

高压输电线路防雷与接地系统改进设计

易爱京

江西三龙电气有限公司 江西 宜春 336000

【摘要】：防雷与接地系统作为保障高压输电线路安全运行的重要防线，其性能的优劣直接关系到线路在雷击情况下的耐受能力和故障恢复能力。现有的防雷与接地系统在一定程度上能够起到防护作用，但随着电力系统的发展和雷击环境的变化，也逐渐暴露出一些问题，如防雷措施的针对性不足、接地电阻过大等，导致其无法完全满足高压输电线路日益增长的防雷需求。基于此，本文深入探讨高压输电线路防雷与接地系统的改进设计，通过分析雷击对高压输电线路的危害机理，结合实际运行中的问题和需求，提出一系列切实可行的改进措施和优化方案，旨在提高高压输电线路的防雷性能和可靠性，为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。

【关键词】：高压输电线路；防雷接地；改进设计

DOI:10.12417/2705-0998.25.18.063

引言

防雷与接地系统作为高压输电线路抵御雷击的重要防线，直接关系到线路的防雷性能和运行安全性。良好的防雷与接地系统能够有效地将雷电流引入大地，降低线路上的过电压，从而保护输电线路及其设备免受雷击损害。接地电阻的大小直接影响到雷电流的泄放效果，若接地电阻过大，雷电流无法迅速有效地导入大地，会导致杆塔电位升高，增加线路反击的风险；而合理布置避雷线和安装避雷器等防雷装置，则可以减少雷电直击导线的概率，限制过电压的幅值，提高线路的耐雷水平。因此，对高压输电线路防雷与接地系统进行改进设计具有重要的现实意义和紧迫性。本文旨在深入探讨高压输电线路防雷与接地系统的改进设计方案，通过分析现有系统存在的问题，结合先进的技术和理念，提出针对性的改进措施，以提高高压输电线路的防雷能力和运行可靠性，为电力系统的安全稳定运行提供有力保障。

1 高压输电线路雷击危害

雷击对高压输电线路的危害是多方面的，且后果严重。当雷电击中输电线路或其附近区域时，瞬间会产生极高的冲击电压。这一冲击电压远远超过线路设备的绝缘耐受水平，极易导致绝缘子闪络、变压器绝缘击穿等问题。绝缘子作为支撑和隔离导线的关键部件，一旦因雷击闪络，其绝缘性能会大幅下降，无法有效阻止电流泄漏，可能引发线路接地故障，甚至造成线路跳闸，导致大面积停电。而变压器绝缘击穿则可能使变压器内部绕组短路，造成设备损坏，维修成本高昂且修复时间长，严重影响电力系统的正常供电。例如，在某次强雷电天气中，某地区的高压输电线路遭受雷击，导致多个绝缘子闪络，线路瞬间跳闸，该地区多个工厂被迫停产，居民生活也受到极大影响，直接经济损失达数百万元。雷击产生的强大电流还会使线路上的电气设备瞬间承受巨大的电应力和热应力。在电应力作用下，设备内部的电子元件可能会被击穿损坏，如熔断器熔断、避雷器失效等。而热应力则会使设备发热，若热量不能及时散

发，可能导致设备过热，加速设备老化，缩短设备使用寿命。当热量积累到一定程度，还可能引发火灾。像安徽定远曾发生过高压线被雷击断砸中轿车并引发火灾的事件，这充分说明了雷击引发火灾的危险性。此外，雷击产生的电磁脉冲还会对通信系统、自动化控制系统等造成干扰，导致信号传输错误、控制系统失灵等问题，进一步影响电力系统的安全稳定运行。

2 高压输电线路防雷与接地系统现存问题

2.1 防雷设计问题

在高压输电线路的防雷设计过程中，部分设计人员对线路路径、地形地貌以及雷暴日等关键因素的考虑不够充分。在选择线路路径时，没有对沿线的雷电活动情况进行详细的勘察和分析，未能避开雷电高发区域，从而增加了线路遭受雷击的风险。例如，在一些山区，由于地形复杂，局部地区雷电活动频繁，但线路却直接穿越这些区域，没有采取有效的绕避措施。对地形地貌的忽视也会导致防雷设计不合理。在山坡、山顶等地势较高的地方，杆塔更容易遭受雷击，但在设计时没有针对这些特殊地形采取加强防雷的措施，如增加避雷线的保护范围、提高杆塔的绝缘水平等。不同地区的雷暴日数差异较大，而设计人员没有根据当地的雷暴日数据来合理确定防雷措施的强度和配置，导致防雷效果不佳。在雷暴日数较多的地区，仍采用与雷暴日数较少地区相同的防雷设计标准，无法满足实际的防雷需求。

2.2 接地系统问题

接地电阻过大是接地系统中较为突出的问题之一。接地电阻过大时，雷电流无法迅速有效地导入大地，会导致杆塔电位升高，增加雷电反击的风险。造成接地电阻过大的原因有很多，如土壤电阻率过高，在一些山区、岩石地带，土壤的导电性能差，使得接地电阻难以降低；接地极埋设深度不够，没有达到设计要求的深度，导致接地极与土壤的接触面积不足，从而增大了接地电阻；接地极的数量不足，无法满足雷电流的泄放需

求,也会使接地电阻升高。据统计,在一些接地电阻过大的杆塔处,雷击时杆塔电位可升高数倍甚至数十倍,大大增加了线路发生故障的概率。接地体腐蚀也是不容忽视的问题。接地体长期埋设在地下,受到土壤中的水分、酸碱物质等的侵蚀,容易发生腐蚀现象。尤其是在一些土壤腐蚀性较强的地区,接地体的腐蚀速度更快。接地体腐蚀后,其截面积减小,电阻增大,导电性能下降,严重影响接地系统的防雷效果。当接地体腐蚀到一定程度时,甚至会出现断裂的情况,导致接地系统完全失效。例如,在某沿海地区,由于土壤中含有大量的盐分,对接地体的腐蚀作用明显,部分杆塔的接地体在使用几年后就出现了严重腐蚀,接地电阻大幅上升,防雷性能急剧下降。

2.3 施工与维护问题

在高压输电线路防雷与接地系统的施工过程中,存在技术不规范、质量把控不严的情况。在避雷线的架设过程中,没有按照设计要求的弧垂和张力进行施工,导致避雷线的实际位置与设计位置存在偏差,影响其对导线的保护效果。在绝缘子的安装过程中,没有注意清洁绝缘子表面,使其表面残留有灰尘、油污等污染物,降低了绝缘子的绝缘性能。在接地系统的施工中,接地极的埋设位置不准确,没有按照设计图纸进行施工,导致接地电阻无法达到设计要求。施工人员的技术水平参差不齐也是一个问题。一些施工人员对防雷与接地系统的施工工艺和技术要求了解不够深入,在施工过程中出现操作失误。在焊接接地连接点时,焊接质量不高,存在虚焊、脱焊等问题,影响接地连接的可靠性。施工过程中的质量检验环节也存在漏洞,没有对施工质量进行严格的检测和验收,使得一些存在质量问题的施工工程得以通过验收,为后续线路的运行埋下了隐患。后期维护检测不到位也是导致防雷与接地系统性能下降的重要原因。没有建立完善的定期维护检测制度,对防雷与接地系统的运行状态缺乏有效的监测。在一些地区,对线路的防雷与接地系统的维护检测周期过长,甚至几年才进行一次检测,无法及时发现系统中存在的问题。在维护检测过程中,检测手段落后,检测设备精度不足,也难以准确检测出接地电阻、接地体腐蚀等问题。例如,一些检测人员仍然使用传统的接地电阻测量仪,这种仪器在测量复杂土壤条件下的接地电阻时,误差较大,无法准确反映接地电阻的真实值。

3 防雷与接地系统改进设计思路

3.1 安装线路避雷器

线路避雷器是一种有效的防雷设备,能够在雷击过电压发生时迅速动作,将过电压限制在一定范围内,保护线路设备免受损坏。其工作原理是基于氧化锌等非线性电阻材料的特性,在正常运行电压下,避雷器呈现高电阻状态,几乎没有电流通过;当遭受雷击过电压时,避雷器的电阻迅速降低,大量雷电流通过避雷器流入大地,从而限制了过电压的幅值。与传统的

防雷措施相比,线路避雷器具有响应速度快、保护效果好等优势。在一些易遭受雷击的线路段,如山顶、风口等位置安装线路避雷器后,雷击跳闸率明显降低。

3.2 选择合适的接地材料

接地材料的性能直接影响接地系统的效果。传统的接地材料如镀锌钢,在一些土壤腐蚀性较强的地区,容易发生腐蚀,导致接地电阻增大。而新型接地材料,如铜包钢、石墨复合接地材料等,具有良好的导电性和耐腐蚀性。铜包钢接地材料结合了铜的良好导电性和钢的高强度,其表面的铜层能够有效防止腐蚀,延长接地体的使用寿命。石墨复合接地材料则具有较低的电阻率和优异的化学稳定性,在各种土壤条件下都能保持良好的接地性能。在某沿海地区的高压输电线路接地系统改造中,将原来的镀锌钢接地体更换为铜包钢接地体后,经过多年的运行监测,接地电阻始终保持在较低水平,接地系统的稳定性和可靠性得到了大幅提升。

3.3 增强线路绝缘

增强线路绝缘是提高高压输电线路防雷能力的重要措施之一。增加绝缘子片数是一种直接有效的方法。随着绝缘子片数的增加,线路的绝缘水平得到提高,能够承受更高的过电压,减少雷击闪络的概率。在110kV输电线路中,适当增加绝缘子片数,可显著提升线路的耐雷水平。但增加绝缘子片数时,需综合考虑杆塔的承载能力和线路的经济性,避免因绝缘子片数过多导致杆塔负荷过大或成本过高。使用复合绝缘子也是增强线路绝缘的有效手段。复合绝缘子由有机材料制成,具有重量轻、机械强度高、耐污性能优良等优点。与传统的瓷绝缘子相比,复合绝缘子的憎水性好,在潮湿环境下能有效减少表面的泄漏电流,降低污闪的风险。在一些污染严重的地区,使用复合绝缘子能明显提高线路的绝缘性能和运行可靠性。复合绝缘子的结构设计也在不断优化,通过改进伞裙的形状和大小,增加爬电距离,进一步提高其绝缘性能。在选择复合绝缘子时,要确保其质量可靠,符合相关标准和要求,并加强对复合绝缘子的运行监测,及时发现和处理可能出现的问题。

3.4 降低接地电阻措施

接地电阻的大小直接影响着高压输电线路的防雷性能,降低接地电阻是接地系统改进的关键。采用换土的方法,在接地体周围更换为电阻率较低的土壤,如黏土、泥炭等。在岩石地区,可将接地体周围0.5米范围内的岩石挖出,换上黑土、粘土或砂质土等,能有效降低接地电阻值。这种方法的优点是效果明显,且不会对环境造成污染,但缺点是施工难度较大,尤其是在高山岩石地带,取土困难,耗时耗力。使用降阻剂也是一种常用的降阻方法。降阻剂是由多种物质配制而成的化学材料,具有良好的导电性和保水性。将降阻剂敷设在接地体周围,能改善接地体与土壤之间的接触状况,扩大接地体的有效散流

面积,从而降低接地电阻。但部分降阻剂含有重金属等有害物质,可能会对土壤和地下水造成污染,同时还可能会腐蚀接地体,缩短接地体的使用寿命。因此,在选择降阻剂时,要选用环保型、对接地体腐蚀性小的产品,并严格按照使用说明进行施工。

3.5 智能接地系统构建

利用传感器技术、物联网技术和数据分析技术,构建智能接地系统,能实现对接地系统状态的实时监测和自动调节。在接地系统中安装各类传感器,如接地电阻传感器、温度传感器、湿度传感器等,可实时采集接地电阻、土壤温度、湿度等关键参数。这些传感器将采集到的数据通过物联网技术传输到数据处理中心,数据处理中心利用数据分析算法对数据进行分析 and 处理,判断接地系统的运行状态是否正常。当监测到接地电阻异常升高或其他参数出现异常时,智能接地系统能自动发出预警信号,并根据预设的策略进行自动调节。通过自动调节接地极的深度、增加降阻剂的注入量等方式,使接地电阻恢复到正

常范围。智能接地系统还能与电力调度系统进行联动,当发生雷击等故障时,及时向调度系统提供接地系统的相关信息,为故障处理提供依据。通过建立历史数据模型,对不同季节、不同气象条件下的接地系统运行数据进行分析,预测接地系统的性能变化趋势,提前采取维护措施,保障接地系统的稳定运行。

4 结语

随着科技的不断进步,高压输电线路防雷与接地系统有望在智能化和新材料应用方面取得更大突破。在智能化方面,利用人工智能、大数据等技术,进一步完善智能接地系统,实现对防雷与接地系统的全方位智能监测和精准控制。通过对大量运行数据的分析和挖掘,提前预测雷击风险和接地系统故障,及时采取预防措施,提高系统的可靠性和稳定性。加强对防雷与接地系统的研究和创新,不断探索新的防雷技术和接地方式,也是未来发展的重要方向。随着电力系统的不断发展和对供电可靠性要求的日益提高,高压输电线路防雷与接地系统将不断完善和发展,为电力事业的发展做出更大贡献。

参考文献:

- [1] 邓立群,李守成.工业电气工程高压输电线路的施工及防雷装置设置探讨[J].中国设备工程,2022(07):82-83.
- [2] 班德贵.新时期 220kV 高压输电线路防雷接地技术分析[J].仪器仪表用户,2024,31(11):135-137.
- [3] 张毅.高压输电线路综合防雷技术措施分析[J].中国战略新兴产业,2025(08):154-156.
- [4] 方锐.超特高压输电线路防雷接地装置维护与检修技术分析[J].电力设备管理,2024(16):2-4.
- [5] 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.