

电力配网运行可靠性的主要影响因素及防范对策

恰格德尔·那木苏荣

摘要: 为切实提高电力配网运行可靠性,本文简要阐述了电力配网的概念,随后从五个角度分析了电力配网运行可靠性的主要影响因素,最后结合影响因素的五个维度,针对性提出电力配网运行可靠性影响因素的防范对策,希望在丰富该领域研究成果的同时,为广大电力行业从业人员以及相关研究人员提供有价值的参考。

关键词: 电力企业;配网运行;影响因素;防范对策

引言

近年来,我国经济快速发展,用电量逐年增加,民众对于供电质量、问题后恢复供电效率的期待值也始终处于高点,我国对电力配网运行的重视程度也逐步提高。为响应民众期待、支撑地方生产、推动地方经济乃至国内经济发展,也为了落实国家发展战略、国家政策导向,各电力企业纷纷完善电力配网运行管理模式。但就目前情况来看,电力配网运行的过程中势必存在各类影响运行可靠性的因素,若不能全面掌握影响因素、拟定防范对策,则必然影响电力配网运行稳定性、可靠性。因此,探讨电力配网运行可靠性的主要影响因素及防范对策,具有较高的研究意义。

1 电力配网概述

电力配网,负责将电能从高压输电网安全、可靠地分配到最终用户,涵盖电能分配的全过程,即从接收输电电能到交付给用户设备的各个环节^[1]。电力配网通常由配电变电站、配电线路、配电变压器、开关设备以及保护装置等核心元件构成,进一步分析电力配网的各项组成,配电变电站是电力配网的起点,负责接收来自输电网的高压电能,并利用变压器将电压降低到适合分配的等级;配电线路负责电能传输,其中线路可以是架空线路或地下电缆,具体选择取决于环境条件、安全要求和经济因素;配电变压器进一步降低电压,以适应家庭、商业、工业场所在内的不同用户的用电需求;开关设备包括断路器、隔离开关等,用于控制电路的通断操作,并在系统发生故障时实现快速隔离;继电器、熔断器之类的保护装置,持续监测电流、电压等参数,在检测到异常时自动触发保护动作。此外,现代电力配网往往集成自动化系统,利用通信技术和智能设备实现远程监控、故障诊断和操作优化,相较于此前的人工管理模式,运行效率更高,

可靠性更强^[2]。

除电能分配以外,电力配网的功能也包括维持电压稳定、管理负荷波动、以及处理短路、过载等突发事件,在电力系统中位于输电网和用户之间,起到承上启下的作用,负责保证电能从发电端到用电端的顺畅性;在电力配网各类指标中,可靠性指标具有较高的重要性权重,涉及供电连续性、电能质量、系统韧性,直接关系到用户用电体验、社会经济活动的正常进行。由此可得出,电力配网是电力行业规划、设计、运行、维护工作的基础,良好的电力配网能够支持能源高效利用,减少停电频率,并促进可再生能源的集成与应用。

2 电力配网运行可靠性的主要影响因素

2.1 设备状态因素

设备自身质量与健康状态是否良好,决定了配网运行是否可靠性。配电网包含变压器、断路器、隔离开关、电缆及架空线路、避雷器在内的大量设备,且多数设备在长期运行中承受电、热、机械力的综合作用,性能会随时间逐渐劣化。设备制造质量存在缺陷,或者选型不当,可能导致设备在投入运行后,故障率较高,进而导致电网运行稳定性不足。在运行过程中,设备会因绝缘老化、接触部件氧化、机械磨损等原因,性能指标逐步下降,直至低于安全运行阈值,如电缆绝缘层在电应力与热应力的长期作用下可能发生击穿,老旧变压器的绕组损耗增加且散热能力下降,开关设备的操动机构因磨损可能导致拒动误动情况发生,而设备一旦出现故障,必定会导致电网运行受到影响。

2.2 外部环境因素

电力配网架空线路长时间处于自然环境中,极易受到气象条件与地质灾害的影响。台风、暴雨、冰雹、冰雪冰冻等恶劣天气可能造成线路舞动、倒杆、断线、绝缘子闪络。

雷电过电压可能击穿设备绝缘,引发短路跳闸。此外,森林火灾、洪涝、滑坡等自然灾害也会严重破坏配电设施的基础稳固性与电气连接^[3]。另一方面,社会活动带来的外力破坏也日益突出。城市建设中的野蛮施工,如挖掘机、钻探设备误碰地下电缆或撞损电杆塔,吊车等大型机械在架空线路下方作业时安全距离不足导致放电,以及车辆撞击杆塔、风筝或漂浮物短路线路,都可能会导致配网非计划停运。

2.3 运维管理因素

运行维护与管理的水平,指电力企业为维持配网设备处于良好状态并快速应对异常所开展的一系列计划性、预防性及纠正性活动的质量。计划检修是否科学及时,巡视检查是否全面到位,故障预警机制是否有效,都直接影响隐患的发现与消除。如果维护策略失当,例如检修周期过长或项目不全,未能及时发现并更换老化设备、清理通道树障、紧固连接部件、处理局部放电等,会使小缺陷演变为大故障。同时,故障发生后的应急响应速度、故障定位的准确性、隔离非故障区段的效率以及恢复供电的操作流程,均会极大程度影响停电持续时间、影响范围。

2.4 配电结构联络因素

配电网架结构与联络方式,指配电线路的拓扑形式、电源支撑点的分布以及线路之间的联络关系,是决定供电可靠性的硬件基础以及硬件架构。结构合理的配电网应具备较强的转供能力和负荷转移能力。在发生局部故障时可倒闸操作,迅速将故障区段的负荷切换至其他正常运行线路或电源点,从而缩小停电范围。相反,若电网网架结构薄弱,长期处于辐射状运行、线路之间缺乏必要的联络、分段开关配置不足或布局不合理,则一旦线路某处发生故障,整条线路都可能被迫停运,且无法经由其他路径恢复供电,导致停电范围扩大、恢复时间延长。

2.5 用电负荷因素

负荷特性与用电需求的变化,决定了配网运行的稳定性。随着经济发展和生活方式改变,用电负荷的规模、分布和特性都在持续变化。高峰负荷时段,特别是夏季空调集中启用或冬季取暖负荷剧增时,配网中的变压器、线路等设备可能因长期过载运行导致温度过高,加速绝缘老化甚至直接烧损。大型电机启动、电弧炉运行过程中产生的冲击性负荷,可能会引起电网电压骤降、闪变和谐波污染,不仅影响电能质量,还可能干扰保护装置的正常判断,引发误动。此外,

分布式电源,特别是光伏发电的大规模接入,改变了配网传统单向潮流的特性,带来了电压越限、保护配合复杂化等新问题,对配网运行的稳定性构成了新的挑战。

3 电力配网运行可靠性影响因素的防范对策

3.1 建立设备全周期质量管控计划

在设备采购环节,电力企业可建立严格的技术标准、准入机制,优先选用技术成熟、性能稳定且经过长期运行验证的产品,杜绝存在家族性缺陷的设备入网;在设备制造与安装阶段,电力企业应在关键节点做监造验收,要求生产工艺、安装工艺质量必须符合设计要求;在运行维护阶段,电力企业可全面推广设备状态检修、主动预警策略,综合利用在线监测技术与离线检测手段,如要求工作人员对变压器进行油色谱分析、局部放电检测,对电缆进行红外测温、振荡波测试,对开关设备进行机械特性监测,持续收集设备健康状况数据^[4]。在完成数据收集后,将数据带入到设备状态评估模型当中,判断现有投运电力设备运行情况,精准安排检修计划。对老化严重、技术落后或不再满足运行要求的设备制定系统性更换规划,优先更换故障率高、影响范围大的关键设备,并逐步采用智能化、高可靠性、少免维护的新型设备替代老旧设备,从本质上提升设备资产的健康水平。

3.2 构建综合外部风险防护体系

为防范外部风险,电力企业需要构建技防、物防、人防相结合的综合外部风险防护体系。

在技术防护方面,电力企业应重点提升配网设备的抗灾能力,在规划设计阶段,便遵循差异化原则提高设防标准,对台风、冰雪多发区域杆塔采用加强型设计,基础进行加固处理,同时大面积采用绝缘导线、防雷绝缘子、线路避雷器等装置,降低雷击短路风险;在重要线路及电缆通道安装在线监测装置,实时监测气象条件、杆塔倾斜、电缆温度、通道积水状态,防患于未然。

在物理防护方面,电力企业需定期清理线路走廊、定期修剪砍伐通道内树竹,消除火灾放电隐患;在电缆路径上设置醒目标志桩、警示带,必要时建设加固的电缆沟槽或套管进行保护。而在人为防护方面,电力企业应建立企业内部巡视联防机制,针对施工密集区域提高特殊巡视频次,配合无人机高空巡检,提高巡检效率、改善巡检质量;与政府规划、市政部门建立信息共享机制,及时获取大型机械施工计划,对施工方进行安全交底,做好现场监护;此外,电力企

业也可向社会公众开展电力设施保护宣传,建立电网设施举报渠道,若民众发现不法分子蓄意破坏电网,或自然因素导致配电设施损坏,可第一时间致电举报或在微信小程序内上传照片举报,由此形成群防群治的良好氛围。

3.3 提升电力配网智能运维能力

推动运维模式向智能化、精益化转型,改善运行维护实效。电力企业应在内部构建集监控、管理、分析于一体的智能配网运维平台,集成 SCADA、GIS、生产管理系统等数据,实时感知、集中监控配网运行状态;大力推广配电自动化技术,合理配置智能开关、故障指示器、智能配变终端等设备,实现故障的快速自动定位、隔离和非故障区段的自动恢复供电,显著缩短停电时间^[5]。优化运维检修策略,从传统定期检修过渡到以状态评估为基础的预测性检修,根据设备实际健康度安排维护工作,提高检修针对性,改善检修效率;完善现有应急预案体系,针对不同故障类型、不同灾害场景,制定详细操作流程,并定期组织联合反事故演习,提升应急队伍的协同作战能力。同时加强人员专业技能培训与考核,要求所有运维人员熟练掌握新设备、新系统的操作维护技能,为高可靠性运行提供坚实的人才保障。

3.4 应用自动化技术优化网架结构

在配电网规划与建设过程中,电力企业应坚持高标准原则,大力推进目标网架建设,重点发展具备强互联互供能力的环网结构、多分段多联络结构。合理增加变电站布点与出线间隔,优化供电半径,从根本上缓解线路重过载问题。在现有网络基础上加强线路之间的联络,新建或改造线路时预留联络通道,增加分段开关与联络开关的数量并优化其安装位置,将长线路科学分割为若干区段。大量部署配电自动化终端,实现开关的远程遥控与故障处理程序的自动执行,在故障发生时能快速隔离最小故障区段并完成负荷转供,最大限度缩小停电范围。对于重要用户和供电区域,推行双电源甚至多电源供电模式,配置备用电源自动投切装置,确保供电连续性。此外,为积极适应分布式电源大量接入的新形势,电力企业在网架规划改造中,也应充分考虑分布式电源的接入位置、接入容量,确保潮流通断可控,电压水平合格,保护配置协调。

3.5 以主动治理改善负荷预测效果

为应对负荷变化,电力企业需采取主动管理、超前规

划的综合策略。建设高级量测体系,广泛安装智能电表与用电信息采集终端,实时监测和分析不同区域、不同时段负荷数据,精准掌握负荷增长规律与特性变化;运用大数据与人工智能技术开展中长期与短期负荷预测,为配网规划、设备扩容与运行方式安排提供科学依据;积极实施需求侧管理,利用电价杠杆引导用户削峰填谷,与大型工商业用户签订可中断负荷协议,在电网高峰时段有序削减负荷;同时,电力企业也需要提高电能质量治理的重视程度,严格评估接入配网的冲击性、非线性负荷,做好准入管理工作,强制要求各地区电网安装无功补偿、谐波治理装置,杜绝负荷对电网造成污染的情况发生;根据负荷发展及时增容改造配电变压器和线路,解决设备卡脖子问题;在配电变压器侧安装智能融合终端,实时监测配变负载率与电压质量,为动态调整运行方式提供数据支持。此外,电力企业也需要提前规划布局新能源汽车充电网络,评估不同地区新能源汽车保有量、充电时间分布,再结合不同地区数据,设计满足民众需求的充电桩数量,使配网发展与电能负荷增长相匹配。

4 结语

综上,在电力配网运行过程中,影响运行稳定性的因素较多,其中较为主要的影响因素有设备状态、外部环境、运维管理、配电结构联络、用电负荷五大类型。为应对存在的影响因素,电力企业应强化设备全周期质量管控,构建综合外部风险防护体系,提升智能运维与应急能力,优化网架结构与自动化水平,加强负荷预测与主动治理。

参考文献:

- [1] 赵振,文婷婷.电力配网运行可靠性的主要影响因素及防范对策[J].百科论坛电子杂志,2022(23):103-105.
- [2] 陈杰,李灵靖,杨嘉伟,等.电力配网运行可靠性的主要影响因素及防范对策[J].装备维修技术,2022(8):38.
- [3] 刘黎.电力配网运行可靠性的主要影响因素及防范对策[J].工程研究与实用,2021(9):65-67.
- [4] 刘海峰,叶英涛.关于电力配网运行可靠性的影响因素分析及对策探讨[J].黑龙江科技信息,2017(018):154.
- [5] 师明礼,周应庆,杜鑫,等.电力配网运行可靠性的主要影响因素及防范对策探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2021(1):115-115+117.