

Analysis of Transmission Line Operation Faults and Prevention Strategies

Hongrui Wu Yu Cui Jian Li

State Grid Heilongjiang Harbin Power Supply Company, Harbin, Heilongjiang, 150000, China

Abstract

The paper comprehensively analyzes the types and causes of faults that transmission lines may encounter during operation, explores relevant detection technologies, and elaborates on effective prevention and control strategies. Research indicates that common faults in transmission lines mainly include external force damage, equipment aging, and electrical faults. By using physical detection technology, electrical detection technology, and intelligent monitoring systems, these faults can be effectively identified and prevented. Regarding fault prevention and control, the paper emphasizes the importance of daily maintenance, the necessity of technological innovation and equipment upgrades, and the urgency of establishing a sound emergency management system. These measures collectively constitute a multi-level prevention and control strategy aimed at improving the reliability and safety of transmission lines.

Keywords

transmission lines; fault type; fault detection; prevention and control strategies; intelligent monitoring

输电线路运行故障及防治策略分析

吴泓锐 崔宇 李剑

国网黑龙江省哈尔滨供电公司, 中国·黑龙江 哈尔滨 150000

摘要

论文综合分析输电线路在运行过程中可能遇到的故障类型及其成因, 探讨了相关的检测技术, 并详述了有效的防治策略。研究指出, 输电线路常见故障主要包括外力破坏、设备老化和电气故障三类。通过采用物理检测技术、电气检测技术及智能监控系统, 可以有效识别和预防这些故障。针对故障防治, 论文强调了日常维护的重要性, 技术革新与设备升级的必要性以及建立健全的应急管理体的紧迫性。这些措施共同构成了一个多层面的防治策略, 旨在提高输电线路的可靠性和安全性。

关键词

输电线路; 故障类型; 故障检测; 防治策略; 智能监控

1 引言

输电线路作为电力系统的重要组成部分, 其安全稳定运行对保障电力供应和经济活动具有基础性作用。然而, 多种内外因素可能导致输电线路故障, 进而影响电网的可靠性。因此, 全面了解输电线路的常见故障类型及其成因, 并探索有效的检测与防治方法, 对于电力系统管理具有重要意义。

2 输电线路常见故障类型及其成因

2.1 外力破坏

在输电线路的运行中, 外力破坏主要来源于自然灾害与人为干预, 其中包括但不限于风灾、雷击、地震、滑坡以

及施工挖掘等, 这种无序性和不可预测性使得输电线路面临极大的安全风险。例如, 强风可使输电塔倾斜甚至倒塌, 极端天气如冰雹和暴雨也可能对导线和绝缘子造成损害, 影响其正常功能, 而且雷击会直接对输电设备造成电气损害, 甚至引发火灾。由于这些自然因素具有随机性, 其破坏效果往往是瞬间且集中的, 会对输电线路的稳定运行构成严峻的挑战。

在施工过程中, 未经允许或未按规定操作的大型机械设备可能触碰到高空的输电线, 导致线路断裂或电压不稳; 未标示明确的施工区域也常常引起误操作, 如在输电线附近挖掘时未能正确判断距离, 造成地基的移位或倒塌, 进而会影响输电塔的稳定性的, 在这一过程中, 监管不严与施工人员的专业知识缺乏是导致此类问题频发的重要原因。因此, 对于这种类型的外力破坏, 既需要关注自然环境的直接影响, 也需重视人为操作的规范性和准确性, 以确保输电系统的安

【作者简介】吴泓锐(1988-), 男, 中国黑龙江哈尔滨人, 本科, 工程师, 从事输电运行研究。

全与可靠，深入分析这些因素可以更有效地制定出针对性的防治措施，从而减少外力破坏对输电线路的影响。

2.2 设备老化

设备老化的影响深远，还会对电网的稳定性和安全运行构成持续威胁，输电线路中的许多关键组件，如变压器、绝缘子和支撑结构都会随着时间的推移和环境因素的影响逐渐退化，尤其是绝缘材料的老化的问题最为明显，因为这直接关系到线路的绝缘性能和整体安全性。随着材料老化，其电气绝缘性能减弱，容易引发电弧或短路，特别是在高湿度和极端气候条件下。例如，硅橡胶绝缘子在长期暴露于紫外线和污染物的环境中，会出现材料硬化和微裂纹，这些微观结构的变化最终导致宏观性能的下降。除此之外，输电线路本身的金属材料也会因为长期承受机械负荷和环境腐蚀而逐渐疲劳和损坏，在有盐雾、工业污染或酸雨等腐蚀性环境中，金属部件的腐蚀速度会加快，降低其机械强度和载流能力，增加断裂的风险。线路老化不仅限于物理和化学退化，电气老化也是关键因素，如长期过载运行导致的线路加热会加速绝缘和导体的老化过程^[1]。在综合分析输电线路设备老化的原因时，环境条件、材料质量以及运行和维护策略的选择都是影响其老化速度和故障率的关键因素，这种设备的老化问题，需要通过科学的监测和维护计划来系统地识别风险和采取预防措施，以保障电网的可靠性和延长输电线路及其组件的使用寿命。

2.3 电气故障

电气故障通常包括短路、接地故障和过电压等问题，其成因多样，涉及线路本身、环境因素以及系统设计等多个方面，会直接影响输电效率，严重时甚至会导致严重的安全事故。例如，短路故障常由导线之间或导线与地之间的非计划性电连接引起，这种连接一般是由于绝缘材料破损、树枝落入线路或动物活动造成。短路可以迅速增加电流强度，产生大量热能，对电线和相关设备造成损害。而接地故障，尤其是在高电压输电系统中，常由绝缘失败或外部物体与电线接触引起，这不仅会造成能量损失，还可能导致系统不稳定，增加触电和火灾的风险。

过电压是另一种常见的电气故障，其主要是因为闪电击中输电设施、设备开关动作或系统故障引起，当过电压发生时，系统中的电压超出了设备设计的安全工作范围，可能导致绝缘材料迅速老化甚至破坏，从而对整个输电网络的可靠性造成长期影响。电气故障需要通过精确的监测来即时识别，还需要在设计和维护阶段采取预防措施，如提升设备和材料的质量，优化系统的设计，以减少这类故障发生的概率和影响。

3 输电线路故障检测技术与方法

3.1 物理检测技术

物理检测技术因其能有效识别和评估线路的物理状态

以预防潜在故障，被广泛应用，这类技术包括但不限于红外热成像、声波监测和激光测距等方法，其中红外热成像技术在输电线路检查中，能够通过捕捉由设备故障如过热引起的红外辐射来定位和诊断问题区域，其可以远距离操作，而且能够在不中断电力供应的情况下进行，这也是确保电网连续运行的关键。例如，在长途输电线路的维护中，红外热成像可以迅速识别出由于连接不良或绝缘损耗导致的热点，从而预防可能的大规模故障。声波监测技术则是通过分析设备发出的声波特征来识别异常。例如，当输电线路出现微弱的电弧放电时，它会产生特定频率的声波，利用高灵敏度的声波传感器捕捉这些信号，工程师就可以准确地定位出故障点并及时进行修复。与红外热成像技术相结合，声波监测提供的是一种多角度的故障诊断方法，能提高故障检测的准确性和效率，这种多技术的融合对于提高问题诊断的速度，降低因故障延误造成的经济损失和安全风险来说极具采用价值。因此，输电线路的维护变得更为科学和系统，将会提升电力系统的稳定性和可靠性。

3.2 电气检测技术

电气检测技术包括电流和电压监测、谐波分析和电气脉冲检测等，其中电流和电压监测是基础，通过精确测量输电线路中的电流和电压值，可以直接发现过载、短路或断路等问题。例如，当监测到电流突然增高时，可能是因为短路或其他连接问题引起的，这种监测帮助运维人员快速反应，防止可能的故障扩大。而电压监测则可以揭示因设备老化或外部干扰引起的电压不稳定，及时调整以确保电网的稳定运行。

此外，谐波分析可以通过识别电力系统中的非线性负载产生的谐波来评估整个系统的健康状态，非线性负载，如变频器和电力电子设备，会在电网中产生高次谐波，这些谐波可能导致设备过热、绝缘材料加速老化甚至保护装置误动作，通过持续监测这些谐波，可以预测和预防由于这些电气异常引起的更大规模故障^[2]。此外，电气脉冲检测，尤其适用于捕捉由外部干扰如雷击引起的瞬态电气现象，其应用能确保电力系统的高效和安全运行，为现代电网管理提供了强大的技术支持，细致的电气检测可以帮助运维团队更好地理解和优化输电线路的性能，从而确保电力供应的可靠性和经济性。

3.3 智能监控系统

智能监控系统通过集成高级数据分析、实时监控技术与人工智能，可以提升对输电线路状态的识别、分析与处理能力，这类系统能够实时收集输电线路的各类运行数据，包括电压、电流、温度等，利用先进的算法对数据进行深入分析，从而预测潜在故障并在问题发生前采取措施。例如，通过分析历史数据与实时数据的对比，系统可以识别出异常模式，如电流突然增高或电压异常下降等，这些通常是故障的前兆。

智能监控系统的一个关键优势是其可以根据过去的故障案例和成功干预的实例优化故障检测模型,使得每次的预测都比前一次更加准确,这种基于机器学习的方法能够让系统适应不断变化的运行条件和环境影响,从而持续改进故障预测和处理策略。该系统还可以提供维护建议,帮助协助调度员和维护团队制定更有效的维护计划和应急响应策略,减少因故障导致的停电风险和维修成本。

4 输电线路故障防治策略

4.1 加强输电线路的日常维护

加强输电线路的日常维护是确保电网稳定性和提高供电可靠性的基础性策略,其涉及多个方面,包括定期的物理巡检、故障检测技术的应用以及预防性维护措施的实施,具体到日常维护,重点在于通过系统性的巡检和监控,及时发现并解决输电线路中的潜在隐患,如线路老化、设备损耗或自然环境因素造成的影响。例如,巡检人员需检查输电线路沿线的植被生长情况,避免树枝与输电线接触引起短路;同时监测输电塔的结构稳固性,防止因老化或腐蚀导致塔体倾斜或倒塌。此外,利用高清摄像头和无人机等现代技术进行线路的视觉检查,可以提高检查效率和安全性,减少对人员的物理风险。

在预防性维护方面,可以采用先进的故障预测技术和数据分析方法,根据历史维护数据和实时监测数据,对输电线路可能出现的问题进行预测和分析,在故障发生前就采取措施。例如,通过分析数据模式,预测并替换可能会因老化而失效的组件,从而避免故障的发生。而对于检测到的轻微损伤,如绝缘子的微小裂纹或轻度腐蚀,通过早期介入修复,可以延长设备的使用寿命和减少突发性大规模故障的风险。综合来看,日常维护的加强能有效提升输电系统的运行效率,降低运营成本,为电力系统的可持续运行提供坚实保障。

4.2 技术革新与设备升级

在输电线路的维护与管理中,技术革新与设备升级策略涵盖从基础硬件到先进软件技术的全面革新,旨在通过采用最新技术来减少故障率,提高输电效率和系统响应速度。例如,替换旧有的输电线路和硬件设备可以减少由于设备老化引起的故障,还可以利用新材料和技术减轻线路负载,提高整个系统的电能传输效率^[1]。同时引入更高效的变压器和具有更好热管理系统的设备,可以有效减少能量损失,并提高电网在高负载条件下的稳定性,而采用数字化和网络化的控制系统,如智能开关和自动化控制单元,则能够提供更快的故障检测和响应能力,从而在问题初期阶段就自动调整或

隔离故障部分,避免问题扩散。技术革新的还包括将信息技术和操作技术融合,创建一个智能化的电网监控系统,利用物联网(IoT)技术实时收集输电线路的数据,并通过大数据分析来优化电网运行和维护策略。例如,通过实时分析温度、湿度、电压和电流等数据,系统可以预测设备潜在的故障点并提前进行维护,提高预防性维护的效率,减少因突发故障导致的停电和维修成本。

4.3 建立应急管理体系

有效的应急管理体系包括预先制定的应急预案、快速反应机制,以及后续恢复计划,目的在于对突发事件做出迅速且有序的反应,从而最小化事故对电网运行和用户的影响。应急预案需要基于对输电系统潜在风险的全面评估,这包括自然灾害、技术故障、恶劣天气等多种因素的综合考量,每一种风险情境都应有详尽的操作指南和流程,确保所有应对措施都能迅速而准确地实施。例如,当检测到主输电线路故障时,应急管理系统应立即启动,通过预设的通信网络和指挥系统,将故障信息实时传达给相关维修团队,并启动备用电源系统以确保关键区域的电力供应不中断。

此外,快速反应机制的建立需要依托于先进的监控技术和人员培训,引起监控系统可以提供实时数据支持,使应急团队能够准确判断事故的性质和严重程度,从而选择最合适的应对策略。与此同时,定期的应急演练和人员培训也能确保每一名工作人员都熟悉应急程序和操作要领,这些措施的综合实施,可以使建立的应急管理体系在事故发生时减少损失,在事后快速恢复系统运行,维护社会经济活动的正常进行。

5 结语

综上所述,通过对输电线路常见故障的分类研究,以及针对性的检测技术和防治策略的实施,可以提升输电系统的运行效率和安全性。论文指出结合现代技术手段,如智能监控系统,与传统的维护策略相结合,能够有效地预防和处理好各种输电线路故障。未来的研究应进一步探索更高效的故障预测技术和更系统的风险管理框架,以应对电力系统运行中日益复杂的挑战。

参考文献

- [1] 郭炳楠.多信息交互下的输电线路运行故障分析方法[J].微型电脑应用,2024,40(1):228-232.
- [2] 邵建涛.电力输电线路运行维护与故障排除研究[J].光源与照明,2023(4):165-167.
- [3] 索吉鑫,韩宝卿,杨生婧,等.电力输电线路运行维护中的故障排除研究[J].光源与照明,2022(11):210-212.