

输配电线路常见故障分析与处理微探

吴小乐

(国网冀北电力有限公司张家口供电公司桥东区供电中心, 河北 张家口 075000)

摘要 电力作为一种基础性能源, 在国民经济和日常生活中扮演着重要角色。由此, 输配电系统的健康运行成为保障电力可靠供应的核心。然而, 随着电力负荷的增长和环境因素的影响, 输配电线路不可避免地存在各种潜在的故障, 理解这些故障类型和成因对于制定有效的检测与处理策略极为关键。近年来, 我国用输电负荷增加, 输电线路增多, 给电力输电线路的维护工作带来了很大压力, 因此, 电力企业必须做好电力输电线路的维护及故障排查工作。本文针对现有电力输电线路的运行及故障排除中存在的问题进行分析, 找到电力输电线路运行维护及故障排查工作中的薄弱环节, 提出富有针对性的意见和建议, 旨在为保障电力输电线路的正常运行提供借鉴。

关键词 输配电线路; 常见故障; 传统检测方法; 现代传感技术; 数据分析

中图分类号: TM72

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)08-0115-03

随着电力系统的不断扩展和复杂化, 输配电线路故障的种类也越发多样化, 普遍包括过电压与短路故障、接地与绝缘失效以及机械性故障。这些故障的出现严重威胁着供电安全与稳定。相应地, 故障检测技术从传统方法发展到现代传感技术的广泛应用, 再演变为结合数据分析与故障预测的智能化手段。面对故障处理, 紧急修复措施是弥补短期影响的直接方法, 而长期维护与改进涉及基础设施投资和技术革新。未来发展趋向智能化、自动化与可持续, 并聚焦于具备前瞻性、适应性强的新型电网构建。

1 输配电线路故障类型

1.1 过电压与短路故障

在输配电网的运作中, 过电压来源多样, 包括自然因素如雷击导致的瞬态过电压, 设备操作如断路器切换引发的操作过电压, 乃至系统本身的谐波污染所诱发的稳态过电压。其后果严重, 能够造成设备的早期退化, 甚至导致绝缘材料的瞬间击穿, 电网安全性因而处于威胁之下。与之相对的短路故障, 则由导体间的意外接触或导体与地之间的非计划连接所引起, 表现为电流在故障点的急剧增长。短路故障的危害重大, 可致使部分电路过载, 引发热效应和电磁效应, 从而对电器元件和材料产生损坏, 降低系统可靠性。

1.2 接地与绝缘失效

接地故障在输配电系统工程实践中显现为当前流向大地的一种无序现象, 流于土壤的电流不再受控, 对电力系统的正常运行构成潜在风险。绝缘失效同样对电力网络的安全稳定运行不利, 它由多种因素引致,

如材料老化、环境劣化、机械应力及电化学腐蚀等。系统性分析揭示, 不当的接地设计或施工不足导致的接地故障, 可能会为系统带来诸如电压稳定性下降、保护装置误动作以及通信干扰等问题, 特别是在高压传输线路上, 其影响更显著^[1]。绝缘失效的问题则涵盖了物理损伤、电热应力、电场集中等方面, 皆有可能造成绝缘性降低, 最终导致绝缘击穿。另外, 绝缘材料的性质随时间变化而衰减, 长期投入运行的输配电线路面临的风险与日俱增。

1.3 机械性故障

机械性故障在输配电线路中常以外观上的损害与结构性变形呈现, 其背后隐藏着各种材料疲劳与外力影响的复杂互动。造成机械性故障的原因众多。自然环境的恶劣条件如冰雪覆盖、大风及地震等, 经过长时间的作用, 能够削弱结构材料, 导致设备功能退化。另外, 人为操作不当, 装卸过程中的误操作, 甚至施工时期设计标准的忽略, 均有可能成为机械损伤的诱因。机械性故障会不断影响输配电系统的稳定性与可靠性。结构失效直接威胁到线路的连续供电能力, 严重时会造成停电事故, 对社会经济活动产生剧烈影响。

2 输配电线路故障检测技术

2.1 传统检测方法

输配电线路的故障检测技术, 尤其是传统手段, 以其直观性和实用性历经岁月考验。例行巡视作为传统的检测手段之一, 通过观察和记录来手工识别线路以及附属设备的异常, 这种方式对于人员经验依赖度极高, 不可避免地存在主观判断的差异。另外, 电力

线路参数测量技术则力求通过电气特性来获知线路的运行状况,如通过测量阻抗、电流等参数来判断线路是否存在异常。参数测量常用于揭示电线的老化程度,判断绝缘是否受到湿气、污染等因素的影响。管内检测,将检测设备直接放置于导管中,通过声音、温度等感应方式来监测线路的物理状态,它们随着技术的发展而日趋精细化^[2]。此外,定期维护亦构成了传统检测方法的重要组成。通过定期更换易损配件,清洗绝缘体,确保设备在较好的工作状态下运行,从而避免潜在的机械性和电气性故障。红外热成像技术则通过检测设备发热情况来判断是否存在过载或接触不良等问题,这种非接触式的检测方式增强了作业的安全性,并能够发现一些肉眼无法察觉的缺陷。

2.2 现代传感技术的应用

在输电线路故障检测的领域内,现代传感技术借助微电子学、光纤技术以及无线通信的飞速发展,传感器不再局限于简单的测量工具,而是成为一套综合性极高的检测系统。另外,分布式光纤传感技术利用光纤作为传感媒介,可以实现沿线路的温度、振动等信息的连续分布式监测。通过对反射光信号的实时评析,异常点的定位成为可能,甚至能够在失效发生前预测潜在风险。除此之外,无线传感网(WSN)技术通过在输电网络的关键节点部署多个传感器节点,这些节点可以搭建起一个覆盖广泛、自组织的监测网。它们既可独立采集数据,也可相互协作,实时向控制中心传递信息。雷达技术在导线空间位置的检测方面也显示出了其优越性,它可以轻松捕获导线的微小振动、位置偏移等,从而提供精确的线路状态信息。此外,被动式无线射频标签,俗称RFID技术,在设备识别与状态追踪上同样有着广泛应用。将RFID标签贴在输配电设备上,就可以实现有效的资产管理和状态监测,为维护工作带来极大便利。再者,温度传感器的进步亦助力确保输电系统的安全运行。例如,热敏电阻和热电偶能更迅速、更准确地感知设备的温升,为过载保护提供了更可靠的基础。

2.3 数据分析与故障预测

在输电线路故障的预测与分析中,利用大数据技术可以实现对历史和实时数据的整合处理,其中既包括来自感应器的监测数据,也涉及天气信息、设备历史记录等。在经过数据清洗与转化后,这些数据成为故障预测模型的基石。机器学习算法则是这一数据分析过程中的核心动力,通过构建预测模型,例如随机森林、支持向量机或神经网络,这些算法可以学习

历史故障数据中的模式,并据此预测未来可能发生的故障。在故障预测的实践中,时间序列分析尤为关键,能够捕捉到周期性的耗损动态与突发事件。另外,深度学习在处理海量复杂数据时表现出了卓越的能力。其领先的特征提取和模式识别能力,使得即使在数据噪声较大或者特征间关联复杂的情况下仍能实现高精度的故障预判。在这一过程中,数据可视化技术提供了直观的分析平台,使得维护人员能够迅速识别潜在的故障区域及其发展趋势。同时,数据分析的结果支撑了故障管理决策制作,提高了决策的效率与可靠性。

3 输配电线路故障处理与预防策略

3.1 紧急修复措施

当输配电线路发生故障时,需采取紧急修复措施,以确保电力系统的稳定运行和供电安全。对于处理这类突发事件,需要掌握一系列紧凑而科学的修复步骤。其中,启动紧急修复程序的第一步是迅速对发生故障的线路部分进行定位。此时,线路自动化监控系统显示其价值。当故障发生,迅速定位发现故障点,对于缩短停电时间和降低经济损失至关重要^[3]。接下来,为了防止意外电击或进一步损坏,必须立即切断故障线路的电源。这一措施保障了维修作业人员的安全,并且避免了故障蔓延。在安全措施到位后,专业维护团队会被派遣至现场。维修工作开始之前,必须对故障点及其周边环境做细致的检测与评估。此过程可能涉及使用红外热像仪、超声波探测器等高科技仪器,以便诊断具体故障原因,例如导线断裂、绝缘子损坏或其他机械失败。

故障原因明确后,需要采取针对性的紧急修复措施。例如,倘若是因为导线断裂,就需要紧急补接或更换断线;若是绝缘子损坏,则要尽快更换新的绝缘子。对于更为复杂的情况,如变压器故障或大面积覆冰导致的断线,需要特殊修复策略,如配置紧急备用设备或实施除冰作业。在紧急修复完成之后,为确保线路能够平稳地重新投入运营,维护团队需要对修复的部分进行再次检查和测试。只有在确认无任何隐患后,才能恢复供电。即便在紧急修复完成,并且电力供应已恢复到正常水平,也不能止步不前。对于每一次发生的故障,都应该进行详尽的事后分析,这有助于寻找潜在缺陷,制定改善计划并强化未来的预防措施。而通过故障树分析(FTA)或者根本原因分析(RCA),可以深度洞悉故障成因及其影响因素,为制订长期及可持续的预防策略提供科学依据,避免了同类型故障的再次发生,不仅提高了电网的安全可靠性,还能显

著减少维修开销,优化资源配置。

3.2 长期维护与改进

输配电线路的健康状态直接关乎区域甚至国家电网的稳定运行和能源安全。面对线路运行中不可避免的老化、环境侵蚀以及潜在技术缺陷等问题,长期维护与改进尤为重要。在长远视角下,线路维护不仅需考虑瞬时故障修复,更应关注持续性能提升与风险预防。资产管理系统成为此过程中不可或缺的工具,通过高精度监控装置和综合性数据平台,对输配电线路的运行状态进行实时跟踪与评估,确保了故障预兆的及时捕捉和故障模式的深入解析,为维护策略提供了科学依据^[4]。另外,追求线路结构优化与材料升级也是长效维护的重要一环。以耐腐蚀、高强度的新型合金代替传统金属材料,应用自愈合技术提升绝缘体自我修复能力,这些创新措施显著提高了线路的抗环境侵害能力,延长了设备的正常寿命。

此外,还需应对自然灾害等极端事件的破坏,借鉴国际先进经验,建立健全灾害预警机制和应急响应体系,结合地理信息系统(GIS)进行动态环境监测,这些举措有助于提高电网适应极端环境的能力,确保关键时刻电网的韧性 with 响应速度。另外,通过技术的不断创新,维护策略的深化也得到推进。智能监测、大数据分析 with 机器学习的结合拓展了电网运维的新视野。神经网络等人工智能算法在故障检测与维护决策中优化了资源配置,实现了维护工作的精准化和效率化。

3.3 未来趋势与发展

随着科技的迅猛进步,输配电领域正迎来剧烈变革,这些改变不仅带来了新挑战,也预示着处理故障的新策略。与此同时,可持续发展成为全球关注的焦点,对输配电系统而言,相关职能部门正在迅速适应这一转变,确保最新的科技成果能够被妥善利用,以实现更高效、更智能的电网运营。且未来电网的一个重要趋势是智能化。智能电网利用先进的通信和自动化技术实现电力流和信息流的双向交互,提高能源管理的智能化水平。在此框架下,配电线路会搭载更多传感器和监测设备,实现连续的状态监测。通过实时收集的数据,利用大数据分析技术可以更迅速地识别潜在的故障风险,从而对瓶颈或风险点实施精准维护,减少故障发生^[5]。

此外,预测性维护技术是未来发展的核心路径之一。利用人工智能和机器学习算法对历史运行数据和实时监测数据进行分析,系统能够自动学习并预测故障发生的时间和地点,从而在故障产生前进行干预。

这种方法的采用将显著提高维护工作的效率和有效性。与此同时,分布式能源资源(DERs)的集成是影响未来电网发展的关键因素。随着可再生能源的不断融入,如太阳能和风能,输配电系统将需要更加灵活和适应性强,以应对因可再生能源输出的波动性和不确定性带来的挑战。微网和能源存储技术的融合将使得电网更加韧性,提高对突发事件的应对能力。为了实现这些高级功能,电网基础设施的升级显得尤为重要。对老化设施的翻新和新技术的引入,比如高温超导输电技术和容量更大的输电线路,以及更高效的变压器和开关设备,将使得电网既能够满足当前的需求,又能够向未来过渡。

4 结束语

在输配电领域,勇于创新,不断引入先进技术及方法,对于提升整个电网的可靠性和安全性具有深远意义。本文针对输配电线路常见故障进行了分类分析,并详述现代化检测技术和数据分析的应用优势。面对突发的电网故障,采取快速有效的紧急修复措施是解决问题的第一步,同时,长期维护策略及基于科技进步的电网改进同样不容忽视。在实际工作中,输电线路常常会受到外界因素的影响而发生故,例如恶劣天气、人为破坏等,都可能损坏输电线路,进而影响电力系统的正常运行,还会造成不必要的经济损失,甚至引发重大安全事故,对人们的生命安全造成严重的威胁。因此,加强对电力输电线路的运行维护,及时排除故障,不仅是维护电力系统正常运行的必要措施,同时对电力行业的稳定发展具有极为重要的意义。未来,智能化、自动化和可持续化将成为电网发展的主题,迎合这些趋势,对传统电网系统进行及时升级将确保输配电线路能够有效应对未来的挑战,实现更加安全、效率更高和环境友好的电力供应。

参考文献:

- [1] 安永俊.输配电线路常见故障分析与处理[J].光源与照明,2023(12):144-146.
- [2] 应素长.配电线路常见故障及处理[J].通信电源技术,2019,36(12):278,280.
- [3] 罗龙.输配电线路常见故障及处理方案研究[J].机电信息,2019(32):22-23.
- [4] 韩冬.配电线路常见故障及处理方法分析[J].科学技术创新,2019(28):164-165.
- [5] 同[1].