

输配电及用电工程线路安全运行技术研究

张宝才¹, 于哲²

(1. 国网吉林省电力有限公司白山市城郊供电公司, 吉林 白山 134300;

2. 国网吉林省电力有限公司白山市江源区供电公司, 吉林 白山 134700)

摘要 当前, 各行业领域的发展对于电力需求量较大, 输配电及用电工程的规模不断扩大, 线路的复杂程度日益提高。如何保障输配电及用电工程线路的安全运行是相关行业领域十分关注的问题。本文聚焦输配电及用电工程线路安全运行技术展开研究, 对新形势下输配电及用电工程线路的特征进行了分析, 并提出了具体的线路安全运行技术, 旨在能够为促进相关技术的运用及电力行业发展提供参考。

关键词 输配电; 用电工程; 线路安全运行技术; 智能化监测技术

中图分类号: TM72

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.34.037

0 引言

电力作为支撑经济发展和社会运转的关键能源, 其稳定供应至关重要。输配电与用电工程线路是电力系统的关键构成部分, 承担着将电能从发电端安全、高效地输送到用户端的重任。新时代, 输配电及用电工程线路遭遇了不少挑战, 需依据其运维的实际状况, 对输配电及用电工程线路的安全运行技术展开深入探究, 以保障电力系统的稳定运行, 使其更好地发挥作用。

1 新形势下输配电及用电工程线路的主要特征

在当下的新发展形势中, 输配电工程的建设地点大多位于野外环境。如此一来, 施工过程的复杂程度大幅提升, 且充满了更多的不可预测性。工程在运行时需要应对多种复杂因素, 如外界气候变化等, 以及一些复杂的地形地貌和难以掌控的自然现象。且输配电工程在施工进程中多会涉及高空作业、交叉性跨越作业等高风险环节, 这不仅需要操作人员具备精湛的专业技能, 能够熟练运用各种施工工具和设备, 还需要他们具备较高的安全意识。同时, 交叉性跨越作业还涉及不同线路、不同设施之间的交叉施工, 容易出现相互干扰、碰撞等问题, 对施工人员的协调能力和操作精准度提出了极高的要求。因此, 在输配电工程施工的过程中, 需采取切实有效的防护措施, 以确保作业过程中不出现任何安全问题^[1]。

此外, 输配电线路工程的建设工作大多是在环境变化频繁、流动性与动态性特征显著的条件下推进的。施工现场的人员、设备和材料需要不断地进行调配和移动, 这无疑给工程线路的规划布局以及后续维护工作增添了更大的难度。技术人员在这种环境下工作,

意味着在实际操作中需要具备更高层次的灵活性和更强的应变能力来应对各种情况。当遇到设备故障、材料短缺等问题时, 能够迅速做出反应以调整施工计划和方案, 从而确保工程的顺利进行。野外地区的交通条件往往较差, 道路崎岖不平, 运输车辆行驶困难, 这就增加了施工物资运输的时间和成本。同时, 施工方还需要考虑物资在运输过程中的安全问题, 防止物资受损或丢失。这对施工方的管理能力以及物资供应链的可靠性均提出了更为严格的要求。施工方需要建立高效的物资管理体系, 合理安排物资的采购、运输和存储, 确保物资能够及时、准确地供应到施工现场。物资供应链的各个环节都需要具备高度的可靠性, 以保证施工的连续性和稳定性。

当前不同线路之间的相互影响和干扰问题变得更加突出, 如电磁干扰、信号干扰等。为保障线路始终处于安全稳定的运行状态, 工程师有必要对施工方案展开精准且全面的规划与设计。在设计过程中, 要充分考虑线路的走向、间距、连接方式等因素, 运用先进的设计软件和技术, 进行模拟分析和优化, 确保线路之间的相互影响降到最低^[2]。

随着社会对环境保护意识的不断增强, 工程线路建设过程中, 需进一步强化对生态环境保护的重视力度。在具体施工环节, 应严格规避对自然资源造成任何形式的破坏, 如避免砍伐大量树木、破坏野生动物栖息地等。因此, 工程线路的设计和施工不仅要考虑安全性, 还需要兼顾环保要求。在设计阶段, 要充分评估工程对生态环境的影响, 加强对施工现场的环境管理, 减少施工废弃物的排放, 更好地保护周边环境。

2 输配电及用电工程线路安全运行策略

2.1 重视材料质量

提升系统整体安全性的关键在于依据线路具体铺设的特征与运行需求,科学考量其基础功能定位及应用环境,并关注材料属性的合理选择。为确保线路在安全性、可靠性、运行效率及系统协同性方面达到预期标准。需注意以下几个方面:

首先,需重视材料质量的合理控制。通常应精准界定所应用线路的类型,全面评估其结构参数、材料绝缘性能等级,以及连接件、电缆本体、开关柜等附属设备的性能指标与匹配性,保证相关要素能够达到预期,材料的质量有保证。

其次,应结合线路敷设区域的特殊环境因素,特别是对于高海拔等地形复杂的区域。在路径规划与结构设计阶段,需系统研究当地的地质构造稳定性、主导气候特征、温度剧烈变化范围及其对材料性能的影响,并关注空气密度降低导致的绝缘强度下降问题。

最后,在材料选型过程中,还应在严格保障质量与使用安全的前提下,寻求经济合理的解决方案,以最低综合成本满足输配电及用电工程的根本功能需求。

当前为进一步提升材料选型的科学性与有效性,还应对线路材料的性能特性进行动态优化改进,从而保证其始终可以满足输配电及用电工程的实际工况要求。这要求结合工程具体实践,强化对线路材料的系统性评估机制,做好对材料现有状态的实时监测、长期稳定性试验数据解析以及可靠性建模预测,从而精准把握其在后期使用时的相关情况。相关施工建设单位在材料最终确认阶段,应结合施工区域具体的自然条件、交通可达性以及极端气候发生概率等关键信息,制定多套具有高度可操作性的敷设技术方案。通过对方案实施效果的闭环评估与反馈优化,形成系统化的技术指导体系,以更好地为输配电线路的长期稳定、安全运行提供坚实的技术支撑^[3]。

2.2 加强线路防护措施,保障线路综合性能

为有效减少各种复杂多变的环境因素及气候条件对输配电及用电工程线路的影响,保障其长期安全、稳定运行,应构建并实施一套系统化、多层次的线路综合防护体系。该体系应重点涵盖以下关键防护内容:

1. 在腐蚀与老化防控方面,电力企业还应基于线路所处区域的详细环境特征以科学制定差异化的防腐蚀与延缓老化策略。例如:在重腐蚀区可优先选用耐候钢杆塔、热镀锌或防腐涂层导线,并缩短巡检周期。建立完善的线路状态巡查制度,运用红外热成像、超

声波探伤等无损检测技术,定期对杆塔基础、金具、导地线等关键部件进行腐蚀深度、材质劣化程度的量化评估,及时发现并处理早期腐蚀点或老化迹象,防止其演变为重大安全隐患。另外,还应构建基于环境监测数据和设备状态数据的预测性维护模型。通过分析历史数据与实时监测信息,提前预警潜在的高腐蚀风险时段或设备老化加速阶段,指导管理人员展开精准、主动的防护干预,以显著提升线路在复杂环境中的运行稳定性。

2. 在雷击灾害防护方面,针对不同区域雷击活动强度及线路重要性,可以进行精细化防雷设计。在雷害高发区应综合运用多种防雷技术。如在易遭雷击的线路段以及关键设备端口,应合理增设金属氧化物避雷器(MOA)。其优异的非线性伏安特性和快速响应特性可以有效限制雷电过电压幅值,将雷电流安全泄放入地,保护线路绝缘免受击穿。还应严格优化并定期检测接地装置的接地电阻值,一般地区 $\leq 10 \Omega$,高土壤电阻率地区 $\leq 30 \Omega$ 。采用降阻剂、深井接地以及外引接地等手段以改善散流效果,保证雷电流能快速、低阻抗地导入大地,降低地电位升高对设备的反击风险。同时强化绝缘子防污性能是提升线路耐雷水平的关键环节之一。雷雨天气常伴随高湿度,污秽绝缘子表面易形成导电水膜,导致沿面闪络电压急剧下降。通过在绝缘子表面涂覆室温硫化硅橡胶或电力脂等长效防污闪涂料,能够有效抑制潮湿污秽条件下的泄漏电流,提高绝缘子湿闪电压30%~50%,从而增强整个线路的雷电冲击耐受能力^[4]。

雾霾天气中富含的PM_{2.5}/PM₁₀等细微颗粒物及硫酸盐、硝酸盐等水溶性离子,易在电场作用下吸附并沉积于线路表面。长期累积会形成导电性污层,不仅加速金属部件的电化学腐蚀,更会严重劣化绝缘子的绝缘性能。针对该现状还应结合依据污区等级划分及在线监测装置的实时数据,制定科学的清污计划。对重污区或积污严重的线路段,及时采用带电水冲洗、干冰清洗或专用清洗剂进行彻底清污,防止污秽物长期堆积固化,确保线路外绝缘性能始终处于安全阈值以上,保障运行稳定性。

为抵御强风可能对线路造成的机械损伤,还应从设计源头出发以强化抗风能力,如在一些风荷载显著区域可适度增加杆塔密度以缩短档距,降低单基杆塔承受的风压;同时选用更高强度等级的钢材(如Q420、Q460)或复合材料杆塔,并优化杆塔结构形式。对耐张塔、转角塔及位于风振敏感区的直线塔,还应精确计算并优化拉线布置角度与预紧力,保证其能有

效平衡风荷载并减小杆塔顶部挠度,防止因风力引起的杆塔失稳或基础松动。并且合理设计绝缘子串长度及悬挂方式,必要时加装防风偏绝缘间隔棒或重锤,限制导线在强风下的摇摆幅度,确保其与杆塔、地线及其他相导线保持足够的安全电气间隙,防止发生风偏放电事故。

2.3 完善线路运行方案,增加运行的合理性

在输配电及用电工程领域,有必要持续对线路运行方案的设计加以优化,这需要综合考虑多方面因素,确保方案兼具科学性与合理性,进而切实提高线路的运行效率。运行方案的设计还需对多个维度的因素进行深入分析和综合考量。首先,要精准把握实际用电需求,这涵盖不同时间段、不同行业的用电特点和需求规模等内容。并且不同规模的城市在用电总量、负荷分布等方面存在显著差异。此外,电力需求分布特点、建筑物特点以及线路周围环境等因素不容忽视。电力需求分布的集中与分散程度、建筑物的类型和密度、线路周围的地理环境和气候条件等,均可能会对线路的运行产生重要影响^[5]。

鉴于不同区域的经济水平、产业结构以及人口密度等方面均存在一定的差异,输配电及用电工程线路的运行需求各不相同。所以运行方案的设计需紧密结合城市规模、用电量变化以及发展趋势等。一方面需根据城市的现有规模和发展规划,合理确定线路的容量和布局,避免出现容量过大造成资源浪费或容量不足导致供电紧张的情况。另一方面应关注用电量的动态变化,通过对历史数据的深度剖析以及对未来趋势的精准预测,及时对运行方案作出调整,以此确保该方案能够契合不断变化的环境条件与实际需求。建筑物密度和分布特点是影响线路运行的重要因素,在进行方案设计时,需保证线路的布局以及容量能够契合实际需求,提高线路的运行效率和可靠性。

为了提升线路运行方案的科学性和有效性,电力企业可以积极地借助外部力量,如聘请专业领域技术人员,在其指导之下,对线路运行方案进行全面评估和优化。专业机构凭借其专业能力开展的研究与分析工作,能够从多元视角为电力企业提供极具价值的指导建议,助力企业察觉潜在问题,制定更加合理、有效的运行方案。同时,还应积极借鉴其他地区在类似项目中的成功案例。应秉持积极主动的学习态度,深入研习并充分借鉴先进的技术与管理理念。在此基础上,紧密贴合自身实际状况,系统性地开展创新与优化工作,以此进一步强化方案的合理性与可行性^[6]。最后可借助多元化的渠道,在社会各领域广泛收集意

见与建议,深度探究公众对电力系统的期望和需求,以此精准找出可能存在的问题与短板,并及时开展调整优化工作。

2.4 引入智能化监测技术,加强运维精准度

在感知层建设方面,可以基于线路各区段的环境特征以及运行需求,分层部署监测设备,如在野外复杂区段,安装能够抗极端天气的杆塔倾斜传感器、导线弧垂监测仪,以此采集杆塔结构稳定性等数据,防止由于杆塔倾斜等而造成的断线问题;在城市人口密集区段配置红外测温装置与局放传感器,对电缆接头等设备的温度变化展开监测,及时发现安全隐患。此外,利用无人机搭载高清摄像头、红外热成像仪等进行周期性巡检,特别是对高山、密林等区域,可以获取线路走廊内的树障、异物搭接等情况,最大限度扩大巡检覆盖范围、增加数据采集效率。

3 结束语

输配电及用电工程线路的安全运行是一项复杂且关键的工作,涉及材料选择、设备维护、防护措施以及运行方案设计等多方面的内容。当前,针对输配电及用电工程线路所呈现出的复杂特征和诸多挑战,应高度重视其安全运行技术的研究与应用。并通过重视材料质量、加强线路防护以及完善线路运行方案等相关方面的工作,保证线路安全运行。同时,在实践过程中还需不断探索和创新安全运行技术,持续优化相关策略,以适应不断变化的环境和需求,为电力系统的安全稳定运行和经济社会的可持续发展提供坚实的保障。

参考文献:

- [1] 许嘉辉,王岩.输配电及用电工程线路安全运行技术研究[J].电力设备管理,2025(18):234-236.
- [2] 张伟.输配电及用电工程中的电能质量提升技术[C]//江西省工程师联合会.工程技术与新能源经济学术研讨会论文集(一).杭州旭源电力设备承装工程有限公司,2025.
- [3] 刘新.输配电及用电工程中的远程监控技术研究[J].自动化应用,2025,66(S1):185-187.
- [4] 周威林.新能源接入下的输配电及用电工程智能化转型[J].电工技术,2025(S1):604-606.
- [5] 丁梦晨.输配电及用电工程中的节能技术与设备优化[J].电工技术,2025(S1):723-725.
- [6] 王少杰.输配电及用电工程线路安全运行技术分析[J].智能建筑与智慧城市,2025(05):176-178.