

分布式光伏接入对低压配电网电能质量的影响及治理

作者：张春森

身份证号：530324199701142119

摘要：双碳目标推进背景下，分布式光伏发电凭借清洁低碳、安装灵活、就地消纳的优势，广泛接入城乡低压配电网，有效优化了传统能源供给结构，缓解了电网供电压力。但分布式光伏出力具有间歇性、波动性与随机性特征，大规模分散并网会打破低压配电网原有运行平衡，诱发电压波动、谐波污染等电能质量问题，影响电网稳定运行与用户用电安全。本文系统分析分布式光伏并网带来的各类电能质量干扰，梳理当前光伏并网电能质量治理工作的现存短板，结合行业技术实践，探究科学有效的综合治理措施，旨在提升低压配电网光伏消纳能力与电能质量水平，为新型电力系统下分布式光伏规模化并网运维提供参考。

关键词：分布式光伏；低压配电网；电能质量；并网影响；治理措施

一、引言

随着新能源技术不断普及，居民屋顶、厂区屋面分布式光伏装机规模持续扩增，低压配电网从传统单向供电模式逐步转变为源网荷互动的双向供电模式。大量分布式光伏分散并网，彻底改变了低压配电网潮流分布规律，给电网电能质量管控带来全新挑战。

相较于高压集中式光伏电站，低压分布式光伏单点容量小、接入点位分散、出力随机性强，管控难度更高。不规范的并网方式与波动的发电出力，极易造成台区电能质量指标超标，引发设备故障、用电异常等问题。因此，深入剖析分布式光伏并网对低压配电网的影响机理，完善电能质量治理体系，对保障配电网安全经济运行、推动新能源良性发展具有重要意义。

二、分布式光伏并网对低压配电网电能质量的主要影响

（一）引发电压波动与电压越限

光照强度的实时变化会导致光伏出力频繁波动，进而造成配电网节点电压动态起伏，晴天正午光伏大发时段易出现末端电压偏高越限，阴雨、夜间无出力时段电压偏低，电压稳定性大幅下降。大规模分布式光伏接入配电网后，反向潮流会抬升线路末端电压，是造成低压台区过电压问题的核心诱因。电压频繁波动会降低用电设备运行稳定性，长期电压越限还会加速线路、变压器绝缘老化，缩短设备服役寿命。

（二）产生谐波污染问题

分布式光伏并网需依托逆变器完成交直流转换，电力电子器件工作过程中会产生大量谐波与间谐波，注入低压配电网。光伏逆变器开关频率变换产生的高次谐波，会叠加在电网基波之上，造成电压波形畸变。谐波超标会增加电网线路损耗与变压器损耗，引发设备发热、噪音增大等问题，严重时会影响精密用电设备正常工作，影响用户用电质量。

（三）加剧三相负荷不平衡

城乡低压分布式光伏多为用户自发安装，并网接入较为随意，多数存在单相不均衡接入、各相光伏容量配比失衡的问题。光伏无序并网会打破台区原有三相负荷平衡状态，增大三相电流差值。三相不平衡度超标，会提升配电变压器损耗，造成变压器偏相运行，同时诱发零序电流，增加线路漏电、故障跳闸风险。

（四）增大配电网线路损耗

低压配电网原本为单向供电设计，光伏并网形成的双向潮流、谐波扰动与三相不平衡问题，会大幅增加线路有功、无功损耗。光伏出力波动引发的潮流反复变化，会让电网运行工况持续处于不稳定状态，进一步加剧电能损耗，降低配电网运行经济性。

三、当前电能质量治理工作现存问题

（一）并网管控标准执行不严

部分小型分布式光伏项目并网施工不规范，未严格执行并网技术标准，逆变器质量参差不齐，老旧低效设备并网运行，持续向电网注入谐波扰动。同时基层

并网验收流程简化,缺乏对电能质量的全面检测,导致不合格光伏设备并网运行,遗留长期电能质量隐患。

(二) 监测体系智能化不足

目前多数低压台区缺乏全覆盖的电能质量实时监测设备,无法动态捕捉电压波动、谐波畸变、三相不平衡等数据。运维人员难以精准定位异常点位与扰动成因,只能依靠故障后被动整改,无法实现电能质量问题的提前预判与主动治理。

(三) 治理手段单一滞后

传统治理多采用单一无功补偿、电容投切等基础手段,仅能小幅调节电压与功率因数,无法针对性解决谐波污染、动态电压波动、三相不平衡等复合型问题。治理设备与光伏出力动态适配性差,难以应对光伏随机波动带来的持续电能扰动。光伏出力的间歇性与不确定性,使得传统静态治理设备难以匹配动态电网工况,治理效果大打折扣。

四、分布式光伏电能质量综合治理优化措施

(一) 规范光伏并网建设与验收管理

严格落实分布式光伏并网技术规范,统一并网设备标准,淘汰老旧低效、谐波超标的逆变器设备。强化光伏并网前验收检测,对电压偏差、谐波畸变率、三相平衡度等指标开展全面检测,杜绝不合格项目并网运行。同时规范三相接入布局,均衡分配各相光伏容量,从源头降低三相不平衡问题发生率。

(二) 搭建智能化动态监测体系

在光伏集中并网台区加装电能质量在线监测终端,实时采集电压、电流、谐波、不平衡度等运行数据,依托大数据平台实现数据汇总分析、异常自动预警。通过智能化监测精准锁定扰动源,为电能质量治理、光伏运维管控提供数据支撑,实现从被动整改向主动防控的转型。同时可建立台区光伏数据台账,长期统计出力波动与电能质量变化规律,为后续治理方案迭代优化提供可靠的数据支撑。

(三) 应用多元化智能治理设备

替换传统单一治理设备，采用有源电力滤波器、动态无功补偿装置、三相不平衡调节装置等智能设备，适配光伏动态出力特征。有源电力滤波器可实时抵消电网谐波，动态无功装置能够快速响应电压波动，精准调节电网无功功率，多设备协同治理可全方位优化台区电能质量指标。这类智能化治理设备具备响应速度快、适配性强、可动态调节的优势，能够跟随光伏出力实时变化自动调整运行参数，彻底弥补传统静态治理设备的缺陷，大幅提升电能质量治理的精准度与时效性。

（四）优化电网运行调度策略

结合光照、气象数据预判光伏出力变化规律，优化台区负荷调度与潮流分布。合理配置分布式储能设备，在光伏大发时段储能消纳多余电量，抑制电压越限；在光伏低谷时段释放电量，稳定电网电压，平抑出力波动，实现源网荷协同优化运行。同时，可依托智能配电台区控制系统，实现负荷侧柔性调控，引导用户错峰用电，在光伏出力高峰期提升就地消纳比例，减少反向潮流对电网的冲击。通过源、网、荷、储多主体协同联动，有效平抑光伏出力随机性波动带来的电能质量扰动，进一步提升配电网运行的稳定性与经济性。

五、结语

分布式光伏规模化并网是新能源发展的必然趋势，其出力波动、无序接入带来的电压扰动、谐波污染、三相不平衡等问题，是影响低压配电网电能质量的核心因素。当前传统治理模式存在管控松散、监测滞后、手段单一等短板，难以适配光伏并网后的复杂电网工况。唯有从并网管控、智能监测、设备治理、调度优化多维度发力，构建全方位、动态化的电能质量治理体系，才能有效化解光伏并网带来的电网扰动问题，持续提升低压配电网运行稳定性与电能质量，助力分布式光伏产业与配电网安全、高效、协同发展。

参考文献

- [1] 殷菲,胡波,刘经纬. 基于配电自动化系统的分布式光伏并网控制策略研究[J]. 电工技术,2025(06):68-70.

[2] 王乔. 配电网分布式光伏接入的电能质量治理技术研究[J]. 电力技术研究, 2025(12): 36-39.

[3] 周念成, 王扬. 大规模分布式光伏接入低压配网电能质量问题及治理对策[J]. 电网技术, 2024, 48(05): 1562-1568.

[4] 李鑫, 陈亮. 低压台区分布式光伏并网三相不平衡治理技术[J]. 农村电气化, 2025(03): 42-44.