

电力系统 10 千伏配电线路安全运行维护措施分析

李国红 刘广胜 于忆珩

国网乌鲁木齐供电公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 10千伏(10kV)配电线路作为连接变电站与终端用户的“最后一公里”,是整个电力系统中结构最复杂、覆盖面最广、与用户联系最紧密的关键环节。其安全、稳定、可靠的运行直接关系到供电质量、社会经济发展和人民生活福祉。然而,由于其暴露于复杂的自然环境和社会环境中,面临着雷击、树障、外力破坏、设备老化等多重威胁,故障率相对较高。本文旨在系统性地分析10kV配电线路运行中的主要风险因素,并在此基础上,从组织管理、技术防范、人员素质及应急处置等多个维度,深入探讨一套科学、全面、有效的安全运行维护措施体系,以期为提升配电网的健康水平和供电可靠性提供理论参考与实践指导。

关键词: 10kV配电线路; 安全运行; 维护措施; 智能化运维

引言

随着我国经济社会的持续高速发展和新型城镇化工程的不断推进,全社会对电力的需求量与日俱增,对供电可靠性和电能质量的要求也日益提高。10kV配电网络作为城市、乡村及工矿企业电力供应的骨干网架,承担着将电能从35kV或110kV变电站降压后分配至千家万户的重任。当前,10kV配电线路的安全运行面临着前所未有的挑战。一方面,线路走廊环境日益复杂,市政建设、违章施工等外力破坏事件频发;另一方面,极端天气事件增多,雷击、大风、覆冰等自然灾害对线路构成严重威胁。同时,部分老旧线路设备绝缘水平下降、金具锈蚀等问题也逐渐凸显。传统的“被动抢修”模式已难以适应现代电网高质量发展的要求。因此,构建一个以“预防为主、防治结合、综合治理”为核心的安全运行维护体系,实现从“事后处理”向“事前预防”和“事中控制”的转变,已成为保障10kV配电线路安全稳定运行的必然选择。

1 10kV配电线路常见故障类型及成因深度剖析

1.1 自然灾害引发的线路故障机理

10kV配电线路长期暴露在户外,首当其冲地承受着各种自然灾害的侵袭。雷击故障是最为普遍且破坏性强的一类,雷电过电压极易导致绝缘子闪络、避雷器爆炸,甚至引发导线断线。特别是架空绝缘导线,一旦发生雷击,工频续流电弧被固定在绝缘层的击穿点上,无法移动,会在极短时间内烧断导线,造成永久性故障。此外,强风可能导致导线剧烈舞动,超出其机械强度极限而断线,或使树木、广告牌、塑料薄膜等异物搭接在不同相导线之间,形成相间短路。在寒冷潮湿地区,冬季导线覆冰会显著增加其荷载,可能导致倒杆断线;而绝缘子

表面积聚的工业或自然污秽,在雾、露等潮湿气象条件下会形成导电通路,大幅降低绝缘性能,从而引发污闪事故,造成线路跳闸。

1.2 外部环境与人为活动导致的运行风险

线路通道及其周边环境的变化是引发故障的另一大主因。树障问题尤为突出,线路保护区内的树木若生长过高,与导线的安全距离不足,在大风或雨雪天气下极易引发放电、短路甚至火灾,这不仅违反了《电力设施保护条例》的相关规定,也构成了重大的安全隐患。近年来,外力破坏事件呈快速增长态势,成为影响配网可靠性的关键因素。市政工程、建筑工地的挖掘机、吊车等大型机械作业时,因操作不当或信息沟通不畅,极易误碰、误挖电缆或撞击电杆,造成灾难性后果。此外,车辆失控撞倒电杆、盗窃分子盗割接地线或变压器铜芯等行为,也对线路安全构成了直接威胁。值得注意的是,用户侧产权的配电设备若存在缺陷或维护不当,其内部故障可能越级跳闸,波及公用线路,扩大停电范围。

1.3 设备自身老化与内在缺陷的累积效应

随着时间的推移,线路设备不可避免地会出现老化和性能衰退。绝缘子、避雷器、电缆终端头等关键绝缘部件,在长期运行中受电、热、机械应力以及环境侵蚀的综合作用,其绝缘性能会逐渐劣化,最终可能导致击穿失效。线夹、并沟线夹等电气连接部位,若因安装工艺不良、材质问题或长期氧化腐蚀,会造成接触电阻增大,在大负荷电流通过时产生异常高温,轻则加速设备老化,重则烧断导线或引燃周边可燃物,酿成火灾^[1]。部分早期投运的设备,受限于当时的制造工艺和材料水平,可能存在先天性设计或制造缺陷,这些问题在运行多年后集中暴露出来,成为潜伏的故障源。

2 10kV配电线路安全运行维护的核心措施体系构建

2.1 健全组织管理体系, 夯实安全责任基础

安全运行维护工作的有效开展, 离不开强有力的组织保障和清晰的责任划分。首先, 必须建立并严格执行“谁主管、谁负责”的安全生产责任制, 将庞大的配电网划分为若干责任区段, 明确每一段线路、每一基电杆的运维责任人, 做到事事有人管、件件有落实。其次, 完善的规章制度是规范作业行为的准绳。除了严格执行国家和行业的各项规程标准外, 供电企业还应结合自身线路特点和地域环境, 制定更为详尽的巡视、检修、试验、树障清理等标准化作业指导书, 确保所有运维工作都有章可循、有据可依。最后, 科学的绩效考核机制是激发内生动力的关键。应将线路故障率、非计划停运次数、隐患闭环消除率等核心指标纳入运维班组和个人的绩效评价体系, 通过正向激励与负向约束相结合的方式, 充分调动一线人员主动发现和消除隐患的积极性与责任心。

2.2 深化精细化巡视与状态检修, 实现主动防御

巡视检查是发现线路隐患的第一道防线, 而状态检修则是实现精准维护、优化资源配置的核心策略。在巡视方面, 应摒弃单一的定期巡视模式, 构建多元化、立体化的巡视体系。这包括按照既定周期对线路本体、杆塔基础、附属设施及通道环境进行全面检查的定期巡视; 在雷雨、大风、高温、覆冰等恶劣天气前后, 以及重大政治活动、重要节日保电期间, 有针对性地开展特殊巡视; 以及在夜间进行的、旨在发现导线连接器发热、绝缘子局部放电等隐蔽性缺陷的夜间巡视。在检修策略上, 要大力推行状态检修, 彻底改变过去“到期必修”的粗放模式。通过广泛应用红外测温、局部放电检测、接地电阻测试、绝缘电阻测量等带电检测和预防性试验技术, 对设备的健康状况进行动态、实时的评估^[2]。依据评估结果, 对状态良好的设备可适当延长检修周期, 避免过度检修; 对存在潜在隐患的设备, 则及时安排精准检修, 将有限的人力物力投入到最需要的地方, 实现风险的前置管控。

2.3 强化关键技术防护, 筑牢安全屏障

针对识别出的主要风险源, 采取行之有效的技术措施是构筑安全防线的根本。在防雷方面, 应实施综合防护策略。在易遭雷击的杆塔、线路分段开关、电缆终端等关键节点广泛安装性能可靠的金属氧化物避雷器(MOA), 这是最基础也是最有效的手段。对于雷害特别严重的区域, 可考虑提升线路整体绝缘水平, 例如采用更高耐压等级的绝缘子, 或将裸导线更换为架空绝缘导线, 但必须同步配套相应的防雷措施以解决其特有的断

线风险。同时, 必须高度重视接地装置的维护, 定期检测并改造不合格的接地体, 确保杆塔接地电阻满足规程要求, 为强大的雷电流提供低阻抗的泄放通道。在应对树障方面, 必须坚持常态化、法治化清理。依据《电力法》和《电力设施保护条例》, 主动联合地方政府及林业部门, 对线路保护区内的超高树木进行定期修剪或砍伐, 并建立详细的树障隐患动态台账, 对速生树种和高大乔木进行重点监控。此外, 加强与沿线居民和单位的沟通宣传, 普及电力安全知识, 争取他们的理解与配合, 是从源头上减少树障隐患的有效途径。针对日益严峻的外力破坏问题, 需建立政企联动的协同防控机制。与城建、规划、交通等部门共享信息, 提前介入施工项目, 主动向施工单位交底地下管线和地上线路保护区的具体位置。同时, 在电杆、拉线等易受碰撞部位设置醒目的安全警示和反光标识, 并积极探索应用视频监控、电子围栏、电缆防外破在线监测等技防手段, 实现对潜在威胁的实时感知和预警。

2.4 推进智能化运维, 赋能提质增效

数字化、智能化是未来配电网发展的必然趋势, 能够极大地提升运维效率和决策精准度。配电自动化(FA)技术的应用是其中的关键一环, 通过在馈线上部署智能开关(FTU/DTU)并构建可靠的通信网络, 能够在发生故障时迅速完成故障区段的定位、隔离, 并自动恢复非故障区域的供电, 即实现“自愈”功能, 将故障的影响范围和持续时间压缩到最低限度。在巡检领域, 无人机技术凭借其高空、远距离、灵活机动的优势, 正在取代大量人工作业, 尤其适用于跨越河流、山区、森林等复杂地形的线路巡检, 效率和安全性都得到质的飞跃。对于地下电缆隧道和管廊, 巡检机器人可以代替人工进入狭窄、危险的空间进行内部检查。更为深远的影响来自于大数据与人工智能的融合应用^[3]。通过整合调度自动化(SCADA)、用电信息采集、气象预报、历史故障记录等多源异构数据, 利用先进的AI算法进行深度挖掘和分析, 可以实现对未来负荷的精准预测、对线路薄弱环节的风险智能预警以及对故障原因的快速诊断, 从而推动运维模式从依赖个人经验的“经验驱动”向基于客观数据的“数据驱动”深刻转型。

2.5 加强人员培训与资质管理, 提升专业素养

无论多么先进的技术和管理体系, 最终都需要由人来执行。运维人员的专业技能水平和安全意识是各项措施能否落地见效的决定性因素。因此, 必须建立严格的准入机制, 确保所有从事10kV线路运维的人员均持有国家认可的电工进网作业许可证或相应的职业资格证书,

并经过系统、严格的安全规程和专业技能培训,考核合格后方可上岗。在此基础上,常态化的在岗培训和应急演练不可或缺。应定期组织员工学习最新的安全规程、新设备的操作方法、新技术的应用要点,并针对断线、倒杆、电缆外破等典型事故场景开展反事故演习,不断提升一线人员的实战能力和临危不乱的心理素质^[4]。更重要的是,要着力培育深入人心的安全文化。通过剖析真实事故案例、开展安全主题活动等方式,将“安全第一、生命至上”的理念内化于心、外化于行,营造出“人人讲安全、事事为安全、时时想安全、处处要安全”的浓厚氛围。

2.6 完善应急预案与事故处理流程,确保快速响应

尽管预防措施周全,但事故仍有可能发生。一套科学、高效、可操作的应急预案是最大限度减少事故损失、快速恢复供电的最后保障。预案体系建设应覆盖断线、倒杆、电缆外破、火灾、水浸等所有可能的典型事故场景,内容需详细明确,包括应急指挥体系的构成、各岗位人员的职责分工、具体的处置操作流程以及应急资源的调配方案。为了确保预案的有效性,必须在基层供电所合理储备常用的抢修物资和关键备品备件,如导线、绝缘子、各类金具、电缆中间头等,做到随用随取。在事故处理过程中,应建立并严格执行标准化的抢修闭环流程,从接到故障报修开始,经过信息研判、工单派发、故障隔离、现场抢修、恢复送电到最后事故总结分析,每一个环节都应清晰、有序、高效。借助配网抢修APP等信息化工具,可以实现抢修全过程的可视化跟踪和透明化管

理,有效缩短用户平均停电时间,提升客户满意度。

3 结语

10kV配电线路的安全运行维护是一项复杂的系统工程,绝非依靠单一措施就能一蹴而就。它要求我们树立系统思维和全局观念,将健全的组织管理、精细的巡视检修、过硬的技术防护、先进的智能手段、高素质的人员队伍以及高效的应急响应等要素有机融合,构建一个全方位、多层次、立体化的综合防护体系。展望未来,随着以新能源为主体的新型电力系统加速构建,配电网的角色将愈发重要。我们必须更加注重将物联网、大数据、人工智能等前沿技术与传统运维业务深度融合,持续推动运维模式从“被动响应”向“主动预测”和“智能决策”演进。唯有如此,才能从根本上提升10kV配电线路的本质安全水平,为社会经济发展和人民美好生活提供坚强、可靠、优质的电力保障。

参考文献

- [1]王琪,雍瑞雪.电力系统10 kV配电线路安全运行维护措施分析[J].通信电源技术,2019,36(11):126-127.
- [2]张君.探究10KV以下配电线路的运行维护及检修[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集(四).国网天津市电力公司武清分公司,2025:184-191.
- [3]杨添博.10kV配电线路运行维护及新型检修技术探析[J].电力设备管理,2025,(08):14-16.
- [4]卫帅兵.针对10 kV及以下配电线路的检修与运行维护研究[J].仪器仪表用户,2024,31(12):67-69.