

分布式电源接入对35kV及以下配电网调度运行的影响与应对策略

侯 君

国网冀北电力有限公司滦南县供电分公司 河北唐山 063500

摘 要: 随着能源结构的调整和电力技术的发展,分布式电源在电力系统中的应用日益广泛。分布式电源接入35kV及以下配电网对其调度运行产生了多方面的影响。本研究旨在深入分析这些影响,并提出相应的应对策略。通过对分布式电源的特性、配电网的运行特点进行研究,结合实际案例,探讨了分布式电源接入对配电网潮流分布、电压质量、保护配置以及调度管理等方面的影响。在此基础上,从技术和管理层面提出了优化配电网规划、改进保护配置方案、加强调度管理等应对策略,以保障35kV及以下配电网在分布式电源接入后的安全、稳定、经济运行。

关键词: 分布式电源; 35kV及以下配电网; 调度运行; 影响; 应对策略

引言

在全球能源转型的大背景下,分布式电源以其清洁、高效、灵活等优势得到了广泛的关注和应用。分布式电源主要包括太阳能光伏发电、风力发电、小型水电、生物质能发电等。35kV及以下配电网作为电力系统的末端,直接面向用户,其运行的安全与稳定至关重要。分布式电源的接入改变了传统配电网的单电源辐射状结构,使其成为多电源的有源网络,这给配电网的调度运行带来了新的挑战和机遇。深入研究分布式电源接入对35kV及以下配电网调度运行的影响,并制定相应的应对策略,对于提高配电网的运行效率、保障供电可靠性具有重要的现实意义。

一、分布式电源的特点及接入方式

(一) 分布式电源的特点

分布式电源具有分散性、间歇性和随机性等运行特征,其出力受自然条件影响显著,呈现出明显的非线性和不确定性。以太阳能光伏发电为例,其发电功率直接受光照强度、云层覆盖、昼夜更替及环境温度等多重因素制约,在阴晴交替或日落时段尤为明显,导致输出功率波动剧烈,缺乏稳定的时序规律。风力发电则依赖于风速与风向的变化,而风能资源在时间和空间上的分布不均,进一步加剧了风电输出的不稳定特性。此类能源

形式的固有属性决定了其难以实现持续可控的电力输出,给电网调度带来较大的预测和调节难度。同时由于分布式电源通常接入配电网低压侧,其功率波动对局部电网电压稳定性的影响更为直接和显著。当前预测技术尚难以完全准确地模拟气象条件的复杂变化,使得分布式电源输出功率的短期与超短期预测误差仍处于较高水平,从而限制了调度机构对其发电能力的有效利用。这一现状在35kV及以下配电网中表现尤为突出,因其网络结构相对薄弱、调节手段有限,面对分布式电源大规模接入带来的出力不确定性,运行控制难度大幅增加。

(二) 分布式电源的接入方式

分布式电源的接入方式主要包括直接接入和逆变器接入两种类型。直接接入方式通常适用于同步或异步发电机形式的小型水电、生物质发电等,其输出为符合配电网频率与电压要求的交流电,可直接并网运行。而对于光伏发电、风电等间歇性能源,由于其原始输出为直流或频率不稳定的电能,必须通过电力电子变换装置——逆变器,将电能转换为与电网同步的交流电后方可接入配电网。逆变器接入不仅实现电能形式的匹配,还具备有功与无功功率调节能力,有助于提升电网稳定性。根据分布式电源的装机容量、地理分布及配电网结构特征,接入电压等级可选择10kV、35kV等不同层级。一般而言,小容量电源多采用低压侧接入模式,而较大容量的分布式电源则优先考虑中压等级接入,以降低线路损耗并优化潮流分布。接入点的选择需综合评估配电网承载能力、短路容量、保护配置及调度控制需求,确保系统安全稳定运行。

作者简介: 侯君,男,汉族,河北卢龙人,1989年9月出生,毕业于河北科技大学,本科,工程师,研究方向:35kV以下配电网调度运行。

二、分布式电源接入对 35kV 及以下配电网调度运行的影响

(一) 对潮流分布的影响

在传统 35kV 及以下电压等级的配电网中，网络结构呈单电源辐射状，潮流通常由变电站侧向负荷端呈单向流动。随着分布式电源的大规模接入，原有运行模式发生了显著变化。当某一节点处分布式电源的输出功率超过该区域本地负荷需求时，系统将出现功率盈余，导致电能由用户侧反向输送至上级电网，形成潮流双向流动的新格局。这一现象不仅改变了原有线路的功率分布特性，还可能造成部分线路传输功率超出其热稳定极限，从而引发电压越限、设备过载等安全隐患。潮流方向和大小的频繁变动会加剧网络损耗的不确定性，使调度人员难以通过常规手段进行有效调控。特别是在分布式电源渗透率较高的区域，局部网损甚至可能出现非线性增长趋势，进一步降低系统的整体运行效率与经济性。

(二) 对电压质量的影响

分布式电源接入对配电网电压质量的影响主要体现在电压波动与谐波畸变两个方面。由于分布式电源如光伏、风电等出力受自然条件影响显著，其功率输出具有间歇性与不确定性，导致接入点电压随出力变化产生频繁波动。在高渗透率区域，特别是在负荷低谷时段，分布式电源输出功率超过本地负荷需求时，将引起局部节点电压异常抬升，甚至超出允许偏差范围，威胁用电设备的安全运行与寿命。同时部分类型的分布式电源及电力电子变换装置在运行过程中会产生谐波电流，注入电网后造成电压波形畸变，降低供电电能质量。谐波还可能引发继电保护误判、通信干扰以及变压器与电缆过热等问题，进一步影响系统的稳定性和可靠性。因此，在分布式电源接入过程中，必须重视其对电压质量的影响，并采取有效的监测与控制措施以保障配电网安全、优质运行。

(三) 对保护配置的影响

传统 35kV 及以下配电网的保护配置通常基于单电源辐射状结构设计，其保护装置的動作逻辑与整定值均以正向潮流方向为依据。当分布式电源接入后，配电网结构由单电源模式转变为多电源模式，导致短路故障时故障电流的路径、幅值及方向发生显著变化。原有的保护判据难以适应新的运行特性，可能造成保护装置误判故障方向或无法正确识别故障区域，进而引发误动或拒动现象。在含有高渗透率分布式电源的系统中，反向短路电流的存在可能使上游保护装置感受到较大的故障电流，

超出其设定阈值，破坏原有选择性配合关系。亟需对现有保护方案进行调整与升级，提升保护系统的适应性和可靠性，以保障配电网在复杂运行条件下的安全性与稳定性。

(四) 对调度管理的影响

分布式电源的接入显著提升了配电网调度管理的复杂性与技术难度。由于其数量众多、分布广泛，且受自然条件影响显著，输出功率具有较强的间歇性与不确定性，给调度运行带来了较大挑战。调度机构需构建完善的分布式电源监测与预测体系，提升对各类电源出力特性的分析能力，实现对其运行状态的实时感知与功率预测精度的有效控制。同时为保障配电网在多种运行方式下的安全稳定，必须强化分布式电源与主网之间的协调控制机制，在满足系统频率调节、电压支撑等基本运行要求的基础上，优化调度策略与运行控制模式。随着电力市场化改革的深入推进，分布式电源的广泛接入也对市场交易机制和运行管理模式提出了新的要求，需建立高效的信息交互平台与协同调控机制，以实现源网荷协同运行与资源优化配置。

三、应对分布式电源接入对 35kV 及以下配电网调度运行影响的策略

(一) 优化配电网规划

在配电网规划阶段，必须系统评估分布式电源接入对网络结构与运行特性的影响。应基于区域负荷特性与电源分布格局，科学确定分布式电源的接入点及容量配置，避免局部电源集中导致潮流倒送、电压越限等问题。通过优化网架结构增强自愈供电能力，合理构建环网结构或多分段多联络接线模式，提升配电网对分布式电源波动性的适应能力。同时需结合地理环境与负荷增长趋势，预留分布式电源扩展空间，确保网架结构具备足够的灵活性与可扩展性，以支撑未来多元化电源的有序接入和高效协同运行。应在规划中引入多时间尺度仿真分析手段，综合考虑电源出力不确定性与负荷变化的耦合效应，优化配置储能系统与柔性调节设备，进一步增强配电网的运行韧性与资源协调能力，为新型电力系统的安全稳定运行奠定坚实基础。

(二) 改进保护配置方案

针对分布式电源接入对保护配置的影响，需对现有保护策略进行系统性优化。随着分布式电源渗透率的提升，传统固定定值的保护方式难以适应配电网运行状态的动态变化，易造成误动或拒动现象。采用自适应保护技术可有效提升保护系统的灵活性与准确性，该技

术通过实时采集配电网运行参数，结合故障电流识别算法，动态调整保护动作阈值与时间特性，从而增强保护装置对复杂运行工况的适应能力。为提升配电网在故障状态下的运行韧性，应推广分布式电源的故障穿越能力(FRT)，使其在短时电压跌落或频率偏移情况下维持并网运行，并向系统提供必要的有功与无功支撑，助力故障后系统恢复。在含高比例逆变型分布式电源的配电网中，还需考虑其短路电流输出受限特性，优化保护整定计算模型，引入基于广域信息的协同保护机制，以提升保护系统的整体可靠性与选择性。

(三) 加强电压管理

为应对分布式电源接入引起的电压波动问题，需系统性加强配电网的电压管理能力。通过配置动态无功补偿装置，如静止无功发生器(SVG)和有载调压变压器，实现对无功功率的快速调节与电压支撑。结合配电自动化系统，构建多层次电压监测网络，部署智能传感与边缘计算设备，实现电压运行状态的实时感知与异常预警。在分布式电源密集区域，引入基于本地协调与集中优化相结合的分层电压控制策略，利用逆变器剩余容量参与无功调节，提升电压控制精度与响应速度。同时建立电压-无功灵敏度模型，优化控制参数设置，确保电压控制系统的动态稳定性与调节一致性。

(四) 提高分布式电源的预测精度

提高分布式电源的预测精度对于配电网的安全高效调度运行具有决定性作用。由于分布式电源输出功率受气象条件影响显著，需依托高精度数值天气预报系统，获取温度、辐照强度、风速等关键参数，并结合地理信息系统实现空间插值与局地气象建模。在此基础上，引入基于深度学习与时间序列分析的混合预测模型，如长短时记忆网络(LSTM)与支持向量机(SVM)融合算法，提升短期与超短期功率预测的动态适应能力。同步构建涵盖历史出力数据、设备状态及气象变量的多源数据库，通过特征工程优化与模型迭代训练，增强预测系统的鲁棒性与泛化性能。推动电力调度机构与气象部门建立数据共享机制，实现分钟级气象数据更新与预测结果的闭环修正，进一步提升分布式电源功率预测的时间分辨率与空间匹配度，为配电网运行提供更精准的决策支撑。

(五) 加强调度管理和协调

加强配电网的调度管理和协调是应对分布式电源接入带来运行挑战的关键技术手段。构建具备数据采集、状态感知与智能决策功能的分布式电源调度管理平台，

可实现对各类分布式电源的集中监测与分级控制。平台应集成功率预测、运行监视、调度指令下发等功能模块，支撑调度人员基于分布式电源输出功率预测结果及配电网实时运行状态，动态优化发电计划与运行方式安排。进一步推进调度自动化系统与分布式电源监控系统的深度融合，提升信息交互效率与控制响应速度，确保调度决策的精准性与执行的有效性。应强化分布式电源与主网之间的协调运行能力，建立涵盖发电侧、配电网侧与主电网侧的多层级协同调控机制，通过灵活调节分布式电源出力、优化无功电压控制策略，提升系统整体的运行稳定性与调节一致性。推动调度管理由“被动接纳”向“主动引导”转变，依托市场机制与调控手段相结合的方式，实现资源优化配置与电力系统安全运行的双重目标，为高比例分布式电源接入下的配电网提供坚强支撑。

结论

分布式电源接入35kV及以下配电网对其调度运行产生了多方面的影响，包括潮流分布、电压质量、保护配置和调度管理等。这些影响给配电网的安全稳定运行带来了挑战，但同时也为配电网的发展带来了机遇。通过优化配电网规划、改进保护配置方案、加强电压管理、提高分布式电源的预测精度以及加强调度管理和协调等应对策略，可以有效降低分布式电源接入对35kV及以下配电网调度运行的负面影响，保障配电网的安全、稳定、经济运行。随着分布式电源技术的不断发展和应用，未来还需要进一步深入研究分布式电源接入对配电网的影响，不断完善应对策略，以适应能源转型和电力系统发展的需求。

参考文献

- [1] 卞明月. 分布式电源并网对于配电网的影响研究[J]. 中小企业管理与科技(中旬刊), 2019, (05): 153-155.
- [2] 黄闽. 分布式电源接入对供配电系统的影响及应对策略[J]. 光源与照明, 2024, (03): 162-164.
- [3] 李翠萍, 朱文超, 李军徽, 等. 分布式电源接入中压配电网的运行方案研究[J]. 东北电力大学学报, 2023, 43(04): 57-64.
- [4] 刘心瑜, 郭炳廷. 分布式电源接入配电网对电流保护的影响及应对策略[J]. 电工技术, 2021, (24): 47-50.
- [5] 张锦添. 海量分布式电源并网对配网调度的影响与应对策略研究[J]. 数字化用户, 2020, (30): 156-158.