

配网防雷新技术研究

杜人杰

国网江西省有限公司修水分公司 江西 九江 332400

摘要：随着电力需求的不断增长和雷电活动的频繁发生，配电网的防雷问题日益凸显。本文深入研究了配网防雷新技术，通过引入穿刺型防雷金具、智能防雷系统、高性能绝缘材料及新型降阻剂等创新手段，有效提升了配电网的防雷能力。这些新技术不仅增强了线路和设备的耐雷水平，还提高了供电可靠性和安全性，为电力系统的稳定运行提供了有力支持。

关键词：配网；防雷；新技术

引言：随着全球气候变化与城市化进程的加速，配电网面临的雷电威胁日益严峻。雷电灾害不仅导致电力设施损坏，更严重影响电力供应的可靠性和安全性。因此，研究并应用先进的配网防雷新技术显得尤为重要。本文旨在探讨一系列创新防雷策略与技术手段，旨在提升配电网的抗雷击能力，确保电网稳定运行，为经济社会发展提供坚强电力保障。

1 雷电及其对配电网的危害

1.1 雷电的分类与特性

雷电，这一大气中的自然现象，根据其发生机理及影响方式，可主要分为直击雷与感应雷两大类。（1）直击雷是指带电云层与地面、建筑物、线路等物体直接发生放电的现象。其特点是放电通道中电流强度极大，电压高达数百万伏特，能够在极短时间内产生强烈的热效应、电效应和机械效应，对受击物体造成严重破坏。而感应雷则是在雷电发生时，由于电磁感应原理，在导体或电子设备周围产生的过电压和过电流。它虽不及直击雷的猛烈，但也能对敏感的电子设备构成威胁。（2）在国际上，为了规范雷电相关实验和设备标准，雷电波形被明确界定。如IEC60-2文件中提到的 $1.2/50\mu\text{s}$ 和 $8/20\mu\text{s}$ 波形，这两种波形分别模拟了直击雷和感应雷的主要特征。其中， $1.2/50\mu\text{s}$ 波形主要用于描述直击雷产生的快速上升、缓慢下降的电压波形，其峰值高、能量大；而 $8/20\mu\text{s}$ 波形则适用于描述感应雷产生的电压波形，它更接近于实际中感应过电压的特性^[1]。（3）雷电的能量释放极为惊人，每一次雷击都伴随着大量的能量在极短时间内转化为热能、电能和机械能。这种能量释放不仅会对雷电直击点周围的物体造成破坏，还会通过电磁辐射和空气传播的方式影响周围环境，导致建筑物损坏、电力中断、通信设备故障等一系列连锁反应。

1.2 雷电对配电网的危害

配电网作为电力系统的重要组成部分，其安全运行直接关系到电力供应的可靠性和稳定性。然而，雷电对配电网的危害却不容忽视。（1）雷电过电压会对线路和设备的绝缘造成破坏。当雷电直击或感应到线路时，会在短时间内产生高达数百万伏特的过电压，这种电压远超线路和设备的绝缘水平，极易导致绝缘击穿和失效。一旦绝缘损坏，电流将不受限制地流动，进而引发短路、起火等事故。（2）雷电还可能引起绝缘子闪络、设备烧毁及断线事故。绝缘子是线路上重要的绝缘部件，它的闪络将直接导致线路短路；而设备烧毁和断线则是雷电直接作用于设备本体时发生的严重后果。这些事故不仅会造成经济损失，还可能威胁到人员的生命安全。（3）雷电波侵入也是配电网面临的一大威胁。当雷电放电时，强大的电磁场会通过各种途径（如线路、金属管道等）侵入配电网内部，对变压器、开关等敏感设备造成损害。这种损害往往是隐性的、难以察觉的，但一旦累积到一定程度就会引发严重的事故。（4）雷电活动还会对供电可靠性造成显著影响。由于雷电具有突发性、不可预测性等特点，一旦发生就会对配电网造成冲击和破坏，导致供电中断或不稳定。这种供电可靠性的降低将直接影响到社会生产和人民生活的正常运行。因此，加强对雷电及其防护技术的研究和应用具有重要的现实意义。

2 现有配网防雷技术分析

2.1 传统防雷技术

在配电网的防雷保护中，传统防雷技术扮演着重要角色，它们在一定程度上减少了雷电对电网的损害。（1）避雷线的应用及其局限性：避雷线，作为配电网中常见的防雷设施，主要通过其耦合作用降低导线上的感应过电压水平，从而减少雷电直击和绕击的概率。然而，避雷线的架设并非没有局限性。首先，避雷线的安

装需要额外的空间和成本，特别是在地形复杂、杆塔密集的区域，架设难度和成本显著增加。其次，避雷线在遭受雷击后，若未能有效接地，还可能引发反击闪络，对线路和设备造成二次损害。（2）提高线路及设备的绝缘水平：提高绝缘水平是增强配电网防雷能力的另一种有效手段。通过采用高性能的绝缘材料、增加绝缘子片数等方式，可以提高线路和设备的耐受电压能力，减少雷电过电压造成的损害。然而，这种方法也存在一定的局限性。一方面，绝缘水平的提高意味着成本的增加；另一方面，过高的绝缘水平可能导致设备在正常运行时承受不必要的电压应力，影响设备寿命。（3）避雷器的种类及其性能分析：避雷器是配电网中不可或缺的防雷设备，根据其工作原理和性能特点，可分为磁吹避雷器、管型避雷器和阀型避雷器等。磁吹避雷器利用电弧的磁吹作用熄灭电弧，具有结构简单、维护方便等优点；管型避雷器则能在雷电过电压作用下迅速放电，保护设备免受损害；阀型避雷器则通过非线性电阻限制过电压的幅值，保护设备安全。然而，各种避雷器在使用过程中都存在老化、损坏及运维成本等问题，需要定期检测和维护。（4）降低接地电阻的方法：接地电阻是影响防雷效果的重要因素之一。降低接地电阻可以减小雷电电流通过接地装置时的电压降，从而降低雷电过电压对设备的损害。常用的降低接地电阻的方法包括使用降阻剂、换土、深埋接地极等。然而，这些方法在实际应用中受到地质条件、施工难度和成本等因素的限制，效果有限。

2.2 现有技术的不足

尽管传统防雷技术在配电网的防雷保护中发挥了重要作用，但仍存在诸多不足：（1）避雷线架设困难及成本问题。避雷线的架设需要额外的空间和成本，特别是在复杂地形和杆塔密集区域，架设难度和成本显著增加。此外，避雷线的维护和管理也是一项复杂的工作，需要投入大量的人力物力。（2）避雷器老化、损坏及运维成本。避雷器在使用过程中容易受到环境因素的影响而老化、损坏，需要定期检测和维护。这不仅增加了运维成本，还可能因维护不及时而导致设备失效。此外，避雷器的选择和使用也需要根据具体情况进行综合考虑，以确保其防雷效果。（3）接地电阻降低难度及效果有限。降低接地电阻受到地质条件、施工难度和成本等因素的限制，效果有限。在一些地质条件恶劣的地区，降低接地电阻的难度更大，效果也更不明显。因此，在防雷设计中需要综合考虑多种因素，采取综合措施来提高防雷效果。

3 配网防雷新技术研究

3.1 新型避雷装置

（1）穿刺型防雷金具及其防雷机理。穿刺型防雷金具是一种创新的避雷设备，其特点在于能够直接穿刺导线，实现导线与避雷器的有效连接。这种设计不仅简化了安装过程，还提高了避雷效果。其防雷机理在于，当雷电过电压作用于导线时，穿刺型防雷金具能迅速将过电压引入避雷器，通过避雷器的非线性电阻特性将过电压限制在安全范围内，从而保护线路和设备不受损害。此外，穿刺型防雷金具还具有自修复功能，能在一定程度上抵抗恶劣环境的影响，延长使用寿命^[2]。（2）带外串联间隙金属氧化物避雷器的优势。带外串联间隙金属氧化物避雷器是一种结合了传统避雷器与串联间隙技术的新型设备。它在避雷器外部设置串联间隙，当系统正常运行时，串联间隙处于高阻状态，不影响系统的正常工作；当雷电过电压作用时，串联间隙被击穿，避雷器迅速动作，将过电压引入大地。这种设计既保护了避雷器免受持续工作电压的影响，又提高了避雷器的通流能力和使用寿命。此外，带外串联间隙金属氧化物避雷器还具有结构紧凑、安装方便、维护成本低等优点。（3）新型防雷变压器的设计与应用。针对传统变压器在雷电过电压作用下易受损的问题，研究人员开发了新型防雷变压器。这种变压器通过改进绕组结构、增加防雷保护层、优化接地系统等方式，提高了变压器的防雷能力。新型防雷变压器不仅能有效抵御直击雷和感应雷的侵袭，还能在雷电过电压作用下自动恢复功能，确保电网的安全稳定运行。此外，新型防雷变压器还具有节能环保、性能稳定等优点，是配网防雷领域的一项重要创新。

3.2 智能防雷系统

（1）基于物联网的雷电监测与预警系统。随着物联网技术的发展，基于物联网的雷电监测与预警系统应运而生。该系统通过安装在前端的雷电监测设备，实时采集雷电参数并传输至后端监控平台。监控平台对收集到的数据进行处理和分析，生成雷电预警信息，并通过短信、邮件等方式通知相关人员。这种系统不仅能提前预知雷电活动，为电网的防雷工作提供有力支持，还能帮助工作人员及时采取措施，减少雷电灾害的损失。（2）自动化开关的重合闸功能在防雷中的应用。自动化开关的重合闸功能是提高配网防雷能力的重要手段之一。当配网线路因雷电过电压导致跳闸时，自动化开关能够迅速判断故障性质并自动重合闸。对于瞬时性故障（如雷击引起的绝缘子闪络），重合闸可以恢复线路供电；对于永久性故障，则通过闭锁机制防止再次重合闸，避免

对设备和线路造成二次损害。这种功能不仅提高了供电可靠性,还减少了人工干预的工作量^[3]。(3)智能故障定位与快速复电技术。智能故障定位与快速复电技术是利用现代通信技术、数据处理技术和智能电网技术实现的。当配网发生雷击故障时,该技术能够迅速定位故障点,并通过远程操作实现故障隔离和快速复电。这种技术不仅缩短了故障处理时间,提高了供电效率,还降低了人工巡线的风险和成本。

3.3 绝缘材料与技术创新

(1)高性能绝缘子的研发与应用。高性能绝缘子是提高配网绝缘水平的关键材料之一。近年来,随着材料科学的进步,研究人员开发了多种新型高性能绝缘子,如复合绝缘子、陶瓷绝缘子等。这些绝缘子不仅具有优异的电气性能、机械性能和耐候性能,还能有效抵抗雷电过电压的侵袭。在配网中广泛应用高性能绝缘子,可以显著提高线路的防雷能力和安全稳定性。(2)绝缘导线的改进与防护技术。针对传统绝缘导线易受损的问题,研究人员开发了多种改进型绝缘导线,如交联聚乙烯绝缘导线、硅橡胶绝缘导线等。这些绝缘导线不仅提高了导线的绝缘水平,还增强了导线的耐磨、耐候和抗老化性能。此外,还开发了针对绝缘导线的防护技术,如加装防护套、涂覆防护层等,进一步提高了导线的抗雷击能力。这些技术的应用,使得配网在恶劣气候和雷电活动频发的地区也能保持较高的供电可靠性。(3)玻璃钢绝缘横担等新型材料的推广。玻璃钢绝缘横担作为一种新型材料,因其优异的绝缘性能和机械强度,在配网中得到了广泛推广。相较于传统的木质或铁质横担,玻璃钢绝缘横担不仅能够有效防止雷电过电压引起的闪络现象,还能减少因材料腐蚀导致的设备损坏和维修成本。其轻量化设计也便于安装和维护,提高了工作效率^[4]。

3.4 接地与降阻新技术

(1)新型降阻剂与换土技术的应用。在接地电阻降低方面,新型降阻剂和换土技术为解决地质条件限制提供了新的解决方案。新型降阻剂通过其高导电性和强渗透性,能够显著降低土壤电阻率,从而提高接地系统的泄流能力。换土技术则通过更换高电阻率土壤为低电阻

率土壤,直接改善接地条件。这两种技术的结合使用,能够在复杂地质环境下实现接地电阻的有效降低。(2)接地网的设计与优化。接地网的设计与优化是提高防雷效果的关键环节。通过合理的布局和计算,可以设计出既经济又高效的接地网系统。现代接地网设计注重材料的选择、截面的优化、连接的可靠性以及腐蚀防护等方面,以确保接地系统在长期运行中保持良好的性能。此外,还可以采用模块化设计思想,便于后期维护和升级。(3)接地电阻的实时监测与调整。为了确保接地系统始终保持在最佳工作状态,需要对接地电阻进行实时监测与调整。通过安装在线监测设备,可以实时获取接地电阻的数据,并将其传输至远程监控平台。监控平台对收集到的数据进行分析和处理,生成报警信息或调整指令。当接地电阻超出设定范围时,系统会自动启动调整机制,如调整降阻剂配方、增加接地极数量等,以确保接地电阻始终保持在安全范围内。这种智能化管理方式大大提高了接地系统的稳定性和可靠性。

结束语

配网防雷新技术的研究与应用,是对传统防雷手段的革新与超越,为电力系统的稳定运行构筑起更加坚固的防线。本文探讨了多项前沿技术,展现了其在提升防雷能力、减少故障损失方面的显著成效。展望未来,随着科技的持续进步,我们相信配网防雷技术将更加智能化、精细化,为构建安全、可靠、高效的智能电网奠定坚实基础。持续深耕防雷技术,保障电力供应安全,是我们共同的责任与追求。

参考文献

- [1]李景禄,吴维宁.基于物联网技术的配电网防雷新技术研究[J].电力系统自动化,2019,(06):45-46.
- [2]孙锦,吴国贤,付洪波.基于物联网技术的配电网智能防雷新技术研究[J].电力系统自动化,2020,(11):113-114.
- [3]罗建龙,肖忠军,李依.配电网智能防雷新技术研究[J].电力系统及其自动化,2020,(09),70-71.
- [4]刘宁,罗蔚.配电网智能防雷新技术研究现状及发展趋势[J].中国电力,2020,(05):41-42.