

配电线路的防雷保护与接地技术研究

黄玉任

来凤县供电公司 湖北 来凤 445700

摘要：本文深入探讨了配电线路在防雷保护与接地技术方面的应用，通过分析配电线路面临的挑战，探讨了防雷保护技术和接地技术，并进一步研究防雷保护与接地技术的优化策略。通过本文的研究，期望为配电线路的防雷保护提供理论支撑和实践指导，确保配电网的安全稳定运行。

关键词：配电线路；防雷保护；接地技术；挑战；优化策略

引言

配电线路作为电力传输的重要组成部分，其安全稳定运行直接关系到电力系统的整体性能。然而，由于自然环境和气候条件的复杂性，配电线路面临着雷电、大风、暴雨等多种自然因素的挑战。其中，雷电对配电线路的破坏尤为严重，可能导致线路跳闸、设备损坏甚至火灾等严重后果。因此，研究配电线路的防雷保护与接地技术，对于提高线路的安全性和稳定性具有重要意义。

1 配电线路面临的挑战

一是雷电活动的不可预测性：

雷电活动具有突发性、瞬时性和高能量等特点，难以准确预测其发生时间和地点。这使得配电线路在雷电活动频繁的地区极易受到雷击影响，导致线路故障和设备损坏。二是绝缘水平较低：部分配电线路的绝缘水平相对较低，难以承受雷击产生的高电压和高电流。在雷电冲击下，绝缘子可能发生闪络或击穿，导致线路跳闸或短路。三是设备老化与维护不足：部分配电线路的设备存在老化现象，防雷装置的性能下降，难以有效抵御雷电冲击。同时，由于维护不足，部分防雷装置可能存在缺陷或失效，进一步增加了线路遭受雷击的风险。

2 配电线路的防雷保护技术分析

2.1 屏蔽技术

屏蔽技术是配电线路防雷保护的首要措施，其核心在于通过物理手段将雷电流引导至安全区域，避免其直接作用于线路导体上。避雷线和避雷针是屏蔽技术的典型应用。在配电线路沿线或关键节点设置避雷针，可以利用其尖端放电的特性，优先吸引雷电荷，并通过引下线将雷电流安全导入大地，从而保护线路免受雷击。特别是在空旷地带或高山地区，由于缺少自然屏蔽物，架空地线的设置显得尤为重要。通过同杆架设架空地线，形成对配电架空绝缘线路的全方位屏蔽，有效降低了架空线上因雷电感应产生的过电压，提高了线路的安全性

能^[1]。此外，对于雷电活动特别频繁的区域，采用地下电缆替代架空线路是一种更为彻底的防雷措施。地下电缆由于埋设于地下，天然具有良好的屏蔽效果，能够大幅减少雷击事件的发生。然而，地下电缆的铺设成本较高，且维护相对困难，因此在选择时需综合考虑经济性和实际防雷需求。

2.2 绝缘子不闪络技术

绝缘子作为配电线路的关键部件，其性能直接关系到线路的绝缘水平和防雷能力。绝缘子不闪络技术的核心在于通过增强绝缘子的绝缘性能和改善接地条件，降低绝缘子发生闪络的概率。一方面，选用高质量的绝缘子材料是提高绝缘性能的关键。玻璃绝缘串、瓷横担以及长爬距的复合绝缘子等新型绝缘子，因其优异的耐候性、抗老化能力和较高的绝缘强度，被广泛应用于配电线路中。这些绝缘子能够有效抵抗雷电冲击和长期运行中的电气应力，减少因绝缘老化或破损导致的闪络事故。另一方面，优化接地装置也是降低绝缘子闪络风险的重要手段。通过合理设计接地网布局、增加接地体数量、使用低电阻率材料等措施，可以有效降低接地电阻，确保雷电流能够迅速泄放入地，减少对线路的冲击。同时，定期对接地装置进行检测和维护，确保其处于良好状态，对于保障线路安全至关重要。

2.3 闪络转移技术

即使绝缘子发生了闪络，如何防止其转变为稳定的工频电弧，减少雷击跳闸率，是闪络转移技术所要解决的问题。该技术主要通过改变电弧的燃烧路径和破坏点位置，使电弧无法持续稳定燃烧，从而自动熄灭。一种有效的方法是改善电弧的熄灭条件。通过调整弧道的形状和长度，增加电弧在空气中的散热面积，降低电弧温度，使其难以维持稳定燃烧。此外，还可以在线路上安装专门的电弧熄灭装置，如电弧转移器，它能够在绝缘子闪络时迅速引导电弧至特定位置，并利用其结构设计

使电弧快速熄灭。另一种重要的技术是采用消弧线圈接地方式^[2]。消弧线圈是一种特殊的电感元件,当线路发生单相接地故障时,消弧线圈产生的感性电流与故障点的容性电流相抵消,从而减小了故障电流的大小,使绝大多数的单相着雷闪络的接地故障电流能被消弧线圈所熄灭。这种方式不仅能够有效减少雷击跳闸次数,还能提高线路的供电可靠性和稳定性。

2.4 过电压保护技术

过电压保护技术是配电线路防雷保护的最后一道防线,其核心在于通过安装专门的过电压保护装置,截断雷击产生的过电压,保护线路和设备免受损害。氧化锌避雷器和线路过电压保护器是两种常用的过电压保护装置。氧化锌避雷器具有优异的非线性伏安特性,能够在雷电过电压作用下迅速导通,将过电压截断并引导至大地。同时,在正常运行电压下,氧化锌避雷器处于高阻状态,几乎不消耗能量,因此具有较长的使用寿命。然而,氧化锌避雷器的保护范围有限,且投资成本相对较高,因此在应用时需根据具体情况进行合理配置。线路过电压保护器则是一种更为经济、实用的过电压保护装置。它相当于带有外间隙的氧化锌避雷器,平时不承受运行电压,只有在过电压出现时才会动作。这种设计不仅延长了保护装置的使用寿命,还显著减少了跳闸次数。然而,线路过电压保护器属于被动防雷设备,其防雷效果依赖于雷击的发生和过电压的大小。此外,氧化锌元件一旦损坏,往往难以从外观上直接识别,因此需要定期进行检测和更换。

3 配电线路的接地技术分析

3.1 接地方式的选择

接地方式是配电线路接地技术的核心,其选择需根据电力系统的具体需求、环境条件以及安全标准等因素综合考虑。目前,常见的接地方式主要包括TN系统、TT系统和IT系统,每种系统都有其特定的应用场景和优势。TN系统,即电源中性点直接接地系统,根据中性线(N)与接地线(PE)的配置方式,又可细分为TN-S、TN-C和TN-C-S三种形式。TN-S系统中,N线和PE线全程分开,确保了电气安全,特别适用于对电气安全要求较高的场所,如医院、数据中心等。TN-C系统则简化了线路结构,将N线和PE线合并成PEN线,适用于一般工业及民用建筑,但需注意在PEN线上不得安装开关或熔断器,以免断开后设备外壳带电。TN-C-S系统结合了前两者的优点,前半部分采用TN-C系统,后半部分转为TN-S系统,既保证了经济性,又提高了安全性,常用于住宅小区、学校等场所。TT系统,即电源端一点接地,电气设

备外壳单独接地。这种系统能够降低电气设备的接地电阻,提高人身安全,特别适用于农村、偏远地区或土壤电阻率较高的地区,因为这些地方难以实现统一的接地网。IT系统,即电源端不接地或通过高阻抗接地,电气设备外壳单独接地。这种系统能够有效限制故障电流,减少火灾风险,特别适用于煤矿、化工厂等易燃易爆场所,以及医疗场所中的某些特殊设备,如心脏起搏器供电系统。

3.2 接地装置的安装与施工

3.2.1 接地体的选择与埋设:

接地体的选择与埋设是接地装置安装的第一步。接地体通常采用镀锌钢管或角钢,这是因为它们具有良好的导电性和耐腐蚀性。镀锌钢管直径应为50mm,管壁厚度不小于3.5mm,长度控制在2至3米之间,以确保足够的接地面积和导电性能。角钢则建议选择50mm×50mm×5mm的规格。接地体的顶端应埋设在地面以下0.5至0.8米处,以避免冻土层对接地效果的影响。接地体的数量需根据土壤电阻率确定,一般不少于两根,且每根之间的间距应保持在3至5米,以优化接地效果。同时,接地体与建筑物、独立避雷针接地体的距离应分别大于1.5米和3米,以防止相互干扰。接地线的连接是接地装置安装的关键环节。接地线一般采用40mm×4mm的镀锌扁钢,因其具有良好的导电性和机械强度。接地线与接地体的连接应采用搭接焊方式,确保连接牢固可靠,无虚接现象。焊接长度应不小于扁钢宽度的两倍,且焊接后应进行防腐处理,以延长使用寿命。

3.2.2 施工技术

在施工技术方面,垂直施工技术要求接地体与地面呈直角埋设,控制接地装置与地下的距离在2.5米左右,同时确保接地体之间的间距大于2米,以减少屏蔽效应,提高接地效率。敷设水平接地技术则侧重于通过增加接地网面积来降低接地电阻^[3]。在土壤电阻率相对稳定的情况下,接地装置的电阻主要取决于接地面积。因此,在接地网面积确定的情况下,应合理布局,使接地网形状接近正方形或圆形,且埋深不宜超过16米,以减缓电阻衰退速度,提高接地效果。

4 防雷保护与接地技术的优化策略

在电力系统中,防雷保护与接地技术是确保配电线路安全稳定运行的关键环节。面对日益严峻的雷电威胁,必须采取更加全面、高效的优化策略,以提升线路的防雷能力,保障电力系统的持续稳定运行。以下将深入探讨防雷保护与接地技术的优化策略,包括加强线路巡视与维护、完善防雷保护体系以及加强人员培训与管

理等方面。

4.1 加强线路巡视与维护

配电线路作为电力系统的“神经末梢”，其运行状态直接关系到整个系统的安全稳定。因此，加强线路的巡视与维护是防雷保护工作的首要任务。为了实现这一目标，应构建精细化的运维模式，确保线路上的每一个细节都得到充分的关注和处理。首先，要制定科学合理的巡视计划。根据线路的长度、运行环境、历史故障数据等因素，确定巡视的周期和频率。在雷电活动频繁的季节，应适当增加巡视次数，对关键区段和易损部件进行重点检查。同时，要利用现代科技手段，如无人机巡检、在线监测等，提高巡视的效率和准确性。在巡视过程中，要重点关注绝缘子、避雷器、导线、杆塔等关键部件的运行状态。对于发现的缺陷和隐患，要及时进行处理和修复，防止其进一步发展成故障。特别是对于绝缘子裂纹、避雷器损坏等严重问题，要立即更换或维修，确保线路的安全运行^[4]。此外，还要加强线路的清障工作。定期清理线路周围的树木、杂草等障碍物，避免它们与线路发生接触或引发短路。同时，要对线路进行防腐处理，延长其使用寿命。通过这些精细化的运维措施，可以大大降低线路遭受雷电侵袭的风险。

4.2 完善防雷保护体系

防雷保护体系的完善是提升配电线路防雷能力的关键。为了构建多层次的综合防护网，需要从雷电监测、预警、防护和应急处理等多个环节入手。首先，要加强雷电监测和预警工作。通过与气象部门的合作与交流，及时掌握雷电活动的预测和预警信息。利用先进的雷电监测系统，对雷电活动的位置、强度、移动方向等进行实时监测和跟踪，为线路的防雷保护提供科学依据。在防护方面，要综合运用多种防雷技术手段。对于架空线路，可以安装避雷线、避雷针等外部防雷设施，将雷电引至自身并安全泄入大地。同时，还可以在杆塔上安装绝缘子串和避雷器，提高线路的绝缘水平和耐雷水平。对于电缆线路，则可以采用金属护套、接地箱等内部防雷措施，防止雷电波侵入电缆内部造成损坏。此外，还要建立完善的应急处理机制。一旦发生雷电故障，要能

够迅速响应并采取措施进行抢修。通过加强抢修队伍的建设和培训，提高抢修效率和质量。同时，要储备足够的抢修物资和备件，确保抢修工作的顺利进行。

4.3 加强人员培训与管理

防雷保护与接地技术的有效实施离不开高素质的人员队伍。因此，加强人员培训与管理是提升防雷工作水平的关键。首先，要加强对配电线路运维人员的防雷知识培训。通过举办培训班、讲座、演练等活动，使运维人员深入了解雷电的产生机理、危害特点以及防雷保护措施等方面的知识。同时，要教授他们正确的巡视方法和故障处理方法，提高他们的实际操作能力。其次，要加强人员的管理和考核。建立健全的防雷管理制度和责任制度，明确各级人员的职责和分工。通过定期考核和奖惩机制，激励运维人员积极履行职责，提高工作质量和效率。同时，要加强团队协作和沟通协作能力的培养，确保防雷工作的顺利进行。此外，还要注重人员的持续学习和进步。鼓励运维人员参加相关的学术交流和研讨会，了解最新的防雷技术和研究成果。通过不断学习和实践，提升他们的防雷意识和技能水平，为线路的防雷保护提供有力的人才保障。

结语

配电线路的防雷保护与接地技术是保障电力系统安全稳定运行的重要环节。通过本文的研究，深入了解了配电线路面临的挑战以及具体化的防雷保护技术措施和接地技术措施。未来，应继续加强防雷技术的研究与应用，推动配电系统防雷保护水平的不断提升，为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。

参考文献

- [1]魏志男,杜月明.配电线路防雷接地工程施工技术分析[J].黑龙江科学,2018,9(18):106-107.
- [2]蒋伟,何琨龙.高压输配电线路的防雷措施探讨[J].科技资讯,2024,22(15):57-59.
- [3]孟鹏.配电线路施工中的接地技术分析[J].电子技术,2022,51(05):234-235.
- [4]陈秀莲,陈怡.山区架空配电线路防雷接地技术研究[J].科学技术创新,2021,(32):61-63.