

高压输电线路防雷保护与接地技术研究

王永博

中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 云南 昆明 650000

摘要: 随着我国电力系统的不断发展, 高压输电线路作为电能传输的重要通道, 其安全运行对于保障整个电力系统的稳定至关重要。防雷保护与接地技术是确保高压输电线路安全运行的关键环节。本文旨在深入探讨高压输电线路的防雷原则、意义以及具体的防雷保护与接地技术措施, 以期为提升我国电力系统的防雷能力提供理论支持。

关键词: 高压输电线路; 防雷保护; 接地技术; 电力系统安全

引言

高压输电线路是电力系统的重要组成部分, 其运行稳定性直接关系到电能的可靠供应。然而, 由于高压输电线路通常布设在户外, 容易受到雷电等自然因素的影响, 因此, 加强防雷保护与接地技术的研究显得尤为重要。

1 高压输电线路防雷原则与意义

1.1 防雷原则

高压输电线路的防雷原则主要基于降低雷电对线路的直接冲击, 减少雷击引起的故障概率。这包括合理选择输电线路的路径, 避开雷击高发区; 增强线路的绝缘水平; 以及采取必要的接地措施等。

1.2 防雷意义

防雷保护对于高压输电线路而言具有重大意义。首先, 它可以有效减少雷击引起的线路跳闸事件, 提高电力系统的供电可靠性。其次, 通过防雷措施可以延长输电线路的使用寿命, 降低维修成本。最后, 防雷保护还有助于维护电力系统的整体稳定性, 防止因雷击导致的连锁故障。

2 高压输电线路防雷技术措施

2.1 合理布线与选择路径

在高压输电线路的规划与设计阶段, 合理布线与精心选择路径是防雷的首要策略。雷电活动频繁或强烈的区域, 如山顶、高地等, 是雷击的高发区。因此, 在规划线路时, 应充分利用地理信息系统 (GIS) 和雷电定位系统, 详细分析历史雷电数据, 识别并避开这些雷击高发区域。此举可以显著降低线路直接遭受雷击的风险。此外, 巧妙地利用地形和建筑物作为天然屏障, 也是一种有效的防雷策略。例如, 在山地地区, 线路可以沿着山脚或山谷布线, 利用山体作为天然屏蔽, 减少雷电直接击中线路的可能性。同时, 在城市或居民区附近布线时, 可以尽量靠近建筑物, 利用建筑物的避雷系统为线路提供一定程度的保护。除了避开雷击高发区和利用天

然屏障外, 还可以通过优化线路的走向和布局来进一步降低雷击风险。例如, 可以采用“S”型或“Z”型布线方式, 以减少线路与雷电的直接接触面积^[1]。同时, 保持线路与地面或其他金属结构的距离, 避免形成雷电通道。合理布线与选择路径是高压输电线路防雷的重要措施。通过详细分析雷电活动数据、巧妙利用地形和建筑物作为屏障, 以及优化线路布局, 可以显著降低雷电对高压输电线路的威胁, 从而确保电力系统的安全稳定运行。

2.2 线路绝缘增强

在高压输电线路的防雷技术中, 增强线路的绝缘性能是至关重要的措施。通过提升绝缘水平, 可以有效减少雷电引发的线路跳闸事件, 进而保障电力系统的连续供电。针对高压输电线路, 推荐使用硅橡胶复合绝缘子。这种绝缘子材料不仅机械强度高, 而且具有良好的憎水性和耐污闪性能。在雷电冲击下, 硅橡胶复合绝缘子能够表现出优异的耐雷击特性, 有效防止雷电引发的线路故障。此外, 其抗老化性能强, 使用寿命长, 可大大降低维护成本。对于35kV及以下的线路, 考虑到成本和技术实施的可行性, 增加绝缘子片数是一个经济有效的提升绝缘水平的方法。通过增加绝缘子片数, 可以拉长电弧的爬电距离, 从而提高线路的耐雷水平。这种方法简单易行, 不需要对线路进行大规模的改造, 因此在实际工程中得到了广泛应用。在实施增强线路绝缘的措施时, 还需要综合考虑线路的实际运行环境、气候条件以及雷电活动的频繁程度。例如, 在雷电多发地区, 可能需要采取更为严格的绝缘增强措施, 如使用更高性能的绝缘材料或增加更多的绝缘子片数。总的来说, 线路绝缘增强是高压输电线路防雷技术中的关键环节。通过选用高性能的绝缘材料和适当增加绝缘子片数, 可以显著提升线路的防雷能力, 确保电力系统的安全稳定运行。

2.3 避雷线与避雷器的应用

在高压输电线路的防雷保护体系中, 避雷线和避雷

器的应用是不可或缺的环节。特别是对于110kV及以上的高压输电线路，全线架设避雷线显得尤为关键。避雷线不仅能够有效分流雷电流，降低雷电直击导线的概率，还能通过减小保护角来进一步增强防雷效果。通常，保护角设置在20°至30°之间，这个范围内的保护角可以在确保防雷效果的同时，兼顾经济性和施工难度。此外，在雷击多发区段或承载重要负荷的线路段，安装线路避雷器是提升防雷能力的有效措施。目前广泛使用的氧化锌避雷器，以其优越的非线性伏安特性而著称。当线路遭受雷击时，氧化锌避雷器能够迅速动作，将过高的雷电电压限制在一个安全范围内，从而保护线路免受雷电过电压的损害。同时，氧化锌避雷器的残压较低，这意味着在雷电流通过后，线路上的残余电压较小，有利于线路的快速恢复和正常运行^[2]。值得注意的是，避雷器和避雷线的安装位置和数量需要根据线路的具体情况和雷电活动的频繁程度进行精心设计。合理的配置不仅能够提高防雷效果，还能确保电力系统的经济性和可靠性。避雷线和避雷器在高压输电线路的防雷保护中发挥着举足轻重的作用。通过全线架设避雷线和在关键区段安装氧化锌避雷器，可以显著提升线路的防雷能力，确保电力系统的稳定运行。

2.4 降低杆塔接地电阻

在高压输电线路的防雷措施中，降低杆塔接地电阻是至关重要的一环。接地电阻的大小直接影响到雷电流能否迅速、有效地泄入大地，从而保护线路免受雷电冲击。为了降低接地电阻，常采用多种技术手段。首先，可以通过增加接地体的数量和长度来提高接地效果。例如，采用多根放射状水平接地体，能够有效地增加与土壤的接触面积，从而降低接地电阻。此外，使用降阻模块也是一种高效的方法，这些模块通常由高导电性材料制成，能够显著提高接地效果。在土壤电阻率较高的地区，常规的接地方法可能效果不佳。这时，可以考虑更换接地网形式，如采用深井接地或环形接地等方式，以适应不同的土壤条件。同时，置换土壤也是一种有效的手段，通过替换高电阻率的土壤为低电阻率土壤，可以显著改善接地效果。除了上述方法外，还需要注意接地装置的埋设深度和防腐处理。一般来说，接地装置应埋深大于0.6m，以确保与土壤的良好接触并减少外部环境对接地效果的影响。同时，接地引下线应进行热镀锌处理，以提高其耐腐蚀性，延长使用寿命。降低杆塔接地电阻是高压输电线路防雷保护中的关键措施之一。通过采用多种技术手段和注意细节处理，可以显著提高线路的防雷能力，确保电力系统的安全稳定运行。

2.5 安装自动重合闸装置

在高压输电线路的防雷保护策略中，安装自动重合闸装置是一项重要的技术措施。这一装置能够在线路因雷击等原因发生跳闸后，自动进行重合闸操作，迅速恢复供电，从而显著提高供电的可靠性。自动重合闸装置的工作原理是在线路出现故障并跳闸后，经过一段预设的延时，自动尝试重新合闸，以恢复线路的正常供电。在大多数情况下，雷击造成的闪络是瞬时性的，一旦线路跳闸，闪络点会迅速去电离，线路绝缘也会在很短时间内自动恢复。此时，通过自动重合闸装置进行合闸操作，往往能够成功恢复供电，避免了因瞬时故障而导致的长时间停电。该装置的应用不仅提高了电力系统的稳定性，还减少了因雷击等瞬时故障造成的不必要停电，从而降低了对用户的影响^[3]。同时，它也减轻了运维人员的工作负担，因为在很多情况下，系统可以自动恢复，无需人工干预。值得注意的是，虽然自动重合闸装置在大多数情况下都能有效工作，但在某些特定情况下，如线路存在永久性故障时，它可能无法成功合闸。因此，在使用该装置的同时，还需要配合其他保护措施和检修策略，以确保电力系统的全面安全。

3 高压输电线路接地技术研究

3.1 接地方式的选择

在高压输电线路的设计和运行中，接地方式的选择对于确保线路的安全性和防雷效果具有至关重要的作用。接地技术不仅关乎线路的稳定运行，还直接影响防雷系统的效能。因此，在选择接地方式时，必须根据线路的实际情况和运行环境进行全面考量。高压输电线路的接地方式主要分为直接接地和间接接地两种。直接接地是将线路的某一端直接与大地相连，这种方式简单明了，便于施工和维护。然而，直接接地方式在某些土壤条件下可能导致接地电阻过大，进而影响防雷效果。特别是在土壤电阻率较高或地质条件复杂的地区，直接接地可能无法达到预期的防雷效果。间接接地方式则通过引入额外的接地电极或使用降阻材料等手段来降低接地电阻。这种方式虽然可以有效地提高防雷性能，但相应地也会增加系统的复杂性和成本。间接接地需要更多的材料和更精细的施工，同时还需要定期的维护和检查^[4]。在选择接地方式时，应综合考虑多种因素。首先是土壤条件，包括土壤电阻率、湿度、温度等，这些因素直接影响接地电阻的大小。其次是线路的运行环境，如雷电活动的频繁程度、线路的重要性等。此外，还需要考虑经济性和可维护性，以确保所选接地方式在实际运行中的可行性和长期效益。

3.2 降低接地电阻的措施

在高压输电线路的防雷保护中,降低接地电阻是提升防雷效果的关键环节。接地电阻的大小直接影响到雷电流能否顺畅地泄入大地,进而决定线路在雷电冲击下的安全性能。为了有效降低接地电阻,工程中常采取多种措施。首先,增加接地极数是一种常见且有效的方法。通过增加接地电极的数量,可以扩大接地体与土壤的接触面积,从而提供更多的泄流路径,降低接地电阻。这种方法在土壤电阻率较低的地区效果尤为显著。其次,使用降阻剂也是降低接地电阻的重要手段。降阻剂通常由导电性能良好的材料制成,将其施加在接地体周围,能够有效改善土壤与接地体之间的接触情况,提高导电性能,进而降低接地电阻。选择降阻剂时,需要考虑其导电性能、耐腐蚀性、稳定性以及环境友好性等多方面因素。此外,深埋接地体也是一种有效的降阻措施。通过将接地体深埋于土壤中,可以利用深层土壤的较低电阻率来降低接地电阻^[5]。同时,深埋接地体还能减少外界环境因素对接地系统的影响,提高系统的稳定性。然而,深埋接地体的施工难度较大,成本较高,因此在实际应用中需要综合考虑其经济效益和施工可行性。

3.3 接地系统的维护与检测

接地系统作为高压输电线路的重要组成部分,在防雷保护中扮演着举足轻重的角色。为了确保接地系统的性能稳定,并持续为线路提供有效的防雷保护,定期的检测与维护工作不可或缺。对接地电阻的定期测量是维护工作的首要任务。接地电阻的大小直接反映了接地系统的导电性能。若电阻值超出预定范围,可能意味着接地体受损或土壤条件发生变化,这将严重影响接地系统的泄流能力。因此,必须使用专业的测试设备,按照既定的测量程序,对接地电阻进行精确测量,并记录下每次的测量结果以供后续分析比较。除了电阻测量外,对接地体的腐蚀情况检查也至关重要。由于接地体长期埋设在土壤中,容易受到土壤中的化学物质、水分以及微

生物等因素的影响,从而产生腐蚀。腐蚀不仅会导致接地体的有效导电面积减小,还会降低其机械强度,甚至可能引发断裂。因此,维护人员需要定期挖掘出接地体,对其表面进行详细的检查,一旦发现腐蚀迹象,应立即采取清理、修复或更换等措施。及时更换损坏的接地体也是维护工作的重要环节。在检测过程中,一旦发现接地体出现严重腐蚀、断裂或变形等情况,必须立即进行更换。新的接地体应符合设计要求,并具有良好的导电性能和耐腐蚀性。更换过程中,还应注意施工质量和安全,确保新的接地体能够与周围的土壤形成良好的电气连接。此外,对接地系统的周边环境也需要进行定期巡查。例如,检查接地体附近是否有新的建筑物、构筑物或地下管线等,这些新增设施可能会影响接地系统的性能。同时,还要关注土壤条件的变化,如土壤湿度、电阻率等,这些因素都会对接地系统的效果产生影响。

结语

高压输电线路的防雷保护与接地技术是确保电力系统安全运行的重要环节。通过合理选择布线、增强线路的绝缘水平、架设避雷线与安装避雷器以及优化接地技术等措施,可以有效提高高压输电线路的防雷能力。未来,随着科技的不断进步和新型材料的应用,高压输电线路的防雷保护与接地技术将迎来更多的发展机遇和挑战。

参考文献

- [1]罗晓军.高压输电线路的防雷保护[J].陕西煤炭,2022,41(03):114-118.
- [2]龚亮.高压输电架空线路防雷研究[J].大众用电,2021,36(04):72-73.
- [3]王涛.高压输电线路的防雷技术研究[J].技术与市场,2020,27(12):91-92.
- [4]俞飞.220KV高压输电线路防雷接地技术研究[J].现代经济信息,2020(07):379-380.
- [5]李金发,张林峰,石斌.刍议220kV高压输电线路防雷接地技术[J].通讯世界,2021(10):124-125.