

500 kV 断路器合闸电阻故障分析及运行维护

王一帆, 吴昕泽

(国网河南超高压公司, 河南 郑州 450000)

摘要 电力系统中合闸电阻在断路器合闸过程中起着抑制涌流、保护设备的作用。因此, 对其 500 kV 断路器合闸电阻故障进行深入分析并加强运行维护显得尤为重要。本文在分析 500 kV 断路器工作原理基础上对合闸电阻故障分析与运行维护作用进行探究, 以具体工况为例, 探究该断路器合闸电阻故障分析方法与运行维护策略, 以期能给相关维护工作人员提供参考。

关键词 500 kV; 断路器; 合闸电阻; 故障分析; 维护策略

中图分类号: TM56

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)09-0043-03

电力系统作为现代社会重要的基础设施, 关系到人民群众生产生活以及社会的稳定发展。500 kV 变电站作为主要基础设施, 是电力能源传输和使用的关键, 对社会的电力能源合理开发和利用存在直接影响。500 kV 线路断路器是变电站内核心设备, 其属于重要开关设备类型, 保证电网正常运行, 使供电系统达到使用的标准, 防止出现严重的故障缺陷。通过该装置的运行可对电气设备的切除或者投入进行控制, 结合线路通行的状态做出系统运行调整, 使电网达到运行平稳性的标准。一旦在运行中出现设备或者电路的故障问题, 要通过该装置快速切断线路或者设备, 防止出现故障严重的情况, 尽可能降低对其他设备或者线路产生影响。基于此, 本文将深入分析 500 kV 断路器合闸电阻故障, 落实各项运行维护措施, 旨在为保证 500 kV 断路器运行效果不受影响提供参考, 从而满足电力系统运行可靠、稳定的要求。

1 工作原理和运行维护工作的重要性

500 kV 输电线路作为电力系统的核心组成部分, 该系统是确保电力能源稳定供应的关键。针对电力系统工作的情况, 对 500 kV 配电线路进行全面检查分析, 保证断路器的功能处于良好条件下, 进而确保输电线路的运行不受影响。

与此同时, 根据断路器的工作情况分析其工作原理, 针对工作运行条件合理设置各项技术参数, 使得断路器的功能达到标准。从以往 500 kV 输电线路断路器运行情况进行分析, 其故障发生概率较高, 了解形成的原因再采取合理的故障排查处理措施, 防止引发严重的输电线路损坏现象。通过上述措施提高 500 kV 断路器运行效果, 保证其运行达到平稳性要求, 对输

电线路运行效率提升产生积极作用^[1]。

2 某变电站断路器事故分析

某 500 kV 变电站 5022 断路器为热备用状态时, 合闸电阻发生爆炸事故。经过技术人员检查发现, 5022 开关合闸位置出现瓷瓶严重损坏的情况, 断路器分闸位置、机构位置正常。

2.1 原因分析

合闸电阻发生动作的主要因素是因为运行的过程中绝缘感杆动电阻断口和主断口发生动作, 导致传动比改变进而引发运行故障。电阻断口出现自动分闸的指令, 导致整个系统功能受到影响。断路器分闸的过程中, 合闸电阻不会参与到分闸中。从本故障问题进行分析, 发现绝缘管内的线路褶皱问题较为严重, 已经占满整个管道内部, 无法满足系统运行的需求。

2.1.1 断路器外部污闪

如果 500 kV 断路器运行的环境比较阴暗潮湿, 长期投入使用下, 磁套表面存在大量的污秽物, 断路器绝缘性能下降, 也会在运行中出现闪络现象。本断路器发生故障后由技术人员分析录波图, 检测其故障发生时电压值处于承受范围内, 但是因为外部存在污秽物出现闪络现象, 进而导致故障变得更加严重。

2.1.2 断路器开断故障

按照电力系统运行的要求, 断路器断开时必须要在同一时间内完成动作, 否则将会造成系统电压超标而引发严重故障问题。除此之外, 如果灭弧室压力逐步升高, 也会导致断路器系统发生故障问题。对本断路器故障问题进行分析, 可确定断路器长期处于开断热备用状态, 机构位置和储能装置正常, 所以并未出现该问题。

2.2 合闸电阻内部缺陷

2.2.1 设计存在缺陷

电位相同的两种断路器，在合闸运行中状态通常是相同的。但是很多方案设计中，由于设计人员考虑不到位，或者对电力系统的运行情况分析不足，造成有些部位出现电气故障的现象引发系统爆炸。除此之外，断路器投入使用后，因为合闸电阻电场以及流通容量等方面存在干扰，导致其故障率升高，无法满足系统运行需求。

2.2.2 合闸电阻零部件质量或装配时存在缺陷

在选择合闸电阻零部件时，零部件功能不合格或者本身零部件存在质量问题，也有可能在合闸电阻零部件安装时没有按照标准要求安装作业，导致装配后功能性无法达到要求，甚至运行中出现拉杆断裂的现象。如果无法解决上述问题，断路器运行的过程中各项功能无法达到要求，其运行效果会受到影响^[2]。

2.2.3 运输安装合闸电阻存在的缺陷

通过对500 kV断路器的运行状况展开检查，了解合闸电阻端口A2拉杆发生断裂现象，造成合闸环节操作失误，也会导致系统的摩擦力增加，管道内部被不良的线路填充，绝缘体受到损坏，电流的传输也无法达到要求。除此之外，断路器合闸电阻出现异常情况造成动、静两端结构运行状态改变，甚至发生悬梁臂结构形式损坏的情况，进而出现断路器功能缺失、垂直冲击力过大造成整个结构严重损坏。

2.2.4 冲击过电压

1. 雷电过电压。雷电过电压故障的发生多数是因为雷电天气所引发的，而本断路器在故障检查时天气状况良好，并未发生雷电过电压的故障，所以排除该故障的影响。

2. 系统谐振过电压。通过对本断路器的故障问题展开分析，由技术人员检测录波图，并未发现谐振过电压的问题，所以排除该故障。

3. 操作过电压。由于断路器运行中操作站内、对侧变电站进行倒闸操作，所以可排除过电压故障问题。

通过对本断路器的运行故障展开分析，确定其发生电阻爆炸的原因可能是如下几点：（1）电阻A2的动触头绝缘拉杆位置，质量性能不达标，或者在装配、运输等过程中导致结构部件损坏。除此之外，安装施工过程中选择安装工艺或者操作流程不当，和配件结构产生严重的撞击影响，出现绝缘杆拉杆断裂的问题进而引发电阻爆炸；（2）断路器绝缘拉杆采用方形形式，如果发生断裂问题导致断裂口位置呈现出较多的棱角，尤其是合闸时由于和内壁接触形成较大摩擦力，进而

导致绝缘系统存在褶皱而填充整个管道内部空间。但动侧弧触头位于合闸部位，断路器分闸位置热备用条件下只通过A1承受电气绝缘。合闸动作发生后会对内部的密封部件产生较大冲击，而反复冲击下，冲击次数逐步增多，导致合闸电阻的密封性受到破坏，进而出现SF6气体的泄漏；（3）经过运维人员的全面检查，掌握故障录波的运行状态，确定该位置在合闸电阻爆炸前出现线路间断性的故障问题。由技术人员综合分析发现该故障形成的主要原因是合闸电阻A2处于导通状态，A1线路一侧存在接地情况，且电压超出A1承受的范围，该位置的绝缘系统被击穿。变压器在线路有电流通过时，由于其通行电路超出标准或者系统存在故障，出现5022断路器接地的现象。上述各项问题的出现造成5 000 A接地电流形成合闸电阻，进而引发整个系统爆炸^[3]。

2.3 断路器合闸失效的影响

500 kV输电系统正常投入使用后，断路器运行中合闸无法达到动作的要求，容易导致整个系统不能正常运行，引发电力能源传输中断的情况。如果故障问题发生较为严重，或者持续没有解决，就会对周边居民生命安全以及社会稳定产生影响。断路器合闸失效形成的原因比较多，具体主要包含如下几点：（1）系统运行的过程中，电气二次回路出现断路器失效的现象，导致其合闸状态无法达到要求，造成整个系统运行受到影响；（2）输电线路运行的过程中，因为开关或者操作机构发生故障问题，断路器的功能缺失，控制开关无法正常使用，同时发出警报信号，各项功能无法满足要求。如果该阶段没有及时采取合理有效的处理措施，将会造成故障进一步严重。该问题的发生主要是因为电压过低，或者调整操作机构控制不当引起的，断路器合闸状态无法达到预设的标准，系统操作故障较为严重，基于上述故障，选择合理维护措施才能避免出现严重事故，保障电力能源稳定传输。

3 500 kV 断路器运行维护要点

在500 kV断路器合闸电阻故障进行分析后，已初步掌握故障形成原因，再采取合理的维护措施，进而保证断路器正常运行。维护过程中应从如下几个方面展开：（1）创新维护技术，提高断路器的维护水平；（2）采取环境保护措施，给断路器正常运行营造良好的环境；（3）合理保护断路器装置，防止因为操作不当或者外部环境等引发故障；（4）加大力度展开工程监理，保证断路器的安装效果合格^[4]。

3.1 做好断路器合闸电阻的检查和维修工作

对于500 kV断路器的合闸电阻，检查的首要任务

是确认电阻值是否在规定的范围内,并且其变化是否稳定。这通常需要使用高精度的电阻测量仪器进行精确测量,并与历史数据进行比对。同时,还需观察电阻器表面的状态,检查是否有过热、烧焦、变形等异常情况。如果发现电阻值异常或表面损坏,应立即进行进一步的检查和维修。在维修过程中,首先要确保断路器的电源已经断开,以避免电击事故。随后,根据电阻器的损坏程度,采取相应的维修措施。对于电阻值偏差较大的电阻器,可能需要更换新的电阻元件;而对于表面损坏的情况,则需要清理、修复或更换相关部件。维修完成后,还需重新测量电阻值,确保其满足要求。

3.2 提高断路器合闸电阻的自身性能

提高断路器合闸电阻的自身性能是确保电力系统安全稳定运行的重要内容,为了达成这一目标,需要从多个方面入手。首先,应选用高品质、高性能的电阻材料,这些材料应具有良好的电阻稳定性、耐高温性和耐腐蚀性,以确保合闸电阻在长时间、高负荷运行下依然保持稳定的性能。其次,在电阻器的设计和制造过程中,应采用先进的工艺和技术,确保电阻器的结构紧凑、散热性能优良,以减少因过热导致的性能下降。此外,通过优化电阻器的接线方式和接触结构,可以有效降低接触电阻,提高电流的传输效率,从而进一步提高合闸电阻的性能。在日常运维过程中,加强对合闸电阻的监测和维护也是提高其性能的关键。检修人员应定期对合闸电阻进行性能检测,包括电阻值的测量、温度的检测等,以便及时发现并处理潜在问题。同时,在电气系统或电子设备中,电阻器作为关键的元器件,其稳定性能直接影响到整体设备的运行效率与安全性。因此,对于那些已经运行较长时间或表现出性能下降迹象的电阻器,必须给予高度重视。这些电阻器因长期使用而老化,或因环境因素(如温度波动、湿度变化)导致性能衰减,进而影响到电路的稳定性和精度。为确保电气系统或电子设备的持续高效运行,我们应当建立定期检测机制,一旦发现电阻器性能不达标,就应立即采取行动,及时更换为同规格、高性能的新电阻器,或根据具体情况进行维修处理,从而保障电阻器始终维持在良好的工作状态。

3.3 提高输电线路的整体性能

在进行 500 kV 断路器系统安装时应应对输电线路运行情况进行全面分析调查,掌握线路运行状态,再确定最佳安装措施以及设备类型,使其输电线路的性能达到要求。在输电线路整体布置过程中,要从地形条件以及供电能力需求方面展开分析,使得电力系统传

输效率合格,能源传输具备稳定性、可靠性,尽可能缩短输电线路的长度,降低建设和运营成本。为能达到这一目标,电力系统设计人员应进入现场进行综合性考察,应尽可能避免设置弯曲或者绕行的方式。与此同时,尽可能减少外部裸露的线路数量,降低雷击发生的风险,同时营造出良好的运行条件,安装必要的避雷设施,比如避雷线等。为使得输电线路的运行状态达到要求,除了线路合理布局外,还要针对线路运行的需求确定最佳断路器合闸电阻。断路器合闸电阻的确定是保证电力系统正常运行的重要举措,也是提高电网运行功能性的关键性参数。由此可见,在确定断路器合闸电阻时,要对输电线路的运行情况进行综合考察,结合线路运行的需求再确定最佳合闸电阻参数值。此外,为能确保断路器合闸电阻正常运行,使其合闸电阻设置达到要求,投入使用前需进行模拟试验。经过模拟试验掌握不同工况条件下对合闸电阻的需求。分析可能存在的故障问题,再制定最佳的安装施工方案。以模拟试验作为基础,对输电线路运行状况进行全面调查,制定详细安装计划,确定最佳安装施工方案和工艺措施,进而提高 500 kV 断路器的运行水平^[5]。

4 结束语

500 kV 断路器作为输电系统中非常重要的组成部分,关系到整个系统运行的可靠性以及稳定性。但该装置运行中合闸电阻故障发生概率较高,影响整个系统的正常使用。基于此,相关人员需分析 500 kV 断路器合闸电阻故障问题,并且结合故障问题采取针对性处理措施,落实各项运行维护工作,保证 500 kV 断路器功能不受影响,使输电系统运行达到要求,提高电力系统运行的总体性能,为社会提供更高质量的电力能源。

参考文献:

- [1] 程锦.750kV 交流滤波器用断路器合闸电阻故障预判方法探究[J].高压电器,2023,59(08):239-244.
- [2] 牛勃,马飞越,相中华,等.断路器合闸电阻运行可靠性分析及故障诊断技术研究[J].宁夏电力,2021(01):23-35.
- [3] 牛勃,马飞越,温泉,等.一起 800kV 断路器合闸后接地故障原因分析[J].宁夏电力,2020(03):32-38,71.
- [4] 马飞越,牛勃,黎炜,等.750kV 交流滤波器用断路器合闸电阻故障分析[J].电力电容器与无功补偿,2019,40(04):145-151.
- [5] 牟波.500kV 断路器合闸电阻故障分析及应用维护[J].中国新技术新产品,2017(03):64-65.