

High voltage line fault diagnosis and maintenance technology in power transmission and distribution engineering

Long Cheng

State Grid Shandong Electric Power Company, Dingtao District Power Supply Company, Heze, Shandong, 274000, China

Abstract

High-voltage transmission lines are essential for the operation of power transmission, distribution, and consumption systems. Ensuring their safety and stability is crucial for maintaining uninterrupted power supply. However, various operational factors inevitably lead to faults in high-voltage lines, necessitating the application of scientific and rational fault diagnosis and maintenance technologies to guarantee continuous and stable power supply. This paper provides an overview of the operational characteristics of high-voltage lines in power transmission and distribution systems, analyzes common operational faults, and discusses effective application of fault diagnosis and maintenance technologies as a reference.

Keywords

Power transmission and distribution engineering; High voltage lines; Fault diagnosis; Maintenance technology

输配电及用电工程中高压线路故障诊断与维护技术

程龙

国网山东省电力公司菏泽市定陶区供电公司, 中国·山东 菏泽 274000

摘要

输配电和用电工程都离不开高压线路的运行支持, 唯有确保高压线路的安全、稳定, 才能实现持续供电。而高压线路运行受到诸多因素影响不可避免地会出现各种故障问题, 需要借助科学、合理的故障诊断与维护技术应用, 以确保供电的持续、稳定。基于此, 文章对输配电及用电工程中高压线路运行特点进行了相关概述, 分析了高压线路运行的常见故障, 并对相关故障诊断与维护技术的应用进行了有效探讨, 以供参考。

关键词

输配电工程; 高压线路; 故障诊断; 维护技术

1 引言

在经济快速发展的推动下, 用电总需求也在不断提升, 输配电及用电工程的重要性也越发突出。而高压线路在输配电及用电工程中发挥着电力传输的重要作用, 在设备老化、环境侵蚀、恶劣天气等的影响下, 难免会发生各种各样的故障, 影响供电的稳定性与持续性, 甚至还会引发严重的安全事故^[1]。自动化技术等不断发展应用, 为高压线路故障的诊断与维护水平的提升提供了有利条件, 也成为了高压线路故障诊断与维护工作转型发展的重要推动力。然而在实际的故障诊断与运行维护中仍然存在诸多问题。因此, 相关单位、人员必须对输配电及用电工程高压线路故障诊断与维护工作予以高度重视, 积极探索故障诊断与维护技术的应用策略, 更好地为输配电及用电工程的安全、稳定运行提供保障。

2 输配电及用电工程高压线路运行的特点

相较于普通的电力线路, 输配电及用电工程中的高压线路运行有着较为明显的不同, 其运行特点主要包括以下几个方面: 一是覆盖范围广、运行环境复杂。高压线路往往需跨越山区、平原、工业区、沿海等区域进行高压输电, 其中山区的岩石崩塌, 沿海高盐雾腐蚀, 工业区污染污闪, 雷雨区雷击等都极易诱发高压线路故障, 这对高压线路的运维工作造成极大困扰。二是电压等级高、安全风险大。一般来说, 输配电及用电工程中的高压线路电压在 110kV 及以上, 超高压线路甚至可达 1000kV, 设备发生闪络放电的风险较高, 设备短路损坏、人员触电风险较高, 也对运维人员的专业素质提出较高要求。三是设备数量众多且维护工作量较大^[2]。输配电及用电工程中一条高压线路往往涉及数十至上百基杆塔及大量导线、绝缘子、金具等设备的使用, 特别是偏远区域、高危区域的设备维护, 则是需要更多的人力资源、物力资源保障。四是运行连续性要求高、故障影响广。输配

【作者简介】程龙(1986-), 男, 中国山东菏泽人, 本科, 助理工程师, 从事输配电及用电工程方向研究。

电及用电工程中的高压线路必须确保全天候不间断运行，一旦发生故障停电，即便是极短时间的停电，也可能导致电力支撑的数据中心宕机、电力系统紊乱，电网功率失衡等问题，影响整个输配电网络与用电工程的正常运行。

3 输配电及用电工程高压线路运行常见故障

3.1 雷击故障

雷电击中高压线路或杆塔产生的瞬时过电压和瞬时过电流，会远远超出线路的绝缘阈值，进而导致线路跳闸故障。过电流还可能烧毁导线、避雷器等设备，甚至造成杆塔倒塌。输配电及用电工程的高压线路雷击故障在雷雨多发区、多发季节较为常见，若是高压线路的避雷器安装等防雷措施不到位、保护范围覆盖不全，或者是绝缘子老化而导致的性能下降现象等，都是引发雷击故障的重要原因。

3.2 污闪故障

污闪故障由绝缘子表面易附着工业粉尘、燃煤烟尘、汽车尾气、沿海盐雾等污秽物，其中的电解质在与外界的水分子接触后溶解后会形成导电通道，在绝缘子表面不均匀的电场分布，引发闪络放电，导致线路跳闸。尤其是需要穿越工业区、沿海等污秽严重区域的高压线路；以及绝缘子长期未清洁，污秽物积累量超标等，都是引发高压线路污闪故障的重要原因。

3.3 线路老化故障

高压线路、设备等的长时间运行，受到各种应力叠加影响，阳光、雨水等自然环境侵蚀等，难免会出现老化现象，并且会随着运行年限增加而越发凸显。如，导线老化导致导线截面积减小、机械强度下降、绝缘层破损等，进而引发导线断裂、短路等问题^[3]。绝缘子老化出现开裂、自爆、老化脆化等现象，绝缘性能大幅降低，增加闪络风险。金具老化出现锈蚀、磨损而发生断裂，引发导线脱落等。

3.4 风力故障

风力故障主要是受到台风、龙卷风等强风影响，使得高压线路受到强烈的机械作用力导致的一系列故障问题。如，在风力的作用下使得导线发生低频、大振幅舞动，此时导线与杆塔、绝缘子发生碰撞、摩擦，造成导线磨损、断裂，绝缘子损坏等问题；受到强风的影响，杆塔的基础也极易丧失稳定性，出现杆塔倾斜或倾倒问题；强风将树枝、塑料布等异物吹至线路，也会引发线路短路风险等。这些都是强风环境下高压线路较为常见的故障。该故障成因主要有：线路所处区域风力资源丰富，强风天气频发；在线路设计之初，没有很好地结合施工区域的风力情况进行合理地规避或者采取相应的防护措施，导线布设的防风抗震能力较差；杆塔基础施工质量把控不严，抗风能力无法达到设计的要求。

4 输配电及用电工程中高压线路故障诊断技术的应用

4.1 红外热成像技术

红外热成像技术的应用是利用了物体会产生热辐射的特性原理。借助对红外热像仪等相关设备的使用，获取高压线路的温度分布情况，对照温度阈值对故障位置及可能的故障类型进行判断。比如，高压线的接头出现不良接触时会产生热量，导致该接头位置温度升高；绝缘子出现老化或者遭到污染，会导致泄漏电流变大，引发局部发热，这些信号都会被红外热像仪捕捉。某电力公司在进行高压线路巡检时，红外热像仪中显示某一耐张杆塔的导线接头温度出现异常，温度值超出了安全阈值。工作人员以此为依据判断出现接触不良故障，进而及时做出更换接头金具的处理措施，避免了线路跳闸事故的发生。红外热成像技术在输配电及用电工程高压线路故障诊断中的应用，能够实现非接触的故障检测，同时具备可视化、效率高的应用优势，能够在进行故障诊断的同时不会对电力系统的正常运行造成不良影响。

4.2 行波故障定位技术

行波故障定位技术主要是利用故障暂态行波信号实现故障定位。当高压线路发生短路、接地等故障时，故障点会产生暂态行波且沿线路向两端传播。通过在线路两端变电站安装行波检测装置，记录行波到达两端的时间差，以此为依据计算故障点位置。某220kV高压线路发生单相接地故障后，运维人员借助线路两端的行波定位装置，检测到行波到达两端的时间差为0.8ms，计算得出故障点距离A变电站约12km，据此快速到达故障区域，发现为导线与树木接触引发短路，及时清除树障并修复导线，大幅缩短故障处理时间^[4]。行波故障定位技术的应用能够实现1km以内的定位误差，且具备响应速度快的优势，在长距离高压线路故障定位中有着重要应用。

4.3 基于人工智能的故障诊断技术

人工智能故障诊断技术主要是利用故障数据分析模型进行高压线路故障类型的识别和预警。各个传感器将采集到的电流、电压、温度、湿度等参数全部汇总到模型的数据系统中，再借助对神经网络等先进算法的应用进行高压线来运行数据分析，针对异常数据进行故障类型的分析、确定，进而做出相应的预警提示。例如，借助神经网络算法进行故障模型构建，以高压线路运行的历史数据作为支撑，对实时运行数据进行识别、对比、分析，准确识别高压线路运行的故障类型，结合输配电及用电工程实际情况做出预警处理提示。比如，某电力工程在支持向量机故障模型的支持下，以故障记录等历史数据进行模型的训练、校准，投入运行后以实时采集的线路数据实现对多起潜在隐患的准确预警，有效避免了事故发生。基于人工智能的故障诊断技术具备较强的

自学能力,能够结合输配电及用电工程的实际运行情况进行适应性调整,能够在不需要人为干预的情况下实现较高精度的故障诊断,高压线路的故障诊断效率明显提升。

4.4 人工巡检与无人机巡检技术

传统的高压线路故障诊断主要是采用人工巡检的方式进行,借助肉眼观察的方式对线路、设备外观进行检查,判断运行异常情况。因此仍巡检的方式会受到技术人员的经验、专业水平以及外部环境等的较大影响,巡检效率较低且漏检、误检风险较大。尤其是在复杂、危险地区的故障巡检受到极大限制。无人机巡检技术的应用则主要利用无人机高清航拍与热成像的技术原理,能够实现对高压线路的全面检测,很好地弥补了人工巡检的不足。即便是在复杂、危险的山区、河流等区域的故障检测也有着较高效率,在降低人员作业强度的同时有效提高了故障检测成效。

5 输配电及用电工程中高压线路运行维护技术应用

5.1 定期巡检维护

输配电及用电工程高压线路的维护需要重视做好定期巡检工作,及时发现设备损坏、线路老化等隐患,做出技术的预防处理。巡检周期的确定需要结合对线路的风险系数进行合理确定,结合普通线路、高危线路、老旧线路等的运维实际情况与经验总结,合理提高定期巡检的频次、周期。巡检的内容需要全面包括高压线路上的所有支路与设备,对可能存在的故障隐患进行全面排查。在巡检方法的确定方面,需要综合考虑高压线路的实际情况,合理地选择人工巡检、无人机巡检、在线监测等方式,充分发挥三者协同的技术优势,做好对故障的细节排查、快速识别、实时监测,以高效的故障巡检为维护措施的制定落实提供详实、准确依据。

5.2 状态监测与预警维护

借助对先进信息技术建立的输配电及用电工程高压线路状态监测与预警维护系统,转变了传统的“定期修”思维,实时感知、把握高压线路运行状态进行实时调整。整个状态监测与预警系统主要包括传感器层、数据传输层、故障识别层、故障预警层,将传感器采集到的数据通过光纤网络、无线网络进行实时传输至数据模型,通过有效的阈值对比进行异常数据识别,做出故障判断,进而以可视化的方式进行故障预警,提高故障处理的响应效率。比如,系统检测到用电工程某处导线出现温度异常,对照参数阈值与历史数据信

息,做出,过载、接头接触不良等故障预警,以供运维排查^[5]。除此之外,通过对设备运行状态的监测,收集设备运行数据,以此为基础进行设备运行寿命的合理预测,能够为设备的更换计划制定提供科学依据。

5.3 故障抢修技术

故障抢修技术是快速恢复高压线路供电的关键,需要明确流程与响应的保障措施,提高故障抢修效率。整个抢修流程与组织需要遵循“快速响应、科学处置”原则,成立抢修工作小组,明确确定故障信息核实、现场故障勘察与故障分类、抢修方案制定与分工等事项,严格遵循安全规程,规范作业,实现组织、技术、安全、保障等多方协同,确保故障抢修工作的高效推进^[6]。另外,电力企业还在应急保障措施方面,结合实际需要确保常用抢修物资的充足储备,并通过建档管理以及实施定期盘查。最后,电力企业还须加强对高压线路抢修人员的定期技能培训与应急演练,并采取考核结果与绩效相挂钩方式,从而提高整体运维组的故障抢修能力。

6 结语

综上所述,高压线路作为输配电及用电工程的关键环节,其故障诊断与维护技术直接影响电力供应稳定性与安全性。且高压线路运行较为特殊,故障类型较多且诱因复杂,需要相关人员加强对常见故障类型的梳理、把握,掌握各种诊断技术的应用,落实有效的维护技术措施,提高对高压线路故障的响应处理效率,为输配电及用电工程安全稳定运行提供坚实保障。

参考文献

- [1] 万轲诚.试论输配电及用电工程线路的安全运行措施[J].模型世界,2024(31).
- [2] 杨宏.输配电系统中的线路安全技术分析[J].集成电路应用,2024,41(12):200-201.
- [3] 甘霖.高压输配电线路在线监控技术的应用探究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(011):000.
- [4] 王跃鹏.输配电线路故障巡线中应注意的几个要点[J].前卫,2022(7):3.
- [5] 翟亚州,李家林.10kv配电变压器故障分析与诊断技术研究[J].轻松学电脑,2019.
- [6] 孙洁莹.电力工程技术中输配电线路智能化监测与故障诊断方法[J].信息与电脑,2025(16).