

分布式电源接入配电网的优化配置及稳定性分析

刘 玺

内蒙古电力集团薛家湾供电公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

【摘要】：在能源结构往清洁化以及低碳化方向转型这样的背景下，分布式电源依靠灵活、高效、环保这些优势，在配电网当中的渗透率一直不断提升。然而分布式电源存在间歇性、随机性这类固有特性，它的不合理接入容易造成配电网电压出现波动、产生谐波污染、暂态稳定性降低等问题。这篇文章结合配电网实际的运行场景情况，分析分布式电源接入配电网的优化配置方面的原则以及实际操作方法，探究接入之后影响配电网稳定性的核心因素，有针对性地提出稳定性提升的策略，为分布式电源和配电网的协同高效运行提供实际操作方面的参考，帮助新能源消纳以及配电网安全运维。

【关键词】：分布式电源；配电网；优化配置；稳定性；协同运行

DOI:10.12417/3083-5526.25.06.012

1 引言

随着“双碳”目标的推进工作开展，风能、太阳能等分布式电源渐渐成为配电网升级的重要支撑力量，它就近供电、低损耗的特点不但缓解了传统集中式发电的输电压力，而且推动了能源供应的多元化发展。但是配电网原本的拓扑结构、调控模式都是基于传统电源来进行设计的，分布式电源的大规模接入打破了原本的功率流向以及平衡机制，再加上它的出力受到自然条件的影响很难精准地进行预判，给配电网安全稳定运行带来了许多挑战。优化分布式电源接入的配置、提升配电网抗干扰的能力，成为当前配电网运维管理的核心课题^[1]。这篇文章立足实际的应用场景，深入地剖析优化配置的要点以及稳定性的影响因素，提出切实可行的技术和管理措施，为基层电网运维提供指导帮助。

2 分布式电源接入配电网的优化配置

2.1 优化配置核心原则

经济性原则是配置的基础前提条件，需要全面考虑分布式电源全生命周期的成本和收益，包含设备购置、安装施工、日常运维等方面的成本，以及售电收益、网损节约效益等。在基层配置的时候，应该避免为了追求高渗透率而投入过高的改造费用，优先选择投资回收周期合理、运维方便的方案，比如农村配电网可以优先推广户用光伏分散接入的方式，减少集中改造的线路投入成本。可靠性原则需要满足配电网安全运行的要求，保证分布式电源接入之后不影响供电的连续性，符合 N-1 安全准则^[2]。配置的时候需要避免单一相线集中接入单相电源，防止某一相线负荷和出力失衡从而导致电压跌落，影响居民或者企业的正常用电；同时要保证分布式电源故障脱网的时候，配电网能够快速切换供电模式，避免出现大面积停电的情况。

2.2 关键配置环节方面的实际操作方法

进行接入位置的选择的时候，需要优先地去靠近负荷的中心，从而实现功率在就近的地方进行消纳，进而减少因为远距离传输所带来的电压损耗以及线损。对于城市的配电网而言，

像工业园区、大型商业综合体这类负荷密集的区域，可以集中地去接入中容量的分布式电源，直接去供给本地的负荷；农村的配电网的负荷是分散的，适宜采用小型电源分散接入的模式，接入点的选择要选在电压敏感性比较高、负荷波动比较大的线路区段，利用电源的出力来平抑局部的电压波动。同时需要避开线路老化、保护设备不足的区段，避免加重原本就存在的电网隐患^[3]。

进行接入容量的确定需要结合配电网的承载能力以及负荷的特性来综合地进行测算，既不可以过大从而导致电压超出限制，也不可以过小而造成资源的浪费。在实际操作当中可以通过潮流分析来预先判断不同容量接入之后的电网状态，明确各个接入点的最大允许的容量，对于多个分布式电源接入的区域，需要统筹协调各个电源的出力，避免局部功率叠加从而导致电压的抬升。例如郊区的配电网接入光伏电源的时候，需要考虑午间出力高峰的电压叠加问题，合理地控制单个接入点的容量，防止电压超出额定的范围。

2.3 配置优化的常用方法

在传统的配置方法之中，负荷矩法操作起来简便、适配性比较强，通过计算配电网的负荷分布情况，把分布式电源配置在负荷中心的附近，能够快速降低网损，适合农村、小城镇等简单的配电网。潮流计算法则是通过迭代分析不同配置方案之下的功率流动以及电压分布，精准地预先判断接入之后电网的运行状态，避免电压偏差、线路过载等问题，多用于城市复杂的配电网的配置优化^[4]。

智能算法在复杂的配电网配置当中的应用越来越广泛，粒子群优化算法、遗传算法等能够有效地应对分布式电源出力的波动以及多目标优化的需求。在实际操作当中可以结合两种算法的优势，兼顾收敛的速度以及求解的精度，例如针对多电源接入的工业园区配电网，通过混合算法来优化各个电源的接入位置以及容量，实现网损最小化、电压稳定性最优的双重目标。在基层的应用当中，可以借助简化版的智能算法工具，降低配置计算的技术门槛。

3 分布式电源接入对配电网稳定性的影响

3.1 对于电压稳定性的影响

电压稳定性是配电网稳定运行的核心指标，分布式电源的出力波动容易导致电压的波动以及偏差。光伏、风电等电源的出力受到光照、风速的影响很剧烈，出力突然增加的时候会使接入点以及周边节点的电压抬升，出力突然下降的时候会导致电压跌落，频繁的波动不仅会影响精密用电设备的正常工作，还会缩短电网设备的使用寿命。

接入的位置以及容量方面不合理的情况会让电压分布不均匀的状况加剧。要是电源进行接入的位置距离负荷中心比较远并且容量相对较大，在出力处于高峰的时候，接入点附近的电压会变得过高，然而负荷端的电压则会偏低；当多个电源分散着进行接入的时候，要是缺乏协同的调控，就有可能出现电压叠加或者抵消的现象，从而导致局部的电压超出标准。除此之外，分布式电源和配电网之间进行无功功率的交换会让原有的无功分布发生改变，部分电源在运行的过程当中需要吸收大量的无功功率，要是得不到及时的补偿，就会进一步让接入点的电压降低，使得电压调节的难度增加。

3.2 对于暂态稳定性所产生的影响

暂态稳定性和配电网应对故障的能力是有关系的，分布式电源进行接入让配电网的短路电流水平以及故障响应特性发生了改变，给暂态稳定带来了挑战。传统的配电网短路电流主要是由上级电网来提供的，分布式电源接入之后增加了短路电流的来源，在发生故障的时候短路电流会增大，很容易导致故障点附近的电压急剧下降，要是电源不能及时进行脱网保护，就有可能因为过流而让设备受到损坏，进一步破坏功率平衡。不同类型的分布式电源的故障响应特性有着比较大的差异，同步发电机型电源的短路电流能力比较强，但是响应速度比较慢；逆变器型电源的短路电流能力比较弱，不过能够快速响应。要是控制策略不合适，逆变器型电源在故障期间可能会对电压恢复起到阻碍作用，同步发电机型电源则可能因为过流而脱网，让暂态不稳定的状况加剧。

3.3 其他影响稳定性的因素

谐波污染会间接地对配电网稳定性产生影响，分布式电源的逆变器、变流器等电力电子设备在运行的时候，会产生特征谐波，这些谐波注入电网之后会导致电压出现畸变，增加线路的损耗，甚至会干扰电网保护装置的正常工作，引发误动作。单相分布式电源集中进行接入还会导致三相负荷不平衡，不仅会增加线损，还会让配电变压器过热，降低设备运行的稳定性。频率稳定性受到分布式电源出力波动以及调控能力的影响，传统配电网的频率主要是由上级电网进行调控的，分布式电源接入之后，出力的随机性让电网功率平衡的难度增加，尤其是在高渗透率接入的场景之下，电源集体脱网可能会引发频率突然

变化，超出电网调节的范围，影响系统的稳定运行。

4 提升分布式电源接入配电网稳定性的策略

4.1 优化无功补偿与电压调控

无功进行补偿是开展治理电压出现偏差的起到关键作用的手段，需要开展结合配电网存在的负荷特性以及电源具有的类型，把无功补偿装置进行合理地配置。负荷以及电源出现出力波动比较小的区域，可以把并联电容器组这类静态无功补偿装置进行配置，具有成本低、运维方便快捷的特点；新能源具有的渗透率比较高、出力出现波动非常剧烈的区域，应该把静止无功发生器、静止无功补偿器这类动态装置加以采用，对电压出现的变化进行迅速响应，对无功功率进行精确调节，把电压出现的波动控制在合理的范围之内。对电压调控策略进行优化，开展结合变压器分接头进行调节以及分布式电源开展协同控制，实现电压进行分层调控。借助能量管理系统对电源出现的出力以及负荷出现的变化进行实时监测，自动对无功补偿装置具有的运行状态以及变压器分接头所处的位置进行调整，保证各个节点的电压保持稳定。同时能够利用分布式电源自身具备的无功调节能力，对控制策略进行优化，让电源在出力出现波动的时候同步对无功输出进行调整，辅助让电压保持稳定。

4.2 对暂态保护以及故障应对进行强化

把暂态保护机制进行完善，按照分布式电源具有的类型对保护定值以及脱网策略进行优化，防止在故障出现的时候引发连锁性反应。针对逆变器型的电源，把低电压穿越能力进行优化，保证在故障存在期间电源不会盲目地进行脱网，等到电压恢复之后迅速进行并网；针对同步发电机型的电源，加强过流保护以及励磁调节，防止设备出现损坏。同时把快速故障隔离装置进行配置，在故障出现的时候迅速把故障区段进行隔离，把影响范围进行缩小，为电压恢复创造条件。对储能协同运行技术进行推广，把分布式电源出现的出力波动进行平抑，提升暂态具有的稳定性。储能设备在电源出力达到高峰的时候把多余的电能进行吸收，在出力处于低谷的时候把电能进行释放，既能够缓解电压出现抬升以及跌落的问题，又能够在故障出现的时候提供应急供电，维持局部功率保持平衡。在实际操作之中可以结合应用场景来对储能类型进行选择，锂电池储能具有的响应速度比较快，适合城市配电网；飞轮储能具有的寿命比较长、维护成本比较低，可以用于工业园区配电网。

4.3 对谐波污染以及三相不平衡进行治理

采用有源滤波器以及无源滤波器进行配合的方式来对谐波污染进行治理，无源滤波器对特定次数的谐波进行吸收，成本相对较低；有源滤波器能够动态地对宽频域谐波进行抑制，适合复杂的谐波场景。在分布式电源接入口以及精密负荷较为集中的区域，把两种滤波器进行联合配置，把总谐波畸变率控制在国家标准所规定的范围之内，避免对电网设备的运行

产生干扰。针对三相不平衡的问题，合理地单相分布式电源的接入位置进行规划，把各相线的接入容量进行均衡分配，避免单一相线的负荷过于沉重。对于已经出现不平衡的区域，把三相平衡装置进行配置，实时对各相电流进行调节，把不平衡度进行降低。在农村配电网之中，可以通过分散布置用户光伏，引导用户均衡地接入不同的相线，从源头之处减少不平衡的问题。

4.4 把运维管理进行完善并对智能调控予以加强

对分布式电源接入方面的标准化管理加以强化，将统一的接入技术规范制定出来，把接入容量、保护配置、控制策略等这些要求明确好，防止因为不合规接入而带来稳定性方面的隐患。基层电网企业应当严格地执行接入验收流程，对电源设备质量以及接入方案合理性开展全面的核查工作，保证符合配电网运行方面的要求。对配电网智能化改造进行推进，把覆盖电源、线路、负荷的实时监控系系统搭建起来，运用大数据、边缘计算技术准确地对分布式电源出力以及负荷变化进行预判，达

成动态调控。借助智能调度平台全面统筹协调各分布式电源、储能设备以及无功补偿装置的运行状态，及时将电压异常、谐波超标等问题发现出来，让自动调节或告警机制触发，使运维效率以及应急处置能力得到提升。与此同时对运维人员技能培训加以强化，让对新型电网结构的调控以及故障处理能力得到提升。

5 结语

分布式电源接入配电网属于能源转型的必然趋势，它的优化配置以及稳定性保障直接和配电网的安全高效运行以及新能源的充分消纳有关系。当前，分布式电源的间歇性、随机性和配电网固有特性的矛盾依然比较突出，需要通过科学的配置方案、精准的技术调控以及完善的运维管理，把运行风险化解掉。在实际操作当中，应当立足于不同配电网场景的实际需求，同时兼顾经济性以及可靠性，对接入配置进行优化，对稳定性治理加以强化，推动分布式电源和配电网实现深度融合。

参考文献:

[1] 申伟杰.配电网分布式电源接入的自动化协调控制技术研究[J].科技与创新,2026,(01):137-139.
 [2] 王祥图,徐浩然.分布式电源接入增量配电网的影响与消纳机制[J].光源与照明,2025,(12):131-133.
 [3] 刘倩玉.基于分布式电源接入的配电网灵活调度方法[J].光源与照明,2025,(12):158-160.
 [4] 樊凯锐,任丽佳,叶克.计及高比例分布式电源接入的配电网集群划分与优化调度策略[J].现代电力,1-11.