分布式光伏发电系统并网对配电网电压稳定的影响

宁尚文

成都华银达电器有限公司　四川成都

【摘要】分布式光伏发电系统的并网对配电网电压稳定性产生了重要影响。随着光伏发电技术的快速发展，越来越多的分布式光伏发电系统接入到配电网中，如何保证配电网在并网后依然能够保持良好的电压稳定性，成为了亟待解决的问题。本文分析了分布式光伏发电系统的并网对配电网电压的影响，研究了光伏发电系统接入后，电压波动、逆变器性能、光伏功率波动等因素对电压稳定性的作用。通过仿真分析和实际数据对比，提出了针对性的优化措施。合理的调度策略和功率控制技术可以有效减小光伏并网对电压稳定性的负面影响，从而提高配电网的电压稳定性。

【关键词】分布式光伏发电；配电网；电压稳定性；并网影响；功率控制

【收稿日期】2025 年 6 月 12 日　　【出刊日期】2025 年 7 月 10 日　　【DOI】10.12208/j.sdr.20250092

Impact of grid-connection of distributed photovoltaic power generation systems on distribution network voltage stability

Shangwen Ning

Chengdu Huayinda Electric Appliance Co., Ltd., Chengdu, Sichuan

【**Abstract**】The grid-connection of distributed photovoltaic (PV) power generation systems has a significant impact on the voltage stability of distribution networks. With the rapid development of PV power generation technology, an increasing number of distributed PV systems are being connected to distribution networks. How to ensure that distribution networks can still maintain good voltage stability after grid-connection has become an urgent issue to be addressed. This paper analyzes the impact of the grid-connection of distributed PV systems on distribution network voltage and studies the effects of factors such as voltage fluctuations, inverter performance, and PV power fluctuations on voltage stability after the integration of PV systems. Through simulation analysis and comparison of actual data, targeted optimization measures are proposed. Reasonable scheduling strategies and power control technologies can effectively reduce the negative impact of PV grid-connection on voltage stability, thereby improving the voltage stability of distribution networks.

【**Keywords**】Distributed photovoltaic power generation; Distribution network; Voltage stability; Grid-connection impact; Power control

引言

分布式光伏发电系统因其清洁、可再生的特点，逐渐成为现代电力系统的重要组成部分，推动了绿色能源的发展。随着越来越多的光伏发电系统并入配电网，电压稳定性问题日益突出。光伏系统的输出功率受气候和环境因素的波动影响，可能导致电压波动和配电网不稳定。特别是在高渗透率的地区，电压波动可能对电力设备和用户的用电质量产生不利影响。如何在光伏发电系统并网后保证配电网的电压稳定性，成为电力系统中的关键问题。本文将深入探讨分布式光伏发电系统并网对配电网电压稳定性的影响，并提出有效的技术解决方案和优化策略，以确保配电网在高比例光伏并网情况下依然能够保持稳定运行。

1 分布式光伏发电系统并网对配电网电压稳定性的影响

分布式光伏发电系统并网对配电网电压稳定性的影响是近年来电力系统研究中的一个重要课题。

随着分布式光伏发电规模的不断扩大，其对电网的电压稳定性、功率平衡及运行安全性产生了深远的影响。光伏发电系统在并网过程中，光伏组件的输出功率受到光照强度和气象变化的影响，导致功率的波动性增加。这种波动会直接影响配电网电压的稳定性，特别是在配电网负荷较轻或光伏渗透率较高的情况下，电压波动更加明显。如果光伏电力供应过剩，电网电压可能会过高，反之，当光伏电力输出减少时，电压可能出现下降。由于光伏发电功率无法按需调节，其在并网后的动态行为复杂且难以预测，这给电压控制带来了挑战。

电压稳定性不仅影响电网的运行效率，还可能对用户端的设备和用电质量造成严重影响。在一些特定的条件下，高比例的光伏发电并网可能导致电压波动过大，进而引起电力设备的保护动作或电力供应中断，严重时甚至可能导致电网的不稳定，影响大范围区域的供电安全[1]。特别是在一些电力负荷变化较为剧烈的时段，光伏发电系统的并网会进一步加剧电压波动的幅度，进而影响电网的电压质量。这种电压不稳定不仅对工业用户的生产设备造成影响，也可能对家庭用户的电气设备造成损害。如何有效管理分布式光伏发电系统的并网，保证电网电压的稳定性，成为了目前研究的重点。

为了应对这些挑战，电力系统中通常会采取一系列电压调控措施，诸如引入动态电压控制、增强电压响应能力、对逆变器进行优化设计等手段。通过对逆变器的功率因数调节、无功功率的补偿等方法，可以有效缓解由于光伏发电波动引起的电压波动。随着电力电子技术的发展，更多的智能化电力调度和实时控制技术逐渐应用于电网管理中，这些技术有助于提升电网对分布式光伏发电并网的适应性。总之，分布式光伏发电系统并网对配电网电压稳定性的影响是多方面的，综合考虑各种因素，并通过技术手段进行优化，是保障电网稳定运行的关键。

2 光伏发电功率波动对电压波动的影响分析

光伏发电系统的功率波动是引起电压波动的主要因素之一。光伏发电的功率输出直接受到太阳辐射、云层变化、季节性波动以及环境温度等多种因素的影响，这些因素的变化通常是瞬时和不规律的。尤其在一些区域，气候条件的不稳定性会使光伏发电的功率输出产生剧烈波动，从而引发电网电压的不稳定。在光伏发电并网后，当光伏发电功率与负荷需求不匹配时，电网将承受不必要的压力，进而导致电压的波动。当光伏发电功率过剩时，电网电压可能升高，出现过电压现象；而在光伏发电功率不足时，电压可能下降，出现欠电压现象。

在配电网中，电压波动的幅度与光伏发电功率的波动密切相关。当光伏发电输出较大时，电网中的电压水平可能会超出设定范围，导致过电压的情况发生。这时，电压控制设备（如调压器和无功补偿装置）需要快速响应，以避免电网设备受损。过电压现象不仅影响电网设备的安全性，还可能对终端用户的设备产生负面影响。另一方面，当光伏发电输出减少时，可能导致电压下降，尤其在负荷较高的时段，电网电压可能无法及时恢复到正常水平，进一步影响电力供应的质量。光伏发电功率波动的影响不仅仅是电压的变化，还可能导致电网稳定性和功率平衡的挑战。

针对这一问题，一些电力系统采用了逆变器的无功功率调节功能，通过调节逆变器输出的无功功率来平衡电网电压。当光伏发电系统接入电网后，逆变器可以根据电网电压的变化自动调节无功功率的输出，以维持电压的稳定。随着智能化电网技术的发展，实时监控和调度系统可以对光伏发电系统的功率输出进行预测和调节，从而减少电压波动带来的影响[2-6]。通过精准的电力调度和智能控制，可以有效缓解光伏发电功率波动对电压波动的影响，提高配电网的电压稳定性和供电质量。

3 提高配电网电压稳定性的技术方案

为了提高配电网的电压稳定性，特别是在分布式光伏发电系统并网后，采取一系列技术手段是必要的。电压控制技术的优化是解决电压稳定问题的关键。现代配电网中常见的电压调节设备包括自动电压调节器（AVR）、无功补偿装置和调压变压器等。通过这些设备，可以实时监控电压水平，自动调节电压，使其保持在合理范围内。当光伏发电系统并网后，电网的电压变化更为复杂，如何使电网快速响应并保持稳定，成为技术方案中的关键之一。对于高比例光伏并网的配电网，采用更为灵活的电压调节策略，如采用无功功率动态调节、引入更高精度的电压控制装置等，可以有效提高电压稳定性。

分布式光伏发电系统的逆变器技术是提升配电网电压稳定性的另一个重要方面。现代逆变器通常配备有动态电压控制和无功功率调节功能。当光伏系统输出功率变化时，逆变器能够根据电网电压的实时变化自动调节输出的无功功率，从而调节电压水平，避免电压波动过大。逆变器的控制策略需要结合配电网的具体情况进行优化，尤其在光伏发电比例较高的区域，逆变器的优化设计和调控能力直接影响到电压稳定性。

智能电网技术的应用也为提升配电网电压稳定性提供了新的解决方案。智能电网可以通过信息通信技术和数据分析对电网进行实时监控和动态调度。在光伏发电系统并网后的电网运行中，智能电网能够快速预测电压变化趋势，并根据实时数据做出相应的调节[7]。通过大数据分析和预测算法，智能电网能够提前预测光伏发电功率的波动，并及时调整电网的无功功率输出和电压调节策略，以保持电压的稳定。这种技术的引入为配电网的电压调控提供了更加高效、精确的手段，从而确保了电网的稳定运行。

4 分布式光伏发电系统并网后的优化控制策略

分布式光伏发电系统并网后的优化控制策略，主要旨在平衡光伏发电的功率波动与配电网电压稳定之间的矛盾。为了实现这一目标，需要结合先进的电力调度、储能技术和智能控制方法。储能系统的引入可以有效缓解光伏发电波动带来的影响。储能设备能够在光伏发电功率过剩时存储多余的电能，并在发电不足时释放能量，以平衡电网负荷的变化。通过合理的储能管理策略，可以减少光伏发电功率波动对电压的影响，稳定配电网的运行。

优化的调度策略是提高光伏发电并网稳定性的关键。在传统电力系统中，调度策略通常依赖于负荷预测和电力需求预测。而在分布式光伏发电系统并网的背景下，调度策略需要更加灵活，并能够实时响应光伏发电的波动。现代电力系统的调度策略已经逐步向“灵活调度”方向发展，利用实时监控系统、负荷预测模型和光伏发电功率预测算法，可以提前预测电压波动，并根据实际需求调整电网的功率分配和电压调节。这种灵活调度能够有效减少电压波动，确保电网的平稳运行。

分布式光伏发电并网后的优化控制策略必须依赖于智能化的电力系统管理平台。通过引入大数据分析、云计算和人工智能技术，电网管理者能够实时获取电网运行数据，深入分析光伏发电的功率波动趋势，并预测未来的电力需求。结合实时数据，电网管理平台可以快速识别电压波动的风险，并根据电网的当前状态，采取相应的调节措施。平台可以实时调节逆变器的功率因数，或通过储能设备调节电网负荷，从而缓解电压波动对电网的影响[8]。人工智能技术的引入可以使得电网管理系统具备自学习能力，通过不断优化控制策略，提高电网的应急响应能力和自适应能力。综合多种先进技术手段，不仅能够提升电网的运行效率，还能够确保分布式光伏发电系统并网后的平稳、安全运行。

5 结语

分布式光伏发电系统的并网为电力系统带来了新的机遇与挑战，尤其在电压稳定性方面的影响不容忽视。光伏发电的功率波动与配电网电压波动密切相关，合理的电压调节、逆变器优化及智能电网技术的应用，已成为提高电压稳定性的重要手段。通过引入储能系统、优化电力调度以及实施灵活的控制策略，可以有效缓解光伏发电带来的负面影响，确保配电网的稳定运行。随着技术的不断进步，未来光伏发电的并网管理将更加智能化、精细化，为电网的安全、稳定和可持续发展提供有力保障。

参考文献

[1] 乐亮亮.分布式光伏并网发电系统继电保护优化[J].上海节能,2025,(06):966-972.

[2] 杨秀,唐乾尧,顾丹珍,等.分布式光伏发电系统广泛接入配电网的动态等值建模分析[J/OL].现代电力,1-12[2025-07-15].

[3] 叶犇,沈宇辉.分布式光伏发电系统中的并网控制技术分析[J].集成电路应用,2025,42(05):346-347.

[4] 李国武,刘珅,宗瑾,等.基于逆推滑模的分布式光伏逆变器并网控制[J].电力电子技术,2025,59(04):53-57.

[5] 杨志淳,胡伟,杨帆,等.大规模分布式光伏并网系统 CPS 联合仿真同步方法及仿真平台[J].太阳能学报,2025,46(03): 301-309.

[6] 钦伟勋,丁律,钱卫良,等.分布式光伏发电并网逆变器电压平衡控制技术[J].电气技术与经济,2025,(03):128-129+136.

[7] 张明月,李桃,陈远祥,等.天然气净化厂分布式光伏发电系统的应用研究[J].太阳能,2025,(02):72-81.

[8] 章沈泉.分布式光伏发电系统并网技术的应用研究[J].科技资讯,2025,23(05):81-83.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

OPEN ACCESS