

配电线路防雷技术研究

毛 宁 虎文萍

固原农村电力服务有限公司 宁夏 固原 756300

摘 要：配电线路作为电力系统的关键环节，其防雷技术研究对于保障电力供应稳定性至关重要。直击雷、感应雷及反击是导致线路雷击故障的主要原因，对线路和设备构成严重威胁。本文深入分析了雷击故障的具体成因，并探讨了安装避雷线、避雷器，降低接地电阻及加强绝缘等关键防雷技术。通过实施这些技术，可显著提升配电线路的防雷性能，减少雷击故障，确保电力系统的安全稳定运行。

关键词：配电线路防雷技术；雷击故障原因分析；绝缘与接地优化

引言

随着电力系统的不断发展，配电线路的安全运行成为电力供应稳定性的重要保障。然而，雷电作为常见的自然灾害，对配电线路构成了严峻挑战。雷击故障不仅会导致线路跳闸、短路等故障，还可能引发火灾等次生灾害，严重影响电力供应的连续性和可靠性。因此，深入研究配电线路的防雷技术，分析雷击故障的具体成因，对于提升电力系统的整体防雷能力具有重要意义。

1 配电线路防雷技术的重要性

在现代电力系统中，配电线路作为电力传输与分配的关键环节，其稳定性和安全性对于保障电力供应具有重要意义。雷电作为一种常见的自然灾害，对配电线路构成了严峻威胁。开展配电线路防雷技术研究，关乎电力系统的安全运行，也是提升电力设施防护能力的重要课题。雷电活动对配电线路的影响不容小觑。在雷电频繁的地区，配电线路常因雷击而遭受损坏，引发跳闸、短路等故障，导致供电中断，影响用户的正常用电。这会造成经济损失，还对社会稳定和民众生活带来不便。加强配电线路防雷技术研究，有助于减少雷击故障，提高供电可靠性。配电线路防雷技术的研究涉及多个方面，包括避雷器的选型与布置、接地系统的优化、线路绝缘水平的提升等。这些措施的有效实施，能够降低雷击对配电线路的冲击，保护电力设备免受损坏。防雷技术的研究还有助于推动电力设备制造技术的革新，促进相关产业的发展。随着电力系统的不断发展和现代化建设，配电线路防雷的需求也在日益增长。未来，防雷技术将更加注重新智能化、信息化的发展，以实现更精准的雷电监测和预警，提升配电线路的防护能力。配电线路防雷技术研究不仅是当前电力系统安全的需要，也是未来电力工业发展的重要方向。配电线路防雷技术研究的重要性不言而喻。它对于保障电力系统稳定运行、提升

电力设施防护能力具有重要意义，同时也为推动相关产业的发展和技术革新提供了有力支撑。

2 配电线路雷击故障原因分析

2.1 直击雷

雷电作为自然界中极具破坏力的现象，直击雷对配电线路安全运行构成严重威胁。当雷电直接击中配电线路，巨大雷电流瞬间释放，在极短时间内，线路局部产生极高的过电压。该过电压远远超出线路绝缘设计的耐受范围，致使线路绝缘被击穿，引发短路故障，破坏配电系统的正常运行。雷电流的热效应与电动力效应，也会对线路设备造成显著的物理损坏。从热效应角度看，雷电流通过导线时，根据焦耳定律，产生大量热量，使导线温度急剧升高。过高的温度可能导致导线金属熔化，甚至烧断，造成线路断路。而在电动力效应方面，雷电流形成的强磁场与导线相互作用，产生强大的电动力。在这种力的作用下，绝缘子可能承受不住应力而破裂，影响线路的绝缘性能。值得注意的是，直击雷产生的过电压和破坏效应具有突发性和高强度的特点，如果发生，会给配电线路带来严重且直接的损害，不仅导致局部区域停电，还因线路故障引发火灾等次生灾害，严重影响电力供应的稳定性与安全性^[1]。

2.2 感应雷

在探讨配电线路防雷技术时，首先需深入分析配电线路雷击故障的原因，特别是感应雷的影响。感应雷现象在雷击事件中占据重要地位，其产生的原理及影响不容忽视。（1）感应雷过电压的产生源于雷电流迅速变化的电磁场。当雷电击中大地或附近物体时，会在周围空间形成一个急剧变化的电磁场。配电线路作为良好的导体，在这样的电磁场中会因电磁感应而在导线中感应出较高的过电压。尽管其幅值相较于直击雷过电压较小，但雷电的高频率使得感应雷过电压的出现概率显著增

加。这种广泛的分布特性意味着几乎所有暴露在电磁场中的配电线路都可能受到感应雷的影响。(2) 感应雷过电压对配电线路的危害主要体现在绝缘薄弱点的击穿上。在配电线路中传播时, 感应雷过电压会寻找线路中的绝缘性能较弱之处。如果感应雷过电压达到足以超越这些薄弱点耐受电压的幅值, 就会引发闪络现象。闪络的发生会瞬间改变线路的电气特性, 导致局部电流异常增大, 会直接引发线路故障, 造成停电事故。长期的感应雷过电压作用会加速绝缘薄弱点的老化过程, 即便单次过电压未直接导致故障, 长期积累也会提升线路发生故障的风险。(3) 针对感应雷的影响, 采取有效的防雷措施至关重要。这包括加强线路的绝缘性能、安装避雷器等, 以降低感应雷过电压对配电线路的危害, 确保配电线路的长期稳定运行^[2]。

2.3 反击

在配电线路遭受雷击的情境下, 反击现象是一个尤为值得关注的故障成因。当雷电直击杆塔或避雷线时, 雷电流会迅速通过接地装置导入大地。然而, 若接地装置的接地电阻值过大, 根据欧姆定律的基本原理, 这将在接地装置上引发显著的电压降, 进而使得杆塔的电位急剧攀升。随着杆塔与导线间电位差的急剧增大, 如果该电位差超越了线路绝缘材料的耐受极限, 便会触发反击闪络现象。反击闪络一旦发生, 将严重破坏线路原有的绝缘屏障, 使得电流能够沿闪络通道自由流动, 引发线路故障。此类故障会导致供电中断, 还对电力设备的正常运行构成严重威胁。杆塔电位的异常升高还可能对周边的电气设备产生不良影响, 对其绝缘性能造成冲击, 增加设备损坏的风险。值得注意的是, 接地电阻的大小并非一成不变, 而是受到多种因素的共同作用。土壤的物理和化学特性、接地装置的结构设计以及腐蚀程度等因素, 均可能对接地电阻产生显著影响。在实际运行过程中, 接地电阻可能会随着时间和环境的变化而逐渐增大。这意味着, 即便在安装初期接地电阻能够满足要求, 但在长期运行后, 仍可能因电阻值的增大而导致反击风险显著增加, 进而对配电线路的安全稳定运行构成潜在威胁。因此, 对于接地电阻的监测与维护工作应予以高度重视^[3]。

3 配电线路防雷技术

3.1 安装避雷线

(1) 避雷线作为配电线路直击雷防护的核心手段, 其工作原理基于雷电的选择性放电特性。通过在杆塔顶部科学架设避雷线, 为雷电提供一个优先的泄放通道, 确保雷电流能安全、迅速地引入大地, 有效避免配电线

路因直接遭受雷击而引发的故障。这一技术尤其在10kV及以上电压等级的配电网中得到了广泛应用, 展现了其卓越的防雷性能。(2) 避雷线的防护效果受到多个关键因素的影响。避雷线的高度是决定其拦截雷电范围的重要因素, 适当增加避雷线的高度可以扩大其保护区域, 提高线路的防雷安全性。避雷线的根数也对雷电流的分流效果产生显著影响, 合理增加避雷线的根数可以增强线路的分流能力, 降低雷击对配电线路的影响。此外, 线路的排列方式也是影响避雷线保护范围的重要因素, 不同的排列方式需要采取相应的避雷线布置方案, 以确保最佳的防雷效果。(3) 在实际工程设计中, 避雷线的布置需要借助专业的计算方法和软件进行优化。通过精确的计算和模拟分析, 可以科学调整避雷线的高度、根数以及排列方式, 实现最佳的防雷性能。在某大型配电线路工程中, 通过采用先进的计算方法和软件进行优化设计, 合理调整了避雷线的布置方案, 提升了线路的防雷能力, 有效降低了直击雷事故的发生率。

3.2 安装避雷器

避雷器作为限制雷击过电压的核心设备, 在配电线路的防雷体系中不可或缺。其工作原理是在雷击过电压出现时, 避雷器迅速动作, 将过电压限制在设备绝缘能够承受的范围内, 从而保护线路设备免受损坏。氧化锌避雷器因其优异的性能, 在配电系统中得到广泛应用。该避雷器具有响应速度快的特点, 能够在极短时间内对雷击过电压做出反应, 及时限制过电压的幅值。其通流能力大, 能够承受较大的雷电流冲击, 确保在雷击过程中不会因过载而损坏。氧化锌避雷器的残压低, 可有效降低设备在雷击时所承受的电压应力。在配电线路中, 避雷器的安装位置至关重要。通常在变压器、开关设备等重要设备的进线侧安装避雷器, 为这些关键设备提供直接的保护。在线路的绝缘薄弱点处, 如跨越山谷、河流等易受雷击区域的线路段, 也需安装避雷器。通过合理布置避雷器, 可有效降低雷击过电压对线路和设备的损害, 提高配电系统的可靠性。在选择避雷器时, 除了考虑其技术性能外, 还应综合考虑其环境适应性。由于避雷器常常安装在户外, 因此必须具备良好的耐候性和抗腐蚀能力, 以应对各种恶劣天气条件, 定期的维护和检查也是确保避雷器长期有效运行的关键。科学的维护计划, 及时发现并更换老化或损坏的部件, 避免因避雷器失效导致的意外事故。

3.3 降低接地电阻

(1) 降低接地电阻的核心目的在于控制雷击时杆塔电位的升高。当雷电流通过接地装置流入大地时, 若接

地电阻过大,会导致杆塔电位显著升高,进而增加反击闪络的风险,降低接地电阻成为防范此类风险的关键。土壤电阻率是影响接地电阻大小的重要因素,不同类型的土壤具有不同的导电性能,这直接决定了接地电阻的数值。在设计和实施防雷措施时,需充分考虑土壤电阻率的差异。(2)为了有效降低接地电阻,工程上常采用多种技术手段。增加接地极的数量是一种有效的方法,通过扩大接地面积,可以提高雷电流的泄放能力,从而降低接地电阻。同时,延长接地极的长度也能增加其与土壤的接触范围,提升导电性能。在土壤电阻率较高的地区,使用降阻剂对接地极进行处理成为一种可行的选择。降阻剂能改善土壤的导电性能,使得接地电阻得以有效降低。(3)通过实施上述措施,可以降低雷击时杆塔的电位升高,从而减少反击闪络的发生。这提高了配电线路的防雷性能,还保障了其安全运行。在实践中,需根据具体情况选择合适的降低接地电阻的方法,并严格控制施工质量,以确保防雷效果达到预期^[4]。

3.4 加强绝缘

在配电线路防雷体系中,提升线路的绝缘水平,对增强其耐受雷击过电压的能力至关重要。雷击过电压极易致使线路闪络,而强化绝缘性能,能降低闪络发生的概率,有力保障电力供应的稳定性与持续性。应用绝缘性能更为优异的绝缘子,是夯实线路绝缘基础的关键举措。近年来,各类新型绝缘子不断涌现,这类绝缘子运用先进的材料与制造工艺,具备卓越的绝缘强度,能有效承受雷击时产生的高电压冲击。其出色的耐候性,确保了在酸雨、沙尘等恶劣自然环境下,依然能维持良好的绝缘状态。增加绝缘子片数,也是提升线路绝缘水平的有效方法。通过合理增加片数,延长了绝缘子串的放电距离,提升了整体的绝缘能力,增强了线路抵御雷击

过电压的效果。此外,采用绝缘导线能够缩小线路相间距离,极大地减少雷击导致相间短路的风险,有效提升线路运行的安全性。除了硬件层面的升级,定期开展线路绝缘检测同样不可或缺。借助专业的绝缘电阻测试仪、局部放电检测仪等设备,可精准检测绝缘子的绝缘性能,及时发现因长期运行导致的老化、破损等问题,并迅速进行更换。同时,对线路的整体绝缘状况进行全面评估,依据评估结果制定针对性的改进方案,诸如优化绝缘子配置、更换绝缘薄弱部位的导线等,提升线路的绝缘性能。多措并举,可全方位提升配电线路的防雷能力,为电力系统的稳定运行筑牢根基。

结束语

综上所述,配电线路防雷技术的研究与应用是保障电力系统安全稳定运行的关键。通过深入分析雷击故障的原因,并采取有效的防雷措施,如安装避雷线、避雷器,优化接地系统,加强线路绝缘等,可显著提升配电线路的防雷性能。未来,随着智能化、信息化技术的发展,防雷技术将更加精准高效,为电力系统的稳定运行提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]万子扬,付理祥,杜振川,朱毅,马小新.10kV配电线路灭弧防雷间隙装置的设计研究[J].自动化仪表,2025,46(2):75-79.
- [2]马涛,郑鑫.RFID设备天馈口防雷技术研究[J].物联网技术,2025,15(1):136-138.
- [3]周永吉,顾欣.配电线路故障定位技术的应用研究[J].家电维修,2025(3):140-142.
- [4]卜昱家.基于物联网技术的配电网防雷自动化监测系统的设计[J].今日自动化,2025(1):131-133.