

探析光伏发电与风力发电的并网技术

蔡炎君

中国三峡新能源（集团）股份有限公司甘肃分公司 甘肃兰州 730030

摘要：随着可再生能源技术的飞速发展，光伏发电与风力发电成为了绿色能源转型的重要组成部分。并网技术是实现这两种能源无缝接入传统电力系统的关键技术。本文探析了光伏发电与风力发电的并网技术，通过分析现有技术挑战和发展趋势，本文旨在为未来可持续能源集成提供参考和展望。

关键词：光伏发电；风力发电；并网技术

一、光伏发电与风力发电技术概述

光伏发电与风力发电技术，作为新能源发电的两种主要形式，正逐渐从辅助电源向主力电源过渡，对全球能源结构产生了深远的影响。光伏发电是利用半导体界面的“光生伏特效应”将光能直接转换为电能的技术。光伏系统一般由太阳能电池板、控制器和逆变器等组成，而太阳能电池板是由封装保护后的太阳能电池串联构成的。现代光伏发电技术已经较为成熟，其具有诸多优点，比如清洁无污染、噪音低、维护成本低、使用寿命长等，但也存在着成本相对较高、能量转换效率受限于光照条件、占地面积大等缺点。风力发电则是通过风力发电机将风能转化为机械能，再进一步转换为电能的过程。风力发电的成熟技术包括水平轴风机和垂直轴风机两种主要类型，其中水平轴风机是目前应用最广泛的类型。风力发电的优点包括能量转换效率高、运行和维护成本较低、对环境的影响小等^[1]。

二、光伏发电与风力发电的并网技术

1. 光伏并网逆变技术

光伏并网逆变技术是连接太阳能光伏发电系统与电网的关键技术。它负责将光伏板产生的直流电（DC）转换为可以并入电网的交流电（AC）。在转换过程中，逆变器还负责确保电流与电网的电压、频率和相位同步，以实现无缝并网。市场上常见的光伏并网逆变器有三大类：集中式逆变器、组串式逆变器和微型逆变器。集中式逆变器适用于大规模光伏电站，具有高功率和高效率的特点，但它们需要专门的安装空间和复杂的布线。组串式逆变器常用于中小型屋顶光伏系统，每个逆变器连接到一个或几个光伏板的组串上，这使得系统设计更加灵活，可以根据需要容易地增加或减少光伏板

数量。微型逆变器直接安装在光伏板后面，为每个单独的光伏模块进行转换，提高了系统的能源收集效率，尤其是在部分遮阴或模块间性能差异较大的场合。并网逆变器的关键功能还包括最大功率点跟踪（MPPT），它允许系统在各种不同的日照条件下都能以最高效率运行。此外，现代逆变器通常集成了网络通信功能，能够远程监控和控制，以及实时数据传输，方便了系统的维护和管理。

2. 反孤岛保护技术

反孤岛保护技术用于防止光伏发电系统在电网断电情况下独立供电，形成所谓的“孤岛”。孤岛效应可能在电网故障时发生，如果无法检测到这种情况，可能会对电力线路的维修人员造成安全风险，同时可能损坏光伏发电系统。反孤岛保护技术包括被动和主动两种策略。被动策略通过监测并网点电压和频率来检测孤岛状态，而主动策略则通过定期在并网点注入小的干扰信号来检测系统的响应，以此确认是否仍然与大电网连接。实际应用中，常用的具体方法包括相位跳变检测、频率变化率检测、有功功率流向监测等。这些方法能够快速有效地识别出孤岛状态，并在检测到异常情况时立即断开逆变器输出，停止向电网供电。

3. 低电压穿越技术

低电压穿越（Low Voltage Ride Through, LVRT）技术是指当电网出现短时低压或电压跌落故障时，光伏发电系统能够继续运行且不脱网的能力。这一特性对于确保电网的稳定性和可靠性非常重要。在电网出现短时扰动，如邻近设备的启动或关闭、事故造成的瞬时电压下降等情况时，具备LVRT能力的逆变器可以支撑电网，避免不必要的脱网。这不仅有助于保持电网的稳定，还

可以防止对逆变器的损害，因为频繁的脱网和重连对设备造成极大的机械和电气压力。LVRT的实现需要逆变器能够快速检测电网状态，并在电压恢复正常之前持续提供无功功率以支撑电网。同时，逆变器还需要有能力在极端情况下迅速断开，以防止损毁。这要求逆变器的设计必须兼顾灵活性和健壮性，使其能够在各种复杂场景下正常运行^[2]。

三、光伏发电与风力发电并网系统的优化与管理

1. 综合能源管理系统 (IEMS)

综合能源管理系统 (IEMS) 是现代能源管理的关键组成部分，尤其适用于同时包含光伏发电与风力发电的复杂并网系统。IEMS的主要目的是优化能源的生产、传输、分配和消费过程，实现经济效率最大化，确保能源供给的可靠性和可持续性。在光伏与风力并网系统中，IEMS通过高级算法和数据分析工具来预测可再生能源的产出，根据电网需求和市场价格进行实时调整。例如，当光伏发电量过剩而风力发电量不足时，IEMS可以指令一部分光伏逆变器降低输出功率，或者将剩余电力出售给市场，以此平衡系统负荷和避免过度产能。此外，IEMS还负责监控和管理储能系统（如电池储能），以存储过剩的可再生电力并在高峰时段释放，进一步提升整体系统的运行效率。它还可以整合需求响应 (DR) 机制，通过激励或直接控制消费者的用电模式来减少高峰时段的电力需求。

2. 微电网技术在并网中的应用

微电网技术是实现光伏发电与风力发电并网系统优化与管理的重要手段之一。微电网是一个可以独立于主电网操作的小型电网系统，它包含了发电装置（如光伏和风电）、负载、储能设备以及控制系统。微电网可以灵活地在并网和离网状态之间切换，提供了高度的供电可靠性和弹性。在并网应用中，微电网允许光伏与风电系统在主电网发生故障时继续供电，同时可以减少对主电网的依赖和影响。通过精确的控制策略，微电网能够在电网正常运行时将多余的电力输送给主网，而在需要时立即切断与主网的连接，独立地满足内部负载的需求。

微电网中的控制系统负责实时监测和调度内部的发电和储能资源，以最佳化整个系统的运行。这不仅包括传统的负荷跟随 (load following) 策略，还包括基于市场信号的优化调度。例如，当电价高时，微电网可以选择向主网出售更多电力；而当预期有恶劣天气影响到光伏或风力发电时，可以提前调整储能设备的充放电计划，确保稳定供电^[3]。

3. 需求侧管理 (DSM) 的策略与实施

需求侧管理 (Demand Side Management, DSM) 是调节电力需求、优化电网运行和促进能源有效使用的一系列活动。对于融合了光伏发电和风力发电的并网系统来说，DSM成为确保系统高效稳定运行的关键环节。DSM的策略主要包括峰谷价差 (time-of-use, TOU) 电价、需求响应 (demand response, DR) 程序和用户意识提升等。TOU电价鼓励消费者在电力供应充足且成本较低的时段使用电力，在高峰时段减少用电。DR程序则通过激励或直接控制用户的用电行为，在系统高负荷或紧急情况下迅速降低电力需求。用户意识提升则是通过教育和信息传播让终端用户了解节能减排的重要性，从而主动节约能源。

结语

随着技术的不断进步和规模化应用，光伏发电与风力发电的并网技术已经取得了显著成果。然而，要实现全球能源系统的可持续发展，仍需不断创新和完善并网技术，特别是在智能电网和储能领域。通过综合技术和政策措施，未来的电力系统将更加清洁、高效和可靠。

参考文献

- [1] 马建雄. 光伏发电与风力发电的并网技术分析 [J]. 光源与照明, 2023, (09): 141-143.
- [2] 施勇. 光伏发电与风力发电的并网技术分析 [J]. 科技经济市场, 2023, (09): 34-36.
- [3] 司惠中, 侍相然. 光伏发电与风力发电的并网技术分析 [J]. 中国设备工程, 2023, (03): 224-226.