

分布式光伏接入对配电网调控运行影响分析

彭海恩

国网四川省电力公司广元供电公司, 四川 广元 628000

摘要 : 分布式光伏发电属于代表性的新能源发展方式, 发电量逐年增长, 大规模接入配电网即便能够缓解供电压力, 但配电系统多电源供电的特性, 使其面临着更大的不确定性, 增加电压波动几率, 或是出现电流谐波、孤岛效应等现象, 影响到电网运行稳定性。文章主要围绕分布式光伏接入背景下, 对于配电网调控运行的负面影响展开分析, 提出一系列应对策略提供参考。

关键词 : 配电网; 调控运行; 分布式光伏; 设备检修; 电压波动

Analysis of the Impact of Distributed Pv Access on the Regulation and Operation of the Distribution Network

Peng Hai'en

State Grid Sichuan Electric Power Company, Guangyuan, Sichuan 628000

Abstract : Distributed photovoltaic power generation belongs to the representative of new energy development mode, capacity increased year by year, large-scale access to distribution network even can alleviate the power supply pressure, but the characteristics of the power distribution system, make it facing greater uncertainty, increase the voltage fluctuation, or current harmonic, island effect, affect the stability of the grid operation. The paper mainly focuses on analyzing the negative impact of the regulation and operation of the distribution network under the background of distributed photovoltaic access, and puts forward a series of coping strategies to provide reference.

Keywords : distribution network; control operation; distributed photovoltaic; equipment maintenance; voltage fluctuation

新能源发电是当前电力事业发展的一个主要方向, 由于太阳能的可再生性, 并且不会对环境产生污染, 因此该技术具有强大的潜力。随着我国光伏发电规模扩大, 光伏发电量大幅度增加, 出现了产能过剩的问题。为了有效消纳光伏发电量, 分布式光伏开始大规模并网, 但是对配电网的运行稳定性带来了一定负面影响。分布式光伏接入配电网, 配电网原本的单一辐射状供电模式转变成多电源灵活配电体系, 如何有效减少分布式光伏接入带来的负面影响, 还需要进一步加强管控, 为电网安全稳定运行提供保障。

一、分布式光伏并网分析

(一) 分布式光伏电源的特点

分布式光伏电源是一种代表性的清洁能源发电方式, 强调转化太阳能为电能, 进而输送到发电系统中, 起到电源的功能作用。此种分布式发电系统涵盖了逆变器、太阳能电池板以及控制器等部件。就分布式光伏电源来看, 其特征可以归结为以下几点: ①绿色环保。分布式光伏电源运行中所产生的噪音微乎其微, 并且对于水资源和大气环境等也不会产生负面影响。②输出功率较低。结合现有实践经验来看, 分布式光伏系统大多是几千瓦的容量, 太阳能发电站规模与发电效率之间的联系并不强, 相应的不会对经济效益产生过大的影响。③缓解用电压力。分布式光伏发电能够减少化石能源发电的资源压力, 解决区域用电紧张问题, 但是由于光伏发电能量密度较低, 并且太阳能电池安装的位置条件要求较高, 使得这一问题未能从源头上彻底解决^[1]。④发电用电同步。分布式光伏接入配电网后, 能够实现发电和用电同

步展开, 实现部分能源就地消纳。

(二) 分布式光伏接入方式

分布式光伏主要是以太阳能为发电能量, 接入配电网后, 保持10kV或以下的电压运行, 同配电网相互补充, 能够有效改善部分区域的用电压力。在分布式光伏接入配电网期间, 要求控制单向并网整体装机容量在6MW以内^[2]。

二、分布式光伏接入对配电网调控运行的影响

分布式光伏并网后, 部分电能可以就地消纳, 在白天用电高峰阶段, 分布式光伏量较大, 并网后可能有效改善电网系统运行压力, 带来更为理想的效益。但带来积极影响同时, 也为配电网调控运行带来了一定的负面影响^[3]。分布式光伏系统是配电网间歇式能源补充方式, 如果配电网运行负荷增加, 借助分布式光伏系统储能装置, 能够为配电网系统提供部分负荷支撑, 显著提高用户供电稳定性和可靠性。但分布式光伏系统接入配电网后, 配电

网结构转变为遍布电源有源系统结构，一旦系统的接入位置、接入量和运行方式等存在变化，将会对配电网的稳态运行带来负面影响。故此，应该深入研究分布式光伏接入对配电网调控运行的负面影响，便于后期制定合理有效措施予以防控，将这种负面影响降到最低。具体表现在以下几点。

（一）电流保护

分布式光伏接入后，配电网中的电流量会受到影响，一旦配电网故障问题，距离故障点区域较近的线路的电流会随之增加，达到了系统极限时容易出现误动问题。如果故障点处于光伏和保护中间区域，短时间内会导致短路电流暴涨，保护电流速度增加^[4]。如果故障点在光伏下方，会导致保护电流有所下降，对于系统故障问题保护装置反应迟钝，可能导致设备受损。分布式光伏系统容量在标准值以上，为了避免过电流冲击影响，则会保护性跳闸。如果保护电流值持续增加，将会对下一级线路带来负面影响，影响范围扩大，进一步诱发跳闸故障。

（二）电能质量

分布式光伏接入配电网后，对于电能质量的影响尤为明显。一般情况下，分布式光伏主要是采用逆变的方式接入到配电网，其输出的直流电通过逆变转化成交流电，这个过程中会出现谐波。随着分布式光伏电源大规模并网，谐波分量将会进一步增加，加剧谐波污染问题，对于电网电能质量产生负面影响。而且光伏发电单元频繁启停，配电路径负荷潮流也会随之增加，使得电压调整难度变大。一旦线路出现故障问题，变电站侧断路器会快速跳闸，线路重合闸的时间短于光伏供电解列时间，则导致光伏电源无法及时跳开，系统侧和光伏侧未能同步合闸，此种情况所产生的冲击电流破坏性较大，不仅会诱发继电保护误动，还会损坏光伏侧设备。另外，系统侧断路器跳闸后，故障点与其绝缘，光伏侧如果未能同故障点绝缘，光伏侧将会继续供电给故障点，无法正常重合闸。

（三）电压分布

分布式光伏接入配电网，使得无法精准预测发电投入和退出时的功率输出变化，使得电压分布产生变化，一定程度上增加了配电网线路电压调控难度。配电网调压时，大多是依据高压侧朝着低压侧单向流动进行调控，但由于分布式光伏发电量的增加，大规模并网后使得潮流出现反向流动趋势，受到馈线阻抗压降影响，负荷侧电压远远强于母线电压，加剧线路过载和电压升高等问题。对于部分农村地区电网系统而言，架空线路较细、过长、阻抗大，容易存在电压过高问题，电网线路运行过载。

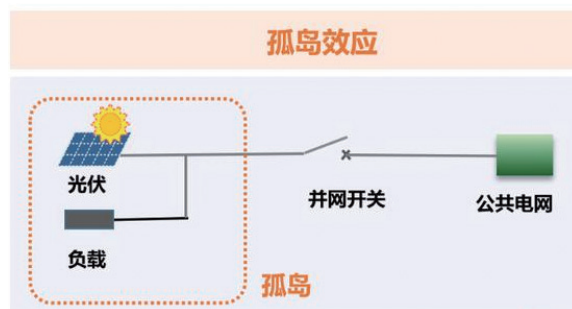
（四）系统运行稳定性

分布式光伏大规模接入配电网时，存在无功不能发的情况，系统整体电压稳定性下降明显。一般情况下，电力分布功率因数保持在0.98 ~ 0.99，部分水电厂或是风电厂装机容量较大，无功功率偏低，将影响到电网电压稳定性。以往配电网的设计规划中，并未考虑到后期分布式电源的接入需求，随着大规模分布式电源并网，使得电网潮流分布和功率走向等发生转变，而且发电量增加，可能导致电网潮流和电压越界，威胁到电网运行稳定性。未来电力系统容量将持续增加，这种不稳定性将进一步加

剧，亟待解决。

（五）孤岛效应

光伏发电装置如果处于断点状态，但是正常的传输电量，说明系统存在孤岛效应，这一问题风险较大，可能会威胁到维修工作人员人身安全，如图1。即便目前配电网所使用的逆变器具有防孤岛功能，但逆变器质量可能无法得到有效保障，因此无法完全保障人员安全。分布式光伏接入配电网后，应确保至少两套以上逆变器具有防孤岛检测功能。另外，分布式光伏采用10kV电压接入配电网，要检查并网点与开断设备要求是否保持一致。



> 图1 孤岛效应

三、分布式光伏接入配电网后的应对策略

（一）强化日常调度管理和防孤岛保护

光伏电站运行中，为了保障系统运行安全，应该交由专业技术人员管控电站运行，听从系统整体的调度指令，禁止出现调度指令延迟执行。光伏发电具有随机性和间歇性特点，在不同程度上影响到电压水平、潮流分布和网损等参数，增加配电网调度运行难度。可以引入先进监测系统，实时监测分布式光伏发电功率，能够帮助调度运行人员及时掌握光伏电源输出情况，动态调整配电网的运行策略。依托于及其学习技术和大数据技术，提高数据信息的预测精度，为系统调度运行决策提供参考支持。结合分布式光伏发电特性，制定灵活的调度运行策略，尤其是光伏发电高峰阶段，应该适当的减少电源输出量，保障电网供需关系平衡稳定。加强配电网潮流控制，采用投切电容器或是变压器分接头调整等方式，实现电压合理化分布，最大程度上减少网损^[5]。

孤岛效应出现，将会影响到电网运行安全，切断配电网和分布式光伏电源联系，影响到分布式光伏电源有效管控，情况下诱发重大安全事故，做好防孤岛保护很有必要。因此，安装专门的防孤岛保护装置，可以实时监测电网和光伏电源频率、电压等参数，检测到有孤岛效应时，防孤岛保护装置会快速发出跳闸信号给断路器，切断配电网和光伏电源联系，最大程度上保障人员和设备安全。除此之外，也可以选择低电流保护、过电流保护和逆功率保护等参数，发生孤岛效应时保障电源及时切断，避免对抢修人员生命安全带来威胁。定期检修和测试防孤岛保护装置，提高装置运行稳定性。

（二）调度人员规范操作行为

为了实现光伏电能充分消纳，实现分布式光伏安全接入配电网，应进一步规范调度人员的操作行为，严格遵循操作规程，运

用先进的调控技术手段处理，为调控运行安全稳定提供坚实保障。因此，要明确配电网调控运行要求，制定科学合理的操作规程，明确具体注意事项，并且在后期持续修订和完善操作规程，使得操作人员尽快适应新的调控环境。定期组织调度人员参加专业培训，学习配电网调控运行原理、分布式光伏发电技术和设备操作等内容；提高调度运行人员的电网事故处理和配电网安全规程等教育，提高调度运行人员的应急处置能力，在出现问题时减少损坏。同分布式光伏电站运维人员交流沟通，彼此之间形成紧密协作关系，灵活有效应对分布式光伏接入带来的负面影响。此外，大力推广实施智能调度系统，在智能化技术手段支持下，全方位提高调度运行效率和稳定性，将调度人员负担进一步降低，为调度决策提供有效依据。

（三）保障光伏电源设备使用安全

分布式光伏电源是配电网中不可或缺的部分，关系到系统运行安全和稳定。因此，要做好设备选型，重点选择经过国家认证的光伏组件、汇流箱、逆变器等设备；光伏电源设备严格质量测试，使得设备有效投入运行。编制合理的设备维护计划，定期检修和维护光伏电源设备，及时发现和解决潜在的故障隐患。如果设备出现故障问题，则要第一时间组织人员检修处置，根据故障

原因制定有效措施予以处置，避免事故扩大带来更大的损失。分布式光伏电源联络线上配备光差保护装置以及过电流保护装置，控制重合闸处于同期，不匹配情况下则要及时退出，实现重合闸正常动作。

（四）加强电压越限控制

光伏发电技术水平高低，与社会生产生活有着密切联系，为了促进光伏发电技术有效接入配电网，加强电压越限控制至关重要。因此，要结合光伏发电功率额和移动平均计算方式，计算具体发电功率缩减程度。同时，根据光伏曲线图，计算发电功率，精准掌握各时间段下光伏发电具体功率大小，为控制电压越限提供依据。

四、结论

综上所述，分布式光伏接入配电网，能够有效减少电网运行压力，实现新能源有效消纳。但分布式光伏接入也会对配电网带来诸多负面影响，为了规避此类问题出现，应该选择合理有效的调控运行策略，降低配电网运行故障几率，为社会生产生活提供持续稳定的供电服务。

参考文献

- [1] 钱星旭, 谢惠. 基于分布式光伏接入供电电压合格率调控技术研究 [J]. 电力设备管理, 2024, (15): 102-104.
- [2] 赵洪山, 胡祯, 魏伟, 温开云. 基于 SAO-VIKOR 的配电网分布式光伏承载能力综合评估方法 [J]. 华北电力大学学报 (自然科学版), 1-10.
- [3] 张金桂, 罗明. 计及电动汽车接入的有源配电网电压调控研究 [J]. 微型电脑应用, 2024, 40 (07): 184-187.
- [4] 朱进, 李光熹, 孙子雯, 顾阳. 分布式光伏参与的有源配电网无功调控策略 [J]. 电气技术与经济, 2024, (06): 91-94.
- [5] 陈炳旭. 分布式光伏电源接入对配电网的影响探析 [J]. 中关村, 2024, (09): 90-91.