

分布式光伏发电系统并网技术

王 钰

陕西建工安装集团有限公司 陕西西安 710068

【摘要】本文深入探讨了分布式光伏发电系统并网技术的概述、优势、关键技术与发展趋势。首先，明确了分布式光伏发电系统的基本概念与特性，强调了其高效的能源转换能力和零污染特性。接着，分析了并网技术的核心环节，包括电网监测、保护与控制以及通信技术，并指出了智能电网技术在提升系统可靠性和灵活性方面的作用。此外，文章还探讨了配电网优化、并网安全性与稳定性分析以及经济性分析与社会效益，强调了分布式光伏发电系统在推动能源转型和可持续发展中的重要作用。最后，展望了分布式光伏发电系统并网技术的发展趋势，提出了物联网、大数据、高效储能技术及集成优化在未来的应用前景。

【关键词】分布式；光伏发电系统；并网技术

引言

随着全球能源结构的转型和环境保护需求的日益增长，分布式光伏发电系统作为清洁、可再生的能源形式，受到了广泛关注。其并网技术的研究与应用成为推动光伏产业发展的关键环节。本文旨在分析分布式光伏发电系统并网技术的各个方面，包括其基本概念、优势、关键技术及未来发展趋势，以期为相关领域的科研人员、工程师及政策制定者提供有益的参考和指导。

1 分布式光伏发电系统的并网技术概述

在分布式光伏发电系统并网技术优化研究中，必须要先弄清它的基本概念与特性，然后才能制定科学合理的并网方案。一是要明确的是，分布式光伏发电系统的核心优势在于其高效的能源转换能力和零污染特性，这使得它能够有力地应对环境污染的挑战。二是分布式光伏发电系统并网技术以电网为电源为主，然后满足电力用户的用电要求。优化并网技术时需将与电网运行方向一致的电源接入系统才能满足用户的要求。并且还必须结合实际情况决定并网方式及容量，唯有如此才能使系统并网。另外，在优化并网技术的同时，还要分析研究电网结构，认识电网运行的特征与规律，从而制定科学合理的优化方案。三是分布式光伏发电系统并网技术要求接入点位置要依据其容量大小而定，然后再决定最优接入方案。但接入方案的确定仍需考虑两方面的问题，一是光伏发电系统并网后是否能很好地与电网协同运行；二是并网时有没有问题。最后指出分布式光伏发电系统的并网技术也应考虑电网的结构变化。当分布式光伏发电系统与电网连接时，会出现各种不同的场景，例如接入点在变电站与用户、用户与配电网

络、配电网与用户之间的切换等。这些状况都将对配电网的调度运行提出挑战与冲击。并且还必须考虑分布式光伏发电系统容量的大小。若容量太小则系统效率下降；若容量过大，将对配电网的调度运行造成巨大的挑战。^[1]

2 分布式光伏发电系统并网技术的优势

分布式光伏发电并网系统提倡就近原则，在周边完成发电、供电、使用与转换各项步骤，可有效提高同规模下光伏电站的电量，解决电力在长途运输过程中的损耗问题。传统中的光伏发电并网架设处理较为困难，很多光照充足的区域却地处偏远，并网难度较高，但分布式系统却可以让很多城市中电网系统稍加调整就可以完成并网发电工作，解决用户问题，其施工较为灵活便利，可有效弥补传统配电网的各项不足。传统配电网的投资成本较高，很多地区都由于发电效益难以支撑投资成本而放弃建设，但分布式光伏发电系统却可以大幅度降低配电网的前期投资，将各级机关行政部门与大量民用房变为微型发电厂，且分散到各个家庭与单位中，有效降低应用风险与投资成本。此外，分布式光伏发电并网系统也可以保持各个电站相互独立工作，对配电网的硬件设施要求较低，也可以让用户自行控制，规避某些大规模停电事故，提高电网的完全性，再加上其调整方便，易于维护，操作便利的特性，就算发生意外灾害也可以在有序供电的同时最快完成检修工作，有效弥补传统配电网的各项问题。^[2]

3 分布式光伏发电系统并网技术的关键环节

3.1 并网接入技术

并网接入技术在分布式光伏发电系统中扮演着核心角色，其重要性无法被忽视。这一技术领域如同一座桥梁，

将光伏发电系统与电网紧密连接，确保了电力的稳定输送和系统的安全运行。它涵盖了电网监测、保护与控制，以及通信技术等多个关键环节，构建了一个全方位、多层次的技术保障体系。首先，电网监测技术持续关注着电网的每一个细微变化。它利用高精度的监测设备，实时采集和分析电压、电流、频率等关键参数，确保并网过程的稳定。例如，当电网电压出现异常波动时，监测系统能立即捕捉到这一信息，为后续的控制策略提供准确的数据支持。这种实时监控和快速响应的能力，为并网过程提供了坚实的安全保障，防止了可能对电网稳定造成的影响。其次，保护与控制技术是并网接入技术的另一大支柱，时刻准备应对可能出现的故障。保护技术能够快速识别和定位故障源，如短路、过载等，而控制技术则通过精确的控制策略，迅速隔离故障区域，恢复系统的正常运行。这种保护与控制的双重保险，极大地提高了分布式光伏发电系统的可靠性，降低了因故障导致的电力中断风险。最后，通信技术是并网系统中的信息高速公路，它将各个设备连接起来，实现数据的快速、准确传输。通过先进的通信技术，如光纤通信、无线通信等，可以实现发电设备、储能设备、电网设备之间的实时信息交换，确保系统运行的高效协调。通信技术的引入，使得并网系统能够实现设备间的智能协同工作，优化电力调度，提高整体运行效率，为实现清洁能源的高效利用提供了强有力的技术支撑。

3.2 智能电网技术的应用

分布式光伏发电系统与智能电网技术的结合代表了电力系统信息化、智能化的发展趋势，也是当前能源领域的研究热点。智能电网技术的引入能够给分布式光伏发电系统带来诸多好处，从而进一步提升并网系统的可靠性和灵活性。智能电网技术可以对电网进行实时监控和管理，借助各种传感器和监控设备持续监测电网的状态，促进达成各种参数的实时采集和分析。这种实时监控能力为光伏发电系统和电网予以了更准确的数据支持，有助于及时发现问题并采取相应措施，进一步提升系统运行的可靠性。另外，智能电网技术还能够借助优化调度和协同控制，促进达成对分布式光伏发电系统的管理。借助智能算法和人工智能技术，能够对光伏发电系统的运行进行优化和调度，使系统在不同时间做到最优发电，减少能源浪费。同时，协同控制技术能够做到多个光伏发电系统相互间的协同工作，进一步提升系统的整体效率和稳定性。此外，智能电网技术还能够做到对能源需求的实时响应，从而更好地与电网操作系统融合。光伏发电系统能够参照结合电网需求

灵活调节输出功率，有助于平衡电网负荷，进一步提升电网稳定性和安全性。同时，智能电网技术还能够支持光伏发电系统与其他可再生能源系统、储能系统协调运行，逐步形成多种多样的能源系统，进一步提高系统的可靠性和灵活性。^[3]

3.3 配电网优化

优化配电网结构和运行策略可以推动分布式光伏发电系统更大比例并网具备重要意义。借助调整和优化配电网结构，能够进一步提升系统容量和响应速度，降低电网的潜在压力，使各分布式光伏发电系统高效、安全并网。此外，优化配电网运行策略能够做到分布式光伏发电系统的精细化管理和智能调度，提高运行效率和系统稳定性。一方面，优化配电网结构可涵盖调整优化电网设备、优化线路布局、增设配电变压器等措施，在原有的基础上更进一步提高分布式发电系统的接入容量、光伏能源、降低系统传输损耗、进一步提升电网的可靠性。另一方面，借助先进的智能调度算法和技术，能够做到分布式光伏发电系统的实时监控、预测和调节，优化系统运行策略，提高能源利用率和电能供电质量。优化配电网结构和运行策略还能够促进分布式光伏发电系统、储能设备、需求响应等能源系统协调运行，逐步形成更加灵活、高效、智能的能源互联网。这种系统集成和优化不仅能够进一步提升可再生能源的利用率，还能够降低电网运营成本，减少碳排放，促进能源转型和可持续发展。

3.4 并网安全性与稳定性分析

分布式光伏发电系统并网后，其安全性与稳定性成为关注的重点。由于光伏发电具有间歇性和不确定性，如何确保并网后的电力系统稳定运行，是技术优化中的关键难题。首先，需加强光伏发电预测技术的研发，通过高精度气象数据、历史发电数据以及机器学习算法，提高光伏发电预测的准确性，为电网调度提供可靠依据。其次，建立完善的故障检测与隔离机制，利用先进的传感器技术和数据分析算法，实时监测光伏发电系统及并网点的运行状态，一旦发现异常立即启动保护策略，避免故障扩大影响电网整体安全。此外，还需强化电网的灵活调节能力，通过引入储能系统、需求侧响应等技术手段，实现对电网负荷的灵活调节，平衡光伏发电的波动，确保电网电压、频率等关键参数稳定在规定范围内。同时，加强分布式光伏发电系统与电网之间的通信能力，实现信息的快速传递与共享，便于电网调度中心及时掌握分布式电源的运行状态，做出合理调度决策。^[4]

3.5 经济性分析与社会效益

分布式光伏发电系统并网不仅带来了技术上的革新，还具有良好的经济性和广泛的社会效益。从经济性角度看，分布式光伏发电系统靠近用户侧，减少了长距离输电的损耗，提高了能源利用效率。同时，由于光伏发电成本的不断下降，以及政府补贴、税收优惠等政策的支持，分布式光伏发电项目的投资回报率逐渐提高，吸引了大量社会资本投入，促进了光伏产业的快速发展。社会效益方面，分布式光伏发电系统并网有助于缓解电力供需矛盾，特别是在偏远地区，通过分布式光伏发电可以解决当地居民用电难题，提升生活质量。此外，光伏发电作为一种清洁、可再生的能源，其大规模应用有助于减少化石能源消耗，降低温室气体排放，对抗全球气候变化，实现环境保护与可持续发展目标。同时，分布式光伏发电系统的推广还促进了能源结构的多元化，增强了能源供应的安全性，为构建绿色低碳的能源体系奠定了坚实基础。^[5]

4 分布式光伏发电系统并网技术的发展趋势

随着科技的飞速进步，物联网、大数据等先进技术在分布式光伏发电系统中的应用日益广泛，它们正以前所未有的方式重塑着能源行业的未来。为了提升分布式光伏发电系统的运行效率和管理水平，实现更高层次的智能化，面临着一系列新的挑战 and 机遇。以下是关于分布式光伏发电系统智能化的三个核心要素，它们将共同推动这一领域的创新和发展。首先，物联网技术的运用将使分布式光伏发电系统变得更加智能和高效。通过实时监测和分析系统中的各项关键数据，如光伏组件的发电量、储能设备的剩余容量、逆变器的运行状态等，可以对系统的运行状况有更深入的了解。^[6]这些数据的收集和分析将有助于制定更精确的运行策略，优化设备的运行参数，从而提高发电效率，降低故障率。此外，大数据技术的引入还能实现对光伏发电量和负荷需求的预测，为电力调度提供科学的决策依据，进一步提升系统的整体性能。其次，高效储能技术的研发是降低系统成本、提高经济效益的关键所在。储能设备在分布式光伏发电系统中扮演着至关重要的角色，它们能够在电力供应过剩时储存电能，而在需求高峰时释放电能，以平衡电网的供需矛盾。随着新型材料和电池技术的发展，有望研发出更高效、更低成本的储能设备，这将显著提高储能系统的能量转换效率和使用寿命，降低对传统化石能源的依赖，从而降低系统的运行成本，提高投资回报率。^[7]最后，集成优化是实现分布式光伏发电系统高效运

行的重要途径。这不仅包括对光伏组件、储能设备、逆变器等硬件设备的优化配置，还包括对软件系统的升级，以实现更精细的控制和管理。例如，通过精确调整光伏组件的朝向、倾角和间距，可以最大限度地捕捉和利用阳光，提高发电量；同时，通过优化储能设备的选型和规模，使其与光伏发电系统达到最佳匹配，可以提高储能效率，减少电能损失，确保电力供应的稳定和可靠。^[8]

5 结束语

综上所述，分布式光伏发电系统并网技术在全球能源转型和环境保护中发挥着重要作用。尽管当前仍面临诸多技术挑战，但随着物联网、大数据、高效储能技术及集成优化的不断发展，分布式光伏发电系统将迎来更加广阔的应用前景。未来，需要进一步加强科研投入、政策支持和产业链协同，推动分布式光伏发电系统并网技术的不断创新和进步，为构建绿色、低碳、高效的能源体系做出更大贡献。

参考文献：

- [1] 李永恒, 何晓恬, 等. 基于模糊控制的光伏并网调频控制策略研究[J]. 吉林电力, 2022, 50(06): 1-4.
- [2] 孙安, 陈阳. 基于灰色预测的自动化太阳能光伏并网发电系统设计[J]. 流体测量与控制, 2022, 03(06): 87-91.
- [3] 赵东吴. 分布式光伏并网对配电网的影响分析[J]. 集成电路应用, 2022, 39(12): 244-245.
- [4] 周恒. 分布式光伏发电并网系统对配电网运行安全的影响及优化措施[J]. 光源与照明, 2023(07): 135-137.
- [5] 周海静, 曹玉霞, 王伟镨. 不同安装方式楼顶并网光伏发电系统年发电量及环境效益分析[J]. 唐山学院学报, 2022, 36(6): 38-42.
- [6] 陶蕾, 王英林, 付佳宇. 基于滑窗DFT的海上光伏发电并网逆变器电流控制方法[J]. 机电工程技术, 2021, 52(10): 224-226.
- [7] 张雪珍. 现代分布式光伏电站并网技术方案研究[J]. 自动化应用, 2019(3): 105-106.
- [8] 周丹丹, 张逸君. 分布式光伏发电并网技术方案浅析[J]. 江西电力, 2023, 37(6): 62-63.

作者简介：

王钰(1977.3.8-), 男, 汉, 四川省绵阳市, 大专, 职称: 电气工程师(中级), 研究方向: 智能化工程以及光伏工程。