

浅谈输变电工程中线路融冰措施

张世亮

深圳市达能电力技术有限公司 广东 深圳 518000

摘要：输变电工程中线路覆冰会给电网安全稳定运行带来严重威胁，线路融冰措施至关重要。本文首先阐述了线路融冰的重要性，分析了输变电路线覆冰的形成机理与危害，包括气象条件、物理过程及对线路机械与电气性能的损害等。接着详细探讨了常见的交流融冰、直流融冰、热力融冰和自然被动融冰等措施，比较了它们的特点与适用范围。最后提出融冰措施选择应依据线路参数、覆冰情况等因素，阐述不同类型线路的应用策略以及融冰措施与电网运行协调配合的要点，为输变电工程线路融冰工作提供全面的技术参考。

关键词：浅谈输变电；工程中线路；融冰措施

引言：在寒冷天气下，输变电工程线路覆冰现象较为常见。线路覆冰可能导致杆塔倒塌、导线断裂、绝缘子闪络等严重事故，对电力供应的可靠性产生极大影响。随着电力系统规模的不断扩大和对供电质量要求的提高，线路融冰成为保障电网冬季安全运行的关键环节。研究输变电工程中线路融冰措施，分析其形成机理与危害，比较不同融冰方式的优劣，探索合理的选择与应用策略，对于提升电网应对覆冰灾害的能力、确保电力系统稳定运行具有极为重要的意义。

1 输变电工程中线路融冰的重要性

输变电工程中线路融冰具有不可忽视的重要性，其关乎电力系统的稳定运行以及社会生产生活的正常秩序。在冬季寒冷天气下，输变电路线极易出现覆冰现象。一旦线路覆冰，首先会对线路自身的机械结构造成严重威胁。大量覆冰会使导线所承受的重量大幅增加，远远超出其正常设计的承载范围，从而导致导线发生断裂。同时，由于覆冰往往并非均匀分布在导线上，这种不均匀性会使导线受力失衡，进而引发杆塔倾斜甚至倒塌。杆塔作为支撑导线的关键设施，其损坏将直接破坏整个输电线路的完整性，中断电力传输。从电气性能方面来看，覆冰会改变导线的表面特性，使得电场分布发生畸变，大大降低绝缘子的绝缘性能。这极易引发绝缘子闪络等电气故障，导致线路跳闸，造成大面积停电事故。而大面积停电将对社会产生多方面的严重影响，工业生产会因电力供应中断而被迫停工，造成巨大的经济损失，延误生产进度，影响企业的市场竞争力。居民生活也会陷入困境，取暖设备无法运行、照明缺失、电器无法使用，通信网络也可能因电力问题受到干扰，给人们带来极大的不便。此外，像医院、交通枢纽、金融机构等重要的公共服务设施若失去电力保障，将严重影响

社会的正常运转和公共安全，甚至可能引发社会秩序的混乱^[1]。

2 输变电路线覆冰的形成机理与危害

2.1 覆冰形成的气象条件与物理过程

输变电路线覆冰的形成与特定气象条件和物理过程密切相关。当气温处于零下且接近冰点，同时空气中水汽含量较为丰富并伴有微风时，就为线路覆冰创造了有利气象环境。在这种情况下，过冷却水滴随风飘移，一旦与温度低于冰点的输变电路线导线相遇，水滴便会迅速在导线表面凝结。由于导线表面积有限，后续的水滴不断聚集并冻结，逐渐形成覆冰。随着时间推移，覆冰厚度会不断增加。覆冰的形态多样，常见的有雨淞、雾淞和混合淞等。雨淞是过冷却雨滴在导线表面冻结而成，质地坚硬且密度较大；雾淞则是由水汽直接凝华形成，结构较为松散；混合淞则兼具两者特点。这些不同形态的覆冰都会对输变电路线产生不同程度的危害，威胁电网的安全稳定运行。

2.2 覆冰对输变电路线的危害

覆冰对输变电路线存在多方面严重危害。首先是机械方面，大量覆冰会使导线重量急剧上升，其产生的额外拉力可能超出导线的抗拉极限，导致导线断裂，不均匀的覆冰分布使导线受力不平衡，造成杆塔承受偏心拉力，引发杆塔倾斜、扭曲甚至倒塌，破坏线路的整体结构稳定性。在电气方面，覆冰改变了导线的形状和表面状态，使导线的电场分布发生畸变，降低了绝缘子的绝缘性能，容易引发绝缘子闪络放电现象，可能造成跳闸事故，影响电力系统的正常供电可靠性。而且，覆冰的形成与融化过程还可能伴随着冰凌跳跃、舞动等现象，这不仅会加剧导线与杆塔部件的磨损，缩短线路使用寿命，还可能因舞动幅度过大而与周边物体碰撞，进一步

损坏线路设施,危及电网安全运行。

3 常见的线路融冰措施分析

3.1 交流融冰

交流融冰是一种常用的线路融冰措施。其原理是通过在覆冰线路中施加一定频率和幅值的交流电流,利用电流的热效应使导线发热,从而融化线路上的覆冰。在交流融冰系统中,需要配备专门的融冰电源,如大容量的变压器等设备。融冰时,将融冰电源与待融冰线路连接,调整输出电压和电流,使线路中的电流达到能够产生足够热量融冰的强度。交流融冰的优点在于技术相对成熟,设备在电力系统中较为常见,改造和应用的成本在一定程度上可控制。例如,一些地区的电网公司可以利用现有的变电站设备进行适当改造来实现交流融冰。然而,交流融冰也存在局限性。它对线路的电容、电感等参数较为敏感,不同线路可能需要重新调整融冰参数,操作相对复杂。而且在融冰过程中,会对电网的电能质量产生一定影响,如引起电压波动、谐波等问题,需要在融冰时对电网运行状态进行密切监测与调控,以确保整个电网的安全稳定运行^[2]。

3.2 直流融冰

直流融冰是输变电线路融冰的有效手段之一。其工作原理基于焦耳定律,即当直流电流通过导线时,导线因电阻发热从而实现融冰。直流融冰装置主要由整流变压器、整流器等部件构成。在融冰操作时,将直流融冰装置接入待融冰线路,通过调整输出直流电压和电流大小,使导线产生足够热量来融化覆冰。与交流融冰相比,直流融冰具有显著优势。它不受线路电容、电感等参数影响,融冰参数易于控制和调整,可适用于不同类型和长度的线路,具有较强的通用性。例如,在一些长距离、大截面导线的输电线路融冰中应用效果良好。同时,直流融冰过程中对电网电能质量的影响相对较小,不会产生交流融冰那样明显的电压波动和谐波问题,减少了对电网其他设备和用户用电的干扰。不过,直流融冰装置的建设成本较高,需要专门的整流设备和场地,且设备的维护和检修也较为复杂,需要专业技术人员和配套的技术支持体系,这在一定程度上限制了其在一些小型或资金相对不足的电网中的推广应用。

3.3 热力融冰

热力融冰主要是利用外部热源产生的热量来融化输变电线路上的覆冰。其常见的实现方式包括采用热气流融冰和热辐射融冰等。热气流融冰是通过向导线表面喷射高温热气流,使导线温度升高,进而使覆冰融化。这种方式的优点在于设备相对简单,可操作性较强。例

如,一些便携式的热气流融冰设备能够在局部覆冰较为严重的路段进行灵活操作,可快速清除导线表面的覆冰。然而,其缺点是融冰范围相对有限,对于长距离、大面积覆冰的线路处理效率较低,且在寒冷大风环境下,热气流的散热较快,融冰效果可能会大打折扣。热辐射融冰则是利用红外辐射等方式向导线传递热量。其能较为均匀地对导线进行加热,融冰效果较好,并且对环境的适应性相对较强。但热辐射融冰设备的成本较高,需要专门的辐射源和反射装置等,而且在安装和维护过程中需要专业技术人员操作,对设备的精准度和稳定性要求较高。总体而言,热力融冰在一些特定场景和局部线路融冰处理中具有一定的优势,但也面临着成本、效率和适用范围等方面的挑战。

3.4 自然被动融冰

自然被动融冰是借助自然环境因素来实现线路覆冰融化的方式。当外界气温回升至冰点以上,且有阳光照射时,线路上的覆冰会逐渐自然融化。这种融冰方式无需额外的能源输入与复杂设备,成本极低,对环境也毫无负面影响。然而,自然被动融冰存在诸多局限性。其融冰过程完全依赖于自然气候条件,具有极大的不确定性与不可控性。在寒冷漫长的冬季,适宜融冰的天气状况可能极为稀少,这使得线路长时间处于覆冰状态,严重威胁电网安全。并且,自然被动融冰速度缓慢,对于冰层较厚或持续低温后形成的顽固覆冰,其融化效果微乎其微。此外,在融冰过程中,由于无法人为干预,可能会出现不均匀融冰现象,导致导线受力不均,进一步增加线路故障风险。所以,自然被动融冰通常难以作为独立的、可靠的融冰手段,更多是在其他主动融冰措施辅助下,利用偶尔出现的有利自然条件,缓解覆冰压力或完成少量剩余覆冰的清除工作。

4 线路融冰措施的选择与应用策略

4.1 融冰措施选择的依据与考虑因素

线路融冰措施的选择需要综合多方面依据与考虑因素。首先是线路自身特性,包括线路的电压等级、导线类型、长度、截面以及杆塔结构等。例如,对于长距离、大截面的高压输电线路,直流融冰可能更具优势,因其不受线路电容电感影响,能有效应对复杂线路参数;而对于一些短距离、低压配电网线路,交流融冰结合现有设备改造可能更为经济适用。覆冰情况也是关键因素,如覆冰厚度、类型(雨淞、雾淞或混合淞)以及分布的均匀性等。厚且坚硬的雨淞可能需要较强的融冰能力,如热力融冰中的热气流融冰方式可针对局部厚覆冰进行高效处理;对于分布不均匀的覆冰,选择对导线

受力影响小且能精准控制融冰范围的措施,如直流融冰。要考虑电网运行状况,包括电网的负荷水平、电能质量要求以及其他运行设备的兼容性等。在负荷高峰期,交流融冰可能因对电能质量影响大而受限,需优先选用直流融冰等干扰较小的方式,还需考量融冰措施的成本,包括设备购置、安装、运行维护以及人力成本等。例如,自然被动融冰虽成本低但效果有限,需结合其他主动融冰措施,在综合权衡后确定最适合的融冰方案,以保障电网安全、高效、经济地运行。

4.2 不同类型输变电线路的融冰措施应用策略

对于不同类型的输变电线路,应采用针对性的融冰措施应用策略。在高压输电线路方面,由于其往往距离长、输送容量大且导线截面较粗,直流融冰是较为理想的选择之一。直流融冰装置可根据线路的具体参数灵活调整输出电流和电压,高效地融化线路覆冰,并且对电网电能质量的影响相对较小,能确保在融冰过程中整个高压输电网络的稳定运行。例如,在一些特高压骨干输电线路,配备专门的直流融冰设备可有效应对冬季覆冰威胁。对于中低压配电线路,交流融冰具有一定优势。中低压配电线路分布广泛且网络结构相对复杂,交流融冰可利用现有的变电站设备进行改造升级来实现融冰功能,在成本控制上更为有利。通过合理调整变电站的输出电压和电流,能够对局部覆冰的配电线路进行融冰处理,保障配电网的供电可靠性。而对于一些偏远地区或临时性的小型输变电线路,自然被动融冰和便携式热力融冰设备可作为辅助手段。在覆冰较轻且自然条件允许时,依靠自然升温融冰可节省资源;便携式热力融冰设备则可在紧急情况下对关键部位进行快速融冰,防止故障扩大,以最小的成本和资源投入维持这些特殊线路的基本运行,确保电力供应的连续性。

4.3 融冰措施与电网运行的协调配合

融冰措施与电网运行的协调配合至关重要。在融冰操作前,需对电网的负荷情况进行精准评估。若处于负荷高峰期,应优先选择对电能质量影响小的融冰方式,

如直流融冰,避免因交流融冰引发的电压波动、谐波等问题影响工业生产和居民用电,要提前规划好融冰设备接入电网的位置与方式,确保不会因融冰操作造成局部电网过载或短路等故障。融冰过程中,要实时监测电网的运行参数,包括电压、电流、功率因数等。一旦发现因融冰导致电网运行状态偏离正常范围,应及时调整融冰设备的输出参数或采取相应的补偿措施。例如,当交流融冰引起电压下降时,可通过投切无功补偿装置来维持电压稳定。并且,要与电网的调度系统紧密配合,根据电网整体的运行态势,灵活安排融冰顺序和时间。对于重要的输电通道,优先安排融冰,保障电力的骨干传输;对于影响范围较小的支线线路,可在合适时机进行融冰操作。融冰结束后,还需对电网进行全面检查和评估,确保融冰过程中未对电网设备造成隐性损伤,及时修复因融冰操作可能出现的线路连接松动、绝缘子受损等问题,使电网迅速恢复到最佳运行状态,为电力系统的持续稳定供电奠定坚实基础^[3]。

结束语

综上所述,输变电工程线路融冰措施对于保障电网安全稳定运行意义重大。面对线路覆冰这一严峻挑战,交流融冰、直流融冰、热力融冰及自然被动融冰各有特点与适用场景。在实际应用中,需综合考量线路特性、覆冰状况以及电网运行等多方面因素,科学合理地选择并运用融冰措施,同时确保其与电网运行紧密协调配合。随着技术的持续进步与研究的深入,相信线路融冰技术将不断完善,为电力系统在寒冷气候条件下的可靠供电提供更为坚实的保障,推动电力行业稳步发展。

参考文献

- [1]熊伟.浅谈输变电工程中线路融冰措施[J].科技与生活,2019(18):78-112
- [2]陈文章.浅谈输变电工程中线路融冰措施[J].科技资讯,2019(37):134-156
- [3]蒋川,杜平.浅谈输变电工程中线路融冰措施[J].科技向导,2019(34):223-256