闸通常是由于保护定值设置不匹配或设备故障造成的。根据报告提供的数据，抽屉柜塑壳断路器的短路保护定值可能过大，无法在规定的时间内切除故障电流，从而导致上级框架断路器的接地保护动作。此外，塑壳断路器可能存在机械故障或电气故障，导致其无法正常执行跳闸操作^[3]。

3.3 常规检查与诊断

对于400V框架断路器接地故障的排查，常规检查与诊断是一项重要的技术手段。通过对接地系统的外观检查、接触电阻的测量以及土壤环境的分析，可以有效地发现潜在的问题并采取相应的措施进行修复。首先，外观检查是排查接地故障的基础步骤。检查内容包括接地线的完整性、连接点的紧固情况、接地体的腐蚀程度等。通过目视检查，可以发现明显的损伤或腐蚀现象，如断裂、锈蚀等。同时，应检查接地线的连接点是否牢固，有无松动或腐蚀迹象。如有问题，应立即进行修复或更换。接触电阻的测量是排查接地故障的关键环节。

通过使用专用的接地电阻测量仪，可以测量接地线的电阻值，并与规定的标准值进行比较。如果测量结果超出标准范围，说明接地系统存在问题，可能需要进行进一步的检查和修复。土壤环境的分析也是排查接地故障的重要手段^[3]。通过对土壤的湿度、酸碱度、盐分含量等参数进行检测和分析，可以了解土壤环境对接地系统的影响程度。根据土壤环境的变化，采取相应的措施，如改良土壤、增加排水等，以改善接地系统的性能。除了常规检查与诊断方法外，还可以采用其他技术手段来排查接地故障。例如，电探法可以通过对土壤中的电场进行测量和分析，发现地下金属物体的位置和形态；地质雷达法可以利用高频电磁波探测地下物体的位置和分布情况。这些方法可以提供更深入的信息，帮助确定接地故障的具体原因和位置。

4 预防和应对策略建议

4.1 后续整改措施

现场先断开负荷抽屉电源，再进行母线绝缘检查，馈线电缆绝缘检查，确保无异常后再请示电调送电。对断路器的参数设置进行核对，确保每个定值在合理范围内。检测所有馈线零序电流值，如有异常及时汇报并记录。联系施耐德厂家，要求对本断路器控制性能进行核对，确定断路器功能符合实际要求。加强班组人员对400V断路器跳闸程序抢修的学习培训，要求班组人员熟练掌握400V跳闸故障处理流程，同时在抢修人员未到达前，按当班工长或工程师电话要求先排除故障，尽早恢复送电。

4.2 加强设备的日常维护与保养措施

为了确保400V框架断路器的正常运行，预防接地故障的发生至关重要。除了采取专业的检测工具和技术进行定期检查与诊断外，加强设备的日常维护与保养措施也是预防接地故障的有效途径。制定详细的维护计划，定期对断路器的接地系统进行检查，确保接地线的完好、连接牢固。定期清理设备上的灰尘和杂物，防止因污垢导致的散热不良或接触不良等问题^[4]。土壤湿度、酸碱度、盐分含量等因素都可能影响接地系统的性能。定期对土壤环境进行检测和分析，及时了解土壤的变化情况，并根据实际情况采取相应的措施，如改良土壤、增加排水等，以改善接地系统的性能。定期组织技术培训和交流活动，使操作和维护人员熟练掌握接地系统的维护和保养技术。同时，加强对接地系统重要性的宣传和教

4.3 提高安装施工的质量和规范性

在电力系统中，400V框架断路器是一种重要的保护

设备,而其接地系统的正常运行对于设备的稳定性和安全性至关重要。为了预防接地故障的发生,除了日常维护与保养措施外,提高安装施工的质量和规范性也具有重要意义。(1)严格遵守安装施工的规范和标准是关键。施工单位应具备相应的资质和经验,熟悉并掌握相关的标准和规范,确保施工过程的合规性和准确性。在施工过程中,要加强质量监管,确保每一道工序都符合要求,避免因施工不当导致接地系统的问题。(2)选择合适的接地方式和材料也是预防接地故障的重要措施。根据设备的要求和土壤环境的特点,选择适当的接地方式和材料,如自然接地、人工接地等。同时,确保接地材料的质量符合要求,避免使用劣质材料导致接地系统的性能下降。(3)加强与设备制造商的技术交流与合作也是必要的。制造商应提供详细的技术资料和安装指导,协助施工单位了解设备的性能和安装要求。通过技术交流与合作,可以确保设备的正确安装和接地系统的良好运行。对于已经发生的接地故障,及时采取应对策略同样重要。应查明故障原因,如是因为安装施工问题导致的故障,应立即采取修复措施。对整个接地系统进行全面的检查,确保其他部分没有类似的问题。加强日常的维护和保养,定期对设备进行检查,及时发现并处理潜在的问题。

4.4 建立健全的应急预案和处理机制

为了确保400V框架断路器的正常运行,预防接地故障的发生以及应对故障情况,建立健全的应急预案和处理机制至关重要。应急预案能够指导操作和维护人员在故障发生时迅速、准确地采取应对措施,降低故障的影响。制定详细的应急预案是基础。预案应包括接地故障的识别、预警、处理和恢复等方面的内容。预案应根据设备的实际情况和可能出现的故障情况,结合操作和维护人员的经验,制定切实可行的措施。同时,应急预案应定期进行评估和更新,确保其始终与实际状况保持一

致。建立快速响应和处理机制是关键。一旦发生接地故障,应立即启动应急预案,迅速组织操作和维护人员赶赴现场。在处理过程中,应遵循安全第一的原则,采取必要的防护措施,确保人员安全。同时,应优先恢复设备的正常运行,尽快恢复供电。加强与相关部门的协作和配合也至关重要。在处理接地故障时,可能需要其他部门的支持和协助,如调度部门、维修部门等。加强与相关部门的沟通和协作,确保信息畅通、资源共享,能够提高故障处理的效率和质量。为了提高操作和维护人员对应急预案的熟悉程度和应对能力,应定期组织培训和演练活动。通过模拟接地故障场景,进行实操演练,使人员能够熟练掌握应急处理技能和方法。同时,通过培训和演练活动,也可以发现预案中存在的问题和不足之处,以便进一步改进和完善。

结束语

随着电力系统的日益复杂化,400V框架断路器的接地故障排查和分析工作显得尤为重要。准确、及时的故障排查不仅可以确保电力系统的稳定运行,还能降低因故障造成的损失。对于操作和维护人员来说,了解和掌握现代的故障排查技术是关键。同时,持续的研究和创新也是未来提高故障排查效率和准确性的重要方向。总的来说,只有不断努力和持续改进,才能确保电力系统的安全、稳定运行。

参考文献

- [1]张晓光.400V框架断路器接地故障分析及排查技术探讨[J].电气技术与自动化,2021,40(2):145-147.
- [2]刘云龙,陈国峰.400V低压开关设备的接地故障分析及排查技术[J].电力与能源,2021,42(1):98-101.
- [3]王永生.400V框架断路器的接地故障预防及处理对策研究[J].中国设备工程,2021(6):34-35.
- [4]李强,王志勇.400V框架断路器的常见接地故障与解决方案[J].电工技术学报,2021,36(S1):28-34.