

基于电力工程技术的超高压输电线路运行管理优化分析

徐亮, 史现奇, 杨政

(山东鼎拓电气有限公司, 山东 济南 250000)

摘要 在我国特高压电网迅速发展及新能源大范围并网的背景下, 超高压输电线路是电力系统骨干网架之一, 其运行管理水平的高低直接关系到电网的安全稳定及能源转型过程。本文明确了超高压输电线路的运行管理对于保证电网安全、促进新能源消纳、推进智能电网建设具有重要意义, 对目前所面临的技术瓶颈、管理机制缺陷和复杂的外部环境等问题进行了系统分析, 并以现代电力工程技术为依托, 提出了智能化监测诊断、防灾能力增强、运维模式革新、跨区域协同调度以及低碳运行的一系列优化策略, 以期为建设安全、高效、绿色、智能超高压输电系统提供系统技术路径与管理方案, 对于促进新型电力系统建设具有实践参考价值。

关键词 电力工程技术; 超高压输电线路; 运行管理

中图分类号: TM8

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.22.012

0 引言

在当前经济和社会不断发展的时代背景下, 电力的稳定供给对维护国家能源安全、促进经济发展、改善人民生活质量等方面都发挥着不可替代的作用。超高压输电线路是电力传输的“主动脉”, 担负着向负荷中心发电端有效输送大比例尺电力的重任, 它的运行管理水平直接影响电网安全平稳运行。本文对基于电力工程技术下超高压输电线路的优化运行管理策略进行深入探究, 希望能够对促进电网运行管理水平的提高起到有益借鉴作用。

1 超高压输电线路运行管理的重要性

1.1 电网安全稳定的核心保障

在电力系统这一宏大框架下, 超高压输电线路是电力传输的核心。电网的稳定和安全运行与其运行状态有着直接的联系。如果超高压输电线路遭遇故障, 如短路或断线, 不仅可能导致某些特定区域的电力供应出现中断, 影响到居民生活、工业生产以及社会的正常运行, 同时也会引起连锁反应, 导致大面积停电事故的发生, 甚至会严重威胁到整个电力系统运行的稳定性^[1]。从电力系统安全性角度考虑, 超高压输电线路稳定运行可以保持电网电压与频率处于合理区间波动状态, 保证各种用电设备处于正常参数状态, 避免了由于电压异常或者频率偏差等原因造成设备损坏, 引发安全事故^[2]。

1.2 新能源消纳的支撑条件

新型能源, 如风能和太阳能, 展现出明显的间歇性、不稳定性和分散性, 当它们大规模并入电网时, 给电力系统的稳定运作带来了前所未有的考验。超高压输电线路以其容量大、传输距离远等特点为新能源电力提供坚实的物理通道, 使偏远地区风能充足、太阳能资源可以超越地域限制向负荷中心传输以达到能源优化配置。但是, 仅仅依靠物理通道是不够的, 超高压输电线路运行管理水平的高低决定着新能源电力是否能够得到高效稳定消纳^[3]。准确的运行调度可以依据新能源发电实时出力对超高压输电线路输电功率进行合理调度, 避免新能源出力波动造成线路过载或者功率倒送, 保证新能源电力顺利并入主电网^[4]。

1.3 智能化电网发展的必然要求

智能化电网是电力系统今后发展的方向, 其目的是在电力生产、输送、分配以及消费等整个过程中实现自动化、信息化以及智能化, 从而促进电力系统高效、可靠以及灵活运行。超高压输电线路是电力传输过程中的主干网络, 它的运行和管理智能化程度直接决定着智能化电网整体性能的优劣。从信息感知的角度出发, 智能电网系统需要全方位和精确地掌握超高压输电线路的运行状况, 这包括线路的电气特性和机械性能。尽管先进的传感器技术和物联网技术为环境参数等需求提供了解决方案, 但要有效地收集、传递和处理这些庞大的数据, 仍然需要依赖科学和合理的运营

管理策略^[5]。在数据分析和决策中,智能化电网利用大数据和人工智能技术辅助超高压输电线路运行数据分析和挖掘,从而实现故障预警目的、状态评估与优化调度的功能。这些都需要运行管理有较强的数据处理能力与智能决策机制,并能依据分析结果对线路运行方式与维护策略进行适时的调整。

2 超高压输电线路运行管理存在的问题

2.1 技术层面的问题

在监测技术方面,虽然目前已经广泛采用各种传感器来实时监测线路电气参数、机械性能等,但是监测数据在准确性与完整性方面仍然有所欠缺。一方面,传感器会受到高温、低温和强电磁干扰等环境因素的影响,这些因素都会使测量误差变大甚至数据丢失,使运行人员很难得到真实可信的线路状态信息。另一方面,由于监测系统数据融合能力受限,对不同种类传感器所采集到的数据很难实现高效整合及综合分析,不能对线路故障诊断及状态评估等工作进行全面准确地支撑。就诊断技术而言,尽管以大数据与人工智能为基础的故障诊断方法已经有所发展,但是对超高压输电线路这类复杂系统进行故障特征提取与模式识别仍然是一个难题。线路故障种类繁多,主要有雷击、污闪及风偏,各故障产生机理及表现形式均不相同,已有诊断模型很难准确地捕捉到故障细微特征,造成故障诊断准确率与及时性不高,常常是出现故障后才可事后分析,不能做到提前预警与预防性维修。

2.2 管理机制的缺陷

在超高压输电线路的宏观运行管理框架内,管理机制的不足是系统内部潜在的障碍,这大大限制了管理效率的最大化。从组织架构层面来看,现行管理体系条块分割严重,各部门职责边界不明确,处理线路运行复杂问题时易相互推诿和协调不畅。例如:在设备检修和线路运行调度中,由于缺乏高效的沟通协调机制而使得检修计划和运行需求很难准确匹配,这不仅会影响线路可靠运行,还会增加不必要的运行维护成本。从制度建设方面来看,尽管已经制定出一系列管理规章制度,但是有些制度内容老旧,针对性不强,很难适应超高压输电线路迅猛发展的新情况。如对新技术、新设备应用管理没有明确规范与引导,使新技术推广与应用受到制约,不能充分挖掘新技术对提高线路运行管理水平的潜能。

2.3 外部环境挑战

在超高压输电线路治理的宏伟蓝图上,来自外部环境的挑战犹如汹涌的大潮,源源不断地冲击线路安全平稳运行的防线。自然环境、极端气候事件频繁发

生成了一个严峻的考验。台风肆虐、大风裹大雨,会造成相间短路和绝缘子闪络;暴雨诱发山洪和泥石流容易冲刷杆塔基础导致线路倒塌;冰雪灾害又会引起线路覆冰和线路荷载的增大,造成导线的断裂和杆塔的形变。另外,地质灾害如地震、山体滑坡等都会对线路设施产生毁灭性的破坏,并且这些灾害突发性和破坏力都很强,对线路运行管理造成很大的影响。

3 基于电力工程技术的优化策略

3.1 智能化监测与诊断技术应用

在电力工程技术繁荣发展的今天,将智能化监测和诊断技术运用到超高压输电线路的运行和管理之中,犹如给线路的安全平稳运行装上一双“智慧之眼”。通过在输电线路关键部位部署高精度传感器网络,能够实时、全面地采集线路的电气参数(如电流、电压、功率因数)、机械性能(如杆塔的倾斜度、导线的张力)以及环境参数(如温度、湿度、风速等),形成海量且多维度的监测数据。在先进无线通信技术的支持下,这些数据被迅速而稳定地传送到监控中心中,从而为之后的分析和决策奠定了扎实的数据基础。在诊断技术方面,依靠大数据分析、机器学习和深度学习前沿算法对获取的监测数据深度挖掘和智能分析。通过学习和建模历史上的故障数据,该系统可以自动识别线路运行中的异常模式,提前预警可能的故障风险,实现从“事后处理”到“事前预防”的重大转变。如通过使用卷积神经网络来分析线路绝缘子的红外图像,可以准确地识别绝缘子的细微缺陷,并及时识别如污闪、损坏等潜在故障,这极大地增强了故障检测的精确度和时效性。

3.2 防灾与抗干扰能力提升

在超高压输电线路这一复杂的运行管理系统中,提高防灾和抗干扰能力是确保线路安全可靠运行的中心要务,电力工程技术的改革为其提供了坚实的支持。面对自然灾害频繁发生所带来的各种挑战,气象预测和灾害预警等先进技术已经成为防灾第一道防线。通过整合多源气象数据并利用高精度的数值天气预报模型及人工智能算法可以实现台风、暴雨、冰雪极端天气的准确预报,预先评估它们对输电线路影响的范围及程度,以便有针对性地制定防灾策略。同时,基于地理信息系统(GIS)的灾害风险评估模型,综合考虑线路地形、地质、植被等因素,精准识别线路的高风险区域,实现灾害风险的精细化评估与动态监测。在抗干扰技术上,为解决电磁干扰,研究开发出一种新型电磁屏蔽材料及滤波技术,从而有效地减小线路周边电磁场对信号传输造成的扰动,确保监测数据准确、稳定。针对雷电干扰问题,对线路防雷设计进行优化,

利用新型避雷器、避雷线以及其他防雷装置与雷电定位系统相结合,以达到实时监测预警雷电活动情况,及时做好防护措施以降低雷击跳闸事故发生率。

3.3 运行维护模式创新

在超高压输电线路的运行管理演变过程中,以电力工程技术为依托,不断向纵深融合和延伸,逐渐构建起智能化、协同化和精细化新型运行维护模式。该模型将数字化平台作为中心枢纽,集成线路实时监测数据、设备运行参数、气象环境信息多源数据、利用大数据分析及人工智能算法深度挖掘并智能决策,实现了线路运行状态全方位、精准化的感知和评价。通过建立一个故障预测模型,可以提前评估线路可能出现的故障风险,并据此制定个性化的维护方案,从而实现从“定期检修”到“状态检修”的转型,这不仅能有效地降低运营成本,还能提升设备的使用效率。在协同维护中,突破部门壁垒、构建跨专业跨区域协同工作机制。采用物联网技术及移动通信技术实现运维人员、设备、材料等实时信息交互及协同作业。如在故障抢修时,利用智能调度系统对周边资源进行快速配置,做到抢修队伍、物资设备准确投放,减少抢修时间和提高应急响应速度。同时加强与气象和地质部门的合作,实现灾害预警信息共享和防灾前准备,形成综合协同防护体系。

3.4 跨区域协同与调度优化

以先进电力工程技术为依托,建立跨区域协同运行机制是必然要求。通过搭建统一信息共享平台将各地电网实时运行数据、负荷预测信息和设备状态参数集成在一起,以达到高效流通和精准共享,破除地区间信息壁垒,奠定协同决策数据基础。运用大数据分析及人工智能算法对跨区域电力供需形势做出精准预测和动态评估、预先预判潜在电力缺口或者过剩问题,从而为跨区域电力调度工作提供科学依据。在进行调度优化的过程中,采用了如混合整数线性规划、粒子群优化算法等先进的优化技术,全面地考虑了跨区域输电线路的传输能力限制、电力市场交易规则,不同发电成本等诸多因素,制定了跨区域最优电力调度方案。通过优化调度策略使电力资源得到较大规模的优化配置、提高电力资源利用效率、减少发电成本。同时加强地区间协调、构建跨区域应急协调机制,当遇到突发故障或者极端天气紧急情况时能快速启动应急预案,统筹各地电力资源共同解决电力供应危机,确保电网安全平稳运行。

3.5 绿色低碳运行策略

在电力工程技术深度革新的基础上,绿色化运行体系建设需要在能源高效利用、碳排放精准管控和生

态友好型建设方面多维度协同发展。在能源高效利用水平上,依靠先进智能电网技术对电力供需进行实时准确匹配和动态平衡。通过布设高精度负荷预测系统和分布式能源接入管理平台集成区域风、电、光伏等可再生能源间歇性出力特征,结合储能装置灵活调控能力对跨区域电力调度策略进行优化,降低能源供需错配造成的弃风和弃光,提高可再生能源消纳比例。同时,通过采用先进的输变电设备节能技术,如使用低损耗变压器、高效导线等,可以降低输电过程中的能量损耗,从而提高能源传输的效率。在碳排放精准管控中,构建了全生命周期碳排放监测评估体系,实现了超高压输电线路规划设计、设备制造、建设施工至运行维护等各环节碳排放量化分析。以大数据分析和人工智能算法为基础,对不同运行条件下碳排放趋势进行了预测,并制定了有针对性减排措施。如通过对线路潮流分布的优化来降低输电损耗,间接减少碳排放等;用新型环保材料代替传统的高碳排放材料是从源头上降低碳排放的。生态友好型的建设理念强调,在进行输电线路的规划和建设时,必须充分考虑到生态环境的保护需求。通过结合地理信息系统(GIS)和遥感技术,对线路路径的生态敏感性进行了评估,从而避免了生态敏感区域,降低了对自然生态系统的影响。

4 结束语

智能化监测及诊断技术的运用为线路运行管理工作提供了有力的技术支撑,实现了线路运行状态实时监控及精准诊断,切实提高了故障预警及处理效率。通过提高防灾及抗干扰能力、采用先进预测预警技术、优化防雷防冰设计及新电磁防护手段、提高线路抵御自然灾害及电磁干扰能力,可确保线路平稳运行;创新运行维护模式,在数字化平台支持下,运维管理智能化、协同化、精细化,运维效率与质量得到提升,运维成本得到降低。

参考文献:

- [1] 张森.浅析电力工程及其输电线路设计与施工的技术问题[J].电力设备管理,2024(12):223-225.
- [2] 彭志刚.电力工程输电线路的施工技术探讨[J].科学与信息化,2024(08):70-72.
- [3] 郭丹丹.电力工程输电线路施工技术的探讨[J].门窗,2024(09):76-78.
- [4] 杜旭伟.电力工程建设中输电线路施工质量技术控制[J].电力设备管理,2024(04):168-170.
- [5] 刘建军.电力工程输电线路施工技术[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2021(10):1829-1830.