

分布式光伏并网对配电网电压波动的影响及抑制措施分析

王 新

陕西光伏产业有限公司 陕西 西安 710075

【摘 要】：分布式光伏并网在助力能源结构转型、达成碳减排目标方面发挥着积极作用，但其出力所具备的随机、间歇特性，极易对配电网电压造成显著扰动，具体呈现为电压偏移、闪变以及三相电压失衡等状况，极端情况下会损害配电网的供电稳定性，对用户的用电品质构成威胁。围绕这一现实挑战，本研究立足分布式光伏并网的运行特质与配电网的结构属性，深入解析电压波动的形成机制，精准锁定光伏出力变动、并网点位以及配电网阻抗分布等关键影响要素，据此提出具备针对性的抑制策略。实践证明，该策略可有效减轻光伏并网引发的电压干扰，保障配电网实现安全、稳定、高效的运行状态，为分布式光伏大规模并网背景下的配电网电压调控，提供具有理论价值与实践指导意义的参考依据。

【关键词】：分布式光伏；并网；配电网；电压波动；抑制措施

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.043

1 分布式光伏并网对配电网电压波动的影响及产生机理

分布式光伏并网给配电网电压带来的波动，根源在于其出力特性的先天属性与配电网自身结构的局限，相关作用机制紧密关联光伏出力波动、并网点位选取以及配电网阻抗的分布特征。光伏出力受光照强度、环境温度等自然因素约束，天气变化会使其呈现显著的随机与间歇特征，出力的突然增减会造成配电网内部功率潮流的急剧变化，原有功率供需平衡状态被打破，节点电压随之出现偏移、闪变等波动情况^[1]。配电网采用辐射型结构，这一特点使其电压调节能力受到制约，若光伏并网位置靠近负荷终端，功率传输路径延长，线路阻抗引发的损耗随之加重，电压波动的幅度也会相应扩大；此外，光伏逆变器的控制方式与响应效率，同样会作用于电压波动的幅度及持续时长，逆变器调节滞后时，电压波动难以快速恢复稳定，长期下去不仅会降低配电网的供电品质，还可能干扰电网设备的正常运转。

2 分布式光伏并网配电网电压波动的抑制措施

2.1 优化光伏并网位置与容量配置

科学选定分布式光伏并网点位、合理规划并网容量规模，是从源头抑制电压波动、保障配电网平稳运行的关键路径。结合配电网拓扑结构特征与区域负荷时空分布规律，优先将光伏电站接入负荷密度较高、线路阻抗相对较小的节点，能够有效缩短功率传输路径，降低线路传输损耗，进而减小电压波动幅度。并网容量配置需综合考量配电网调压能力、负荷波动规律及线路承载上限，避免光伏出力超出系统接纳能力引发电压越限。通过实现光伏出力与本地负荷需求的

动态匹配，可弱化功率潮流突变幅度，改善电压偏移状况。采用集群化并网模式，依托多光伏单元间出力互补与协同运行，可平抑单体设备波动带来的扰动，进一步提升配电网电压整体稳定性，为分布式光伏有序接入奠定基础。

2.2 采用主动电压调节技术

主动电压调节技术依托配电网电压运行状态的实时感知与监测，通过动态调节相关电力设备工作参数，实现对电压波动的精细化管控。光伏逆变器作为分布式光伏并网的核心接口设备，可通过改进控制算法与调节模式，显著提升电压响应与调节速率，在配电网电压出现偏移或波动时，迅速调节无功功率输出，精准补偿电压偏差，促使电压快速回归稳定区间^[2]。同时，在配电网关键节点配置静止无功补偿装置、SVG等柔性输电装备，可依托其快速响应特性，实时吞吐无功功率，抑制电压闪变与三相不平衡现象，尤其在光照突变引发光伏出力剧烈波动工况下，能够有效约束电压波动范围，保障配电网电压始终处于标准允许区间，为分布式光伏可靠并网提供动态支撑。

2.3 完善配电网网架结构与运维管理

配电网网架结构的科学合理性，直接决定电压波动的传播程度与抑制效果，通过对现有配电线路开展技术升级与改造，可有效降低线路阻抗、增强输电能力，从硬件层面削弱光伏出力间歇性波动对节点电压的冲击。合理增设配电变压器并优化分接头调节机制，能够提升配电网全局调压灵活性，在光伏出力快速变化时，可借助分接头档位调整及时修正电压偏差，维持系统电压水平稳定。同时，应建立健全专业化运维管理体系，强化对光伏并网设备、配电线路及关键节

点的全天候在线监测,精准识别线路损耗异常、设备工况劣化等潜在风险,快速处置故障隐患,保障整体系统持续可靠运行。通过网架硬件升级与运维管控双管齐下,可从根源上降低电压波动风险,为分布式光伏规模化、安全化并网提供稳固的电网基础。

3 分布式光伏并网配电网电压波动抑制效果验证

3.1 验证模型搭建与参数设定

验证环节以典型辐射型配电网为研究载体,结合实际配电网拓扑结构、运行特性及分布式光伏规模化并网特征,构建高精度仿真模型,确保模型拓扑、元件参数与现场运行工况高度契合。模型完整集成光伏组件、并网逆变器、配电线路、配电变压器及居民、工业等多类型负荷,精细化设定光伏光电转换效率、逆变器控制策略、出力响应特性等核心参数,真实复现光照强度、环境温度动态变化下的光伏出力波动规律。同时精准整定配电线路阻抗参数、节点负荷时序分布及功率因数等关键运行参数,还原光伏并网后配电网潮流分布与电压变化特征。建模过程严格遵循配电网安全运行规范,科学布设电压波动监测节点,重点聚焦光伏并网点、负荷密集节点及关键枢纽节点,为后续电压波动抑制策略的有效性验证提供可靠、精准的仿真基础。

3.2 基于不同抑制措施的验证测试

针对前文提出的三类抑制手段,分别开展独立验证与联合验证测试,保证验证结论具备全面性与精准性。在并网位置与容量配置优化验证环节,将光伏电站接入不同节点,比对各类并网点位下电压波动表现,明晰合理选址对波动的抑制效能;同步调整并网容量,观测电压波动幅值的改变趋势,检验容量配置方案的科学程度^[3]。在主动电压调节技术验证环节,检测逆

变器控制策略优化与静止无功补偿装置投运后的电压反馈状况,跟踪电压波动的平复速率与幅值变动。在网架结构完善与运维管理验证环节,比对线路改造前后阻抗参数及电压波动数据,检验网架升级与运维管控的实际应用价值。

3.3 验证结果分析与结论

结合验证测试过程中采集的电压波动数据,系统剖析各类抑制措施的作用效能,明确不同措施的适用场景与实际成效。测试数据表明,并网位置与容量配置的优化可有效削减功率潮流的突变现象,降低电压波动的幅值;主动电压调节技术能够快速响应电压变化,缩短电压波动的持续时长,遏制电压闪变问题;网架结构的完善与运维管理的强化可提升配电网抵御波动的能力,减少电压波动隐患的产生。各类措施的协同运用可进一步增强抑制效果,将配电网电压波动有效控制在允许区间内,这一结果证实了所提出抑制措施的可行性与实用性,为分布式光伏并网配电网的电压调控工作提供了切实可行的实践参考。

4 结语

本文围绕分布式光伏并网引发的配电网电压波动问题,结合其出力随机间歇特性与配电网辐射型结构局限,剖析电压波动形成机理与核心诱因,明确出力变化、并网点位、阻抗分布及控制策略等关键因素。在此基础上,从并网配置优化、主动电压调控、网架完善与运维管理强化构建多元协同抑制体系,经仿真验证,各类措施在平抑电压波动、提升供电稳定性方面具备实用价值与可行性。分布式光伏规模化接入对配电网管控提出更高要求,多措施协同可为高效并网提供技术支撑,推动可再生能源与配电网安全兼容发展,助力电力系统清洁高效转型,为大规模光伏并网电压调控提供实践依据。

参考文献:

- [1] 孙筵翔.分布式光伏发电并网对配电网电压影响分析[J].电子制作,2025,33(22):103-106.
- [2] 廖志坚.基于分布式光伏并网的电压稳定性提升方法及其应用[J].光源与照明,2025,(12):155-157.
- [3] 张运庆.分布式光伏与配电网协同调控的电压波动抑制策略研究[J].张江科技评论,2025,(08):113-115.