

配网运行可靠性的影响因素分析与提升策略

邱新文 辛丹丹

石嘴山农村电力服务有限公司 宁夏 石嘴山 753000

摘要：配电网作为电力系统直面用户的关键终端环节，其运行可靠性直接决定整体供电质量与民生用电保障水平。本文简述配网可靠性相关理论与评估方式，结合当前网架薄弱、设备老化、智能化水平不足的运行现状，从网架结构、设备本体、运维管理及外部环境多维度系统梳理各类影响因素。立足实际运维场景，提出针对性、可落地的可靠性提升策略，为基层配网改造、运维提质和电网稳定运行提供参考依据。

关键词：配网运行；可靠性；影响因素；提升策略

引言：在新型电力系统建设与社会用电负荷持续增长的背景下，配电网覆盖规模持续扩大、运行工况日趋复杂，对供电连续性与稳定性提出了更高标准。现阶段部分区域配网仍存在网架结构不合理、老旧设备存量大、运维模式粗放、外力故障多发等问题，频繁引发停电隐患。为有效破解配网运行短板，全面提升供电可靠性，本文系统剖析各类影响因素，并配套制定全方位的优化提升措施，助力智能配网规范化、高质量运行。

1 配网运行可靠性相关理论与现状分析

1.1 配网运行可靠性核心概念

(1) 配电网定义与运行特征。配电网是连接输电系统与电力用户的关键终端电网，主要由配电线路、变压器、开关设备等组成，负责区域内电力分配与输送。与输电系统不同，配电网具备点多、线长、覆盖面广的显著特征，直接面向各类终端用户，运行环境复杂，易受天气、地质、外力施工等外界因素干扰，运行不确定性更高。(2) 可靠性核心内涵。配网运行可靠性是衡量配电网供电质量的核心标准，特指电网在规定运行条件与时间内，持续、稳定向用户输送电能，规避故障停电、电压异常等问题的能力，直接反映电网供电连续性与稳定性。(3) 可靠性核心评价指标。核心指标包含四项：供电可靠率为正常供电时长占总统计时长的比例，是整体供电水平核心指标；用户平均停电时长、平均停电次数分别统计周期内用户单次、总体停电情况；故障恢复时间指故障发生至供电恢复的时长，直观体现电网故障处置能力，各指标适配电网运维、改造等不同应用场景。

1.2 配网运行可靠性评估方法

(1) 传统评估方法。主要包括解析法与模拟法，解析法依托电网拓扑结构与故障参数建模计算，原理简单、结果精准，适配简单网架电网；模拟法通过模拟电网随机运行状态评估可靠性，适配复杂电网，但计算效率偏

低。二者均存在数据利用率低、难以适配智能电网的短板。(2) 智能化评估方法。基于大数据、机器学习技术，可深度挖掘电网运行海量数据，自动识别故障隐患、动态评估供电可靠性，能够适配智能配网复杂运行场景，具备高效、精准、动态化的优势。(3) 评估方法对比优选。结合现阶段配网网架复杂、数据量大的运行特点，本文选用智能化评估方法，兼顾评估效率与精准度，贴合现代配网运维评估需求^[1]。

1.3 现阶段配网运行总现状

(1) 配网网架现状。部分区域网架结构单一，供电半径超标、线路联络率偏低，电网冗余备用容量不足，一旦单条线路或设备故障，易引发大范围停电，故障扩散影响较大。(2) 设备运行现状。老旧配电设备存量大，长期运行导致绝缘老化、性能衰减，高峰时段负荷过载问题突出，同时智能监测设备覆盖率不足，难以实现设备状态实时管控。(3) 运维管理现状。多数区域仍依赖传统人工运维模式，故障排查、隐患识别效率滞后，智能化运维手段应用不足，应急抢修流程不够完善，故障处置时效性有待提升。

2 配网运行可靠性核心影响因素分析

2.1 电网网架结构因素

(1) 网架布局合理性。目前部分地区配电网布局规划较为滞后，单辐射线路占比偏高，线路分段划分不科学、供电分区边界模糊。该布局模式下，电网线路关联性强、独立性弱，当局部线路出现故障时，难以快速完成故障区段隔离，故障极易沿线路扩散，直接扩大用户停电范围，大幅降低配网供电稳定性。(2) 网架冗余能力。多数老旧城区、乡镇配电网环网结构覆盖率不足，联络开关、分段开关配置数量不足、布局不合理，网架冗余备用能力薄弱。在设备或线路发生故障后，电网无法快速完成负荷转移与转供电操作，只能依赖传统抢修恢

复供电,严重降低故障复电效率。(3)分布式电源接入影响。随着分布式光伏、风电等清洁能源大规模普及,大量电源无序接入配电网,彻底改变了传统配电网单向潮流的运行模式。潮流双向波动易引发电网保护装置误动、拒动,同时造成节点电压偏移、谐波超标等问题,加剧配网运行波动,诱发供电故障。

2.2 设备本体运行因素

(1)设备老化缺陷。配网变压器、断路器、架空线路、绝缘子等核心设备长期露天运行,受环境侵蚀、长期负荷运行影响,普遍存在绝缘劣化、部件磨损、性能衰减等老化问题,设备容错能力大幅下降,是引发线路跳闸、设备故障的主要内因。(2)设备质量与选型问题。部分早期投运设备选型标准偏低,与当前区域负荷增长需求不匹配,长期处于过载运行状态。同时,少数设备采购质量不达标,工艺缺陷较多,运行稳定性差,极易出现重复性故障,影响配网可靠运行^[2]。(3)智能设备应用不足。现阶段智能配电自动化设备整体覆盖率、运行准确率偏低,部分老旧台区仍依赖传统人工管控模式,无法实现故障自动定位、精准隔离与电网自愈恢复,故障处置的时效性和精准性严重不足。

2.3 运维管理与人为因素

(1)运维检修不规范。传统运维模式存在粗放化问题,日常巡检覆盖面不足、重点区段巡检频次不够,设备隐蔽隐患排查不彻底。同时预防性检修工作落实不到位,大量微小设备隐患无法及时处置,长期累积逐步演变为重大设备故障,引发停电事故。(2)停电计划管控不合理。日常检修、改造作业缺乏统筹规划,零散作业较多,重复停电、无序停电问题突出。预安排停电审批与管控机制不严,未充分推行带电作业、负荷转供模式,无效停电时长增加,直接降低用户供电可靠率。(3)人员专业能力不足。随着智能配网快速普及,部分运维、抢修人员专业技能更新滞后,对新型智能设备原理、操作流程、故障研判方法掌握不熟练。故障处置过程中排查效率低、操作不规范,延误最佳复电时机,拉长停电时长。

2.4 外部环境及突发因素

(1)自然环境影响。配网线路设备多露天布设,受自然环境影响极大,雷雨、大风、暴雨、覆冰、高温等极端天气频发,易造成线路断线、设备击穿、杆塔倾倒等故障,是诱发配网突发停电的重要外部因素。(2)外力破坏影响。外力破坏是配网高频故障诱因,市政施工挖断电缆、大型车辆碰撞电杆、周边树木触碰线路等违规作业与外力干扰频发,此类故障突发性强、随机性高,

难以提前预判,严重影响配网稳定运行。(3)用户侧设备影响。部分用户用电不规范,存在私拉乱接、违规增容等行为,且用户内部设备老化、故障隐患较多。用户侧设备发生故障时,易反向冲击公共配网线路与设备,引发区域性跳闸停电,波及公共电网供电安全。

3 配网运行可靠性提升策略

3.1 优化配网网架结构,夯实供电基础

(1)完善网架布局。针对当前配网单辐射线路占比高、布局零散的问题,开展全域配网网架专项排查与升级改造工作。逐步淘汰老旧单辐射供电模式,大规模推广环网供电、双端供电等稳定网架结构。结合区域用电负荷分布、地理环境与供电范围,科学优化线路分段设置,合理划分供电分区,解决线路分段混乱、供电边界模糊等问题。通过精细化网架布局调整,有效限制故障扩散范围,从源头降低单点故障造成的大面积停电风险。(2)提升网架冗余能力。基于各区域配网运行现状,针对性增补联络开关、智能分段开关等核心设备,优化设备布点位置,有效提升配网环网联络率与网架冗余储备能力。完善的网架冗余体系可在线路、设备发生故障后,快速完成故障区段隔离,通过负荷转供的方式保障非故障区域正常供电,彻底改变传统故障抢修、全程停电的模式,大幅提升配网故障恢复效率^[3]。(3)规范分布式电源接入。针对分布式光伏、风电等新能源无序接入带来的潮流紊乱、保护误动等问题,建立标准化新能源并网管控机制。结合配网网架承载能力、负荷特性,严格规范新能源并网容量、接入位置与并网方式。同时优化配网潮流调控策略,升级继电保护装置与控制系统,精准治理电压波动、谐波干扰等并网问题,最大限度降低分布式电源接入对配网稳定运行的负面影响。

3.2 强化设备全生命周期管理,降低设备故障风险

(1)推进老旧设备升级改造。全面开展配网设备状态普查,建立老旧设备、高耗能设备、故障频发设备专项台账,分类统计设备运行年限、故障频次与老化程度。遵循分批实施、重点优先的原则,对超期服役、绝缘老化、性能衰减严重的变压器、线路、绝缘子等设备进行迭代更新,重点改造老旧台区与薄弱线路,从硬件层面提升配网设备整体运行稳定性与抗干扰能力。(2)规范设备选型与验收。结合区域经济发展、负荷增长趋势与用电特性,科学开展设备选型工作,杜绝设备选型与实际运行工况不匹配的问题。建立全流程设备质量管控体系,严格执行设备进场抽检、资质核查、投运前试验检测等制度,对不合格设备坚决不予投运。通过标准化选型与严苛验收,从采购源头规避设备质量缺陷,减少设

备早期故障与重复性故障问题。(3) 推广智能化设备应用。加快智能配网设备的全域普及,全面部署配电自动化终端、设备在线监测、故障预警、智能传感等设备,搭建智能化设备监测管控体系。依托智能设备实现对线路、变压器、开关设备运行状态的实时感知、数据采集与智能分析,自动研判设备潜在隐患,完成故障精准定位、自动隔离与电网自愈恢复,全面提升配网设备智能化管控水平^[4]。

3.3 优化运维管理体系,提升运维管控水平

(1) 推行精益化运维模式。摒弃传统粗放式运维模式,建立常态化、标准化的巡检与隐患排查机制,明确巡检频次、巡检范围与责任分工。聚焦线路通道、设备接头、台区设备等关键部位,开展全方位隐患排查,建立隐患台账并实行闭环整改管理。同时常态化开展预防性检修工作,提前处置设备微小隐患,杜绝小隐患累积恶化引发重大供电故障。(2) 规范停电计划管理。强化停电作业统筹管控,整合零散检修、改造、技改作业计划,避免重复停电、无序停电。全面推行“能带不停、转供不停”的作业原则,优先采用带电作业、负荷转供等方式开展施工作业,最大限度减少预安排停电次数与停电时长。严格落实停电审批制度,规范停电流程,提升停电计划的科学性与合理性。(3) 加强人员队伍建设。针对智能配网运维、应急抢修的全新工作需求,定期开展专项技能培训,重点讲解智能设备操作、故障智能研判、新型电网保护原理等专业知识。建立健全人员绩效考核与技能考核机制,倒逼运维抢修人员更新专业技能、提升实操水平,打造专业化、现代化的运维抢修队伍,高效应对各类配网故障处置工作。

3.4 防控外部风险,完善应急保障体系

(1) 强化自然风险防控。结合区域气候特征,针对雷雨、大风、覆冰、高温等极端天气制定专项电网防护与改造方案。对偏远线路、老旧杆塔开展加固改造,完善线路防雷、防冰、防风、防汛设施,提升配网设备抵

御极端天气的能力。同时在恶劣天气来临前开展专项隐患排查,提前做好电网避险准备,降低自然灾害引发的故障概率。(2) 严控外力破坏风险。常态化开展电力设施保护宣传工作,面向施工单位、社会群众普及电力设施保护知识与违规施工危害。强化市政施工、野外作业现场的电力设施监管,建立外力破坏隐患动态台账,对各类施工隐患、树障隐患实行闭环整改,从源头遏制施工挖线、车辆撞杆、树木碰线等外力破坏故障^[5]。(3) 完善应急抢修体系。优化配网故障应急抢修预案,针对不同故障类型、不同场景细化抢修流程与处置方案。配齐配足抢修物资、设备与应急机具,建立物资动态储备与更新机制。推行“先复电、后修复”的抢修模式,优先保障用户基本供电,再开展设备彻底检修,有效缩短故障停电时长,全面提升配网应急保供能力。

结束语

本文围绕配网运行可靠性开展系统性分析,归纳了网架、设备、运维、外部环境四大类核心影响因素,结合配网实际运行痛点构建了完整的可靠性提升优化体系。通过完善网架布局、落实设备全周期管理、推行精益化运维、强化外部风险防控,能够有效降低配网故障频次、缩短停电时长、提升自愈能力。研究结论可为配网日常运维、升级改造与故障防控提供理论支撑与实践指导。

参考文献

- [1] 许爱东,李昊飞.PCA-PSO-ELM配网供电可靠性预测模型[J].哈尔滨工程大学学报,2023,39(6):116-121.
- [2] 臧志斌,郑培昊,魏本海.配电网可靠性评估与优化系统重构算法[J].电信科学,2022,33(12):99-106.
- [3] 万凌云,张兴辉,杨群英.基于可靠性评估的配电网典型运行方式优选研究[J].企业管理,2024,20(S2):310-313.
- [4] 刘奶军.电力配网运行可靠性的主要影响因素及防范对策[J].中国新通信,2022,22(8):238-240.
- [5] 李曦东,刘兆文.电力配网运行可靠性的影响因素及对策分析[J].科技与创新,2023,9(23):162-166.