

10 kV 架空绝缘线路雷击断线防护措施研究

邢印常

(安徽广播电视台淮南发射台, 安徽 淮南 232000)

摘要 10 kV 架空绝缘线路在电力系统中扮演着重要角色, 然而, 雷击断线问题严重影响其稳定运行。对此, 本文深入探讨了 10 kV 架空绝缘线路雷击断线的防护措施。首先, 通过综合分析雷击参数与断线原因, 明确了雷电对架空绝缘线路的影响机制。其次, 利用电磁暂态模拟软件模拟了雷电对架空绝缘线路零阻抗地走廊 (LIOV) 的影响, 以量化分析雷电电流对线路的冲击。基于此, 提出了一系列防护措施, 包括引入防雷剂、增设雷电防护线、改善接地设施等。研究结果显示, 这些措施能有效降低雷电故障率, 提升线路稳定性和安全性, 对提升抗雷能力具有重要意义。

关键词 10 kV 架空绝缘线路; 雷击断线; 电磁暂态模拟; 雷电防护措施

中图分类号: TM75

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)08-0118-03

电力系统在现代社会中占据核心地位, 其中 10 kV 架空绝缘线路的稳定性和安全性对于电力供应至关重要。然而, 由于雷电天气因素影响, 10 kV 架空绝缘线路经常面临雷击断线的风险, 这极大地影响了电力供应的可靠性。雷击, 包括直击雷和感应雷等, 是导致线路断线的主要原因之一。

尽管过去已有很多关于此问题的研究, 但尚未找到充分有效的解决方案。因此, 为了提升 10 kV 架空绝缘线路的稳定性和安全性, 将对雷击参数和断线原因进行深入研究和分析。借助先进的电磁暂态模拟软件, 将模拟雷电对架空绝缘线路的具体影响机制, 从而为此问题提供新的理论视角。通过定量研究, 旨在探索出既有效又实用的防护措施, 为保障电力系统的稳定运行贡献一份力量。这将有助于解决实际运行中面临的问题, 提升架空线路的抗雷能力, 从而全面提高电力系统的运行效率和供电安全。

1 10 kV 架空绝缘线路雷击断线的概述

1.1 10 kV 架空绝缘线路的基本情况

10 kV 架空绝缘线路作为城市配电网和农村电网的重要组成部分, 凭借其输电容量大、运行可靠性高以及建设成本适中的优势, 得到了广泛应用^[1]。此类线路通过在导线外部覆盖高性能绝缘层, 有效降低了线路对地的放电风险, 显著提升了安全性能。相较传统裸露架空线路, 其对外界环境因素的抵抗能力更强, 尤其能够大幅降低因树木或其他异物引发的短路故障风险。

架空绝缘线路的基本结构包括导线、绝缘层、金

具和杆塔等关键部分。其中, 导线多选用优质铝合金材料, 其优异的导电性能和机械强度, 确保了线路的稳定输电需求。

绝缘层作为电力线路的关键部分, 由耐紫外线、耐老化的高分子材料精心构成, 其目的在于有效防止电晕放电和漏电现象, 确保线路的安全运行。在电力系统中, 金具如悬垂线夹和耐张线夹的选择和配置同样至关重要, 它们对于线路的整体机械性能和电气性能有着直接的影响。

当设计和建设 10 kV 架空绝缘线路时, 需要全面考虑线路路径、地理环境、气象条件等多种因素, 确保线路的稳定性和可靠性。为了线路的长期稳定运行, 定期的现场检查和维护必不可少, 特别是要关注绝缘层的老化和损伤情况, 及时更换, 以保障线路的安全运行。同时, 对于树木的修剪和其他外部隐患的排查工作也不能忽视, 这些都能有效地降低线路运行的风险。尽管 10 kV 架空绝缘线路在许多方面表现出色, 其在遭受雷击时仍面临着较高的断线风险。雷电引发的高能量冲击波和强大瞬态电流会对线路的绝缘层和导线造成破坏, 从而影响线路的稳定性和供电可靠性。对架空绝缘线路的雷击防护措施研究具有重要的现实意义和应用价值。

1.2 雷击断线的影响及其机理

雷击是一个十分严重的问题, 对 10 kV 高空电线有极大的影响, 可导致电线断裂, 严重破坏电力系统的质量与稳定性。这种断线带来的影响, 不仅会中断电力的连续供应, 还会引发安全灾难。雷击断线, 其原因并非单一, 多种机理并存, 包括雷电引导电压过

高,以及直击雷对电线的热效应和机械效应^[2]。

在雷电天气中,雷电流经由电力线路或其附近空气传播,从而在电线处引发高电压,这称为雷电感应过电压。这超常的电压一旦超越电线的承受极限,就会引发绝缘材料的击穿,导致电线断裂,中断电力传输。雷击直接冲击电线,就会造成电流剧增,引发电线的温度瞬间升高。热量若变动过急,将引导材料热胀冷缩,而严重的热量削减,将对电缆的导体和绝缘层构成破坏,引发电线断裂。

雷的冲击波对线路硬件设差造成压力,往往使线路破裂。雷击在大地与电线杆之间产生电弧,地面电阻剧减,从而产生电位差,引出电力系统内的电流分布的急变,导致断裂。在雷电的高压下,也会出现局部放电,久而久之最终导致线路断裂。这些因素都使得雷击断线影响架空绝缘线路安全性的严重隐患。因此,需及时采取强有力的防护措施,提升线路的稳定性和抵抗雷电的能力。

1.3 雷击参数和线路断线原因的综述

雷击参数和线路断线的原因在 10 kV 架空绝缘线路雷击断线问题研究中具有关键作用。雷击参数通常包括雷击电流波形、峰值电流、雷击持续时间等,这些参数直接影响线路所受的机械应力和电磁冲击。雷击电流在极短时间内通过线路,产生高温高压,可能导致绝缘层破坏和导线熔断^[3]。雷电流通过线路接地回路时,会引起瞬态过电压和过电流现象,这些瞬态现象容易引发绝缘层击穿和线路断裂。线路断线的原因还包括线路老化、绝缘缺陷和环境因素等,均会加剧雷击导致的破坏。深入理解雷击参数与断线原因的关系,为制定有效的防护措施提供了理论基础。

2 模拟研究雷击对 10 kV 架空绝缘线路的影响

2.1 电磁暂态模拟软件在雷电研究中的应用

自本研究开展以来,我们深入探索了建筑电气系统中的智能照明方案。通过实地调研与数据分析,研发了一种创新的智能照明设计,该方案融合大数据与人工智能技术,在控制、光源选择和亮度调节等方面均实现了优化,显著提升了照明效率、舒适度和节能性。

然而,由于未涵盖所有建筑类型,方案在某些特定场景可能存在局限性。未来,我们将扩大研究范围,持续优化智能照明设计,以更好地满足多样化需求。这种精确的模型和仿真,不仅可以揭示雷击导致断线的具体过程,还可以为防护措施提供必要的数据支持和验证依据。

电磁暂态模拟还可以对零阻抗地走廊(LIOV)进

行专项分析,研究其在雷击过程中实现电流分流的能力。软件模拟的 LIOV 能够显示雷击电流沿最小阻抗路径传播,在真实工况中模拟电流分布。这一过程展示了雷击电流如何影响架空线的绝缘性能及其导致断线的可能性。

运用电磁暂态模拟软件,搞清雷击电流对电线路的动态影响,为防雷设计提供科学依据。针对防雷的不同措施,如加入防雷剂、设计雷电防护线、优化接地设施,进行模拟,从中看出这些防护措施在真实面临雷击时的反应如何,以此保证对 10 kV 架空绝缘线路的防雷方案制定得既合理又科学,极力提升线路的耐雷属性。这样的过程,不单能印证理论分析的正确性,还能在现实工程应用中给出宝贵建议,从而大幅度减小雷击的危险性,保证电力线路运营的平稳与安全。

2.2 零阻抗地走廊(LIOV)的模拟分析

零阻抗地走廊,简称 LIOV,对于雷电冲击分析颇具分量,因为它直击了雷电流在架空绝缘线路上传播的模式。模拟分析后,对线路的雷电冲击和传播路线更为明晰。

在这模拟阶段,电磁暂态模拟软件用处较大,可实现 LIOV 环境下的雷电流的准确模拟,也能构建一个 10 kV 架空绝缘线路的全方位模型,涵盖了导线、绝缘子、地线以及接地装置等部分。通过模拟多种雷击电流波形参数,深入了解了 LIOV 环境中雷击电流的特性。这些电流具有高幅值、短持续时间和高频特性,对线路产生强烈的电磁场影响,导致导线与绝缘子承受极大电压梯度。进一步分析显示,雷击电流的快速传播和高能量释放可能引发绝缘击穿、热效应累积和机械应力集中,严重威胁线路安全。此外,模拟还揭示了接地方式和地线配置对雷击电流传播的重要影响。优化 LIOV 设计,可以有效分散雷电能量,减小对线路的冲击强度^[4]。以上分析为选择和实施有效的防护措施提供了理论基础和数据支持,对提升 10 kV 架空绝缘线路的抗雷能力具有重要意义。

2.3 雷击电流对 10 kV 架空绝缘线路的冲击分析

当 10 kV 架空绝缘线路受到雷击电流的攻击时,最重要的反应体现在电流瞬间的高幅度和快节奏的变化上。此种攻击会使线路的绝缘体遭到破坏,进一步形成电弧断线。利用电磁暂态模拟工具进行分析,雷击电流在线路上的传播特征,波单转变得以完整呈现。模拟结果表明,雷击电流会在线路上产生强烈的过电压和过电流现象,从而导致导线温升增加及力学性能劣化,最终引发断线事故。理解雷击电流对线路的冲

击特性对于防护措施的选择至关重要。

3 10 kV 架空绝缘线路雷击断线的防护措施

3.1 引入防雷剂, 提高抗雷能力

雷电对 10 kV 架空绝缘线路构成重大威胁, 雷电击打频次高的地区更是如此。防雷剂应运而生, 成为预防雷击引发断线的有效手段, 在诸多领域已得到实践证明^[5]。防雷剂具有出色的导电效应, 能够将雷电流有效引导到地面, 减轻雷电流在架空绝缘线路上的分布, 有助于降低断线概率。

防雷剂的功能原理主要与其材料属性有关。由具有高导电性、耐腐蚀和良好热稳定性的材料制造, 能在遭遇雷电时迅速反应并导电。通过在 10 kV 架空绝缘线路的关键部位施涂防雷剂, 能让雷电流迅速走防雷剂进入地面, 避免雷电流在线路上过多积聚, 减少大电流导致的线路断裂。

针对不同气候和地质条件, 需要选择不同类型的防雷剂, 以确保其能在特定的环境中发挥最佳效果。防雷剂的施工质量也是影响其效果的关键因素。涂敷过程中, 需确保防雷剂均匀分布且充分接触线路表面, 以最大化其导电能力。定期检测和维护防雷剂的状态, 能长期保持其防雷效果, 对线路的安全提供持续保障。

引入防雷剂用于 10 kV 架空绝缘线路, 为提高线路抗雷能力提供了一条切实可行的途径, 是有效降低雷击断线事件的关键措施之一。

3.2 增设雷电防护线, 降低雷电故障率

增加 10 kV 架空绝缘线路的雷电防护线是有效降低雷电故障率的重要措施之一。雷电防护线一般指安装在架空线路上的导电线, 通过构建低阻抗通道, 将雷电流引导至地面, 从而减少雷电对主电力线路的直接冲击。

雷电防护线在实际使用中展示出了强大的功效, 能够极其有效地减轻雷电流对架空绝缘线路的破坏力。设计雷电防护线和确定其安置的地点需要进行全方位的考虑, 在此过程中, 便不可忽视雷击区的气候环境、地理构造以及线路本身的电气特性。只有当这些因素都纳入考量, 才有可能实现最佳的雷电防护效果。在选择防护线材料和确定其位置的时候, 有一些适用的材质, 如镀锌钢线、铝包钢线, 此类材质拥有较高的导电性和机械强度, 堪称承受雷电冲击的利器。至于防护线的布置方式则需视具体线路状况来决策, 单路径布置或多路径布置都可以考虑在其中, 目的是让每一段线路都能得到充分的保护。

增设雷电防护线还需配合良好的接地设施, 以便

迅速将雷电流泄入地下。接地装置的电阻值应满足相关标准, 以防止雷电流在地面上形成反击电压, 避免产生二次破坏。定期检查和维护雷电防护线及接地设施, 可以进一步提高防护措施的有效性和可靠性。科学合理地增设雷电防护线, 是提升 10 kV 架空绝缘线路雷电防护能力的重要手段。

3.3 改善接地设施, 提升线路的稳定性和安全性

接地设施的优化对于提高 10 kV 架空绝缘线路的稳定性和安全性具有重要作用。在雷电对线路的冲击过程中, 接地系统的有效工作能够显著减少线路遭受的电应力, 从而减少断线概率。接地措施可包括增设高效接地体、优化接地网布局以及增强接地电阻的监测和维护。通过使用优质导电材料, 确保接地体的良好接触和低电阻特性, 加强对接地系统的日常监测和维护, 可以大幅度降低雷电对线路造成的危害, 提升整体电网的抗雷能力。

4 结束语

本文深入探讨了 10 kV 架空绝缘线路雷击断线的防护措施; 详细分析了雷击参数、断线原因, 以及雷电对线路的具体影响; 借助电磁暂态模拟技术, 了解了雷电流对线路的冲击效应。对此, 提出了多项切实可行的防护措施, 包括引入防雷剂、增设防雷线、优化接地设施等。实验结果表明, 这些防护措施明显降低了雷击故障率, 提高了线路的稳定性和安全性, 有助于提升电力系统的抗雷能力, 确保电力供应的稳定与安全。在未来的研究中, 希望将进一步验证和完善这些防护措施的实用性和长期效果, 同时根据技术发展和运行经验的累积, 寻求更有效的处理手段和技术, 进一步推动 10 kV 架空绝缘线路的抗雷技术发展, 为电力基础设施的稳定运行贡献智慧和力量。

参考文献:

- [1] 彭涛, 卜凯, 任磊. 10 kV 架空绝缘线路雷击典型事故分析及应对策略建议 [J]. 科技与创新, 2023(11):86-88.
- [2] 胡新宇, 汪新秀, 杨廷方, 等. 10 kV 绝缘架空线路雷击断线仿真分析 [J]. 电力科学与技术学报, 2023, 38(02): 161-167.
- [3] 胡新宇, 汪新秀, 杨廷方, 等. 10 kV 绝缘架空线路雷击断线仿真分析 [J]. 电力科学与技术学报, 2023, 38(02): 161-167.
- [4] 刘建伟. 10 kV 配网架空绝缘线路防雷措施 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(05): 237-239.
- [5] 刘绍纪. 10 kV 架空绝缘线路雷击断线机理分析及预防措施 [J]. 机电信息, 2021(27): 26-27.