分布式光伏发电系统的优化布局与并网技术研究

吴冰冰

新疆兵安电力建设有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 844204

摘要: 分布式光伏发电系统作为一种新型的能源供应模式,近年来在全球范围内得到了广泛关注和应用。本文概述了分布式光伏发电系统的基本概念、组成部分及优势,并深入探讨了并网技术的重要性及其关键环节,重点分析了智能调度与分布式光伏发电并网技术的融合,强调了基于大数据分析的光伏发电预测技术和智能化分布式能源管理系统的重要性。这些技术的综合应用有助于提升能源利用效率、保障电网稳定运行,推动能源结构的优化升级。

关键词: 分布式;光伏发电系统;并网技术

1 分布式光伏发电系统概述

分布式光伏发电系统,作为一种新型的能源供应模式,近年来在全球范围内得到了广泛的关注和应用。该系统利用光伏电池组件,将太阳能直接转换为电能,实现了能源的清洁、高效利用。分布式光伏发电系统的核心在于其“分布式”的特点,即光伏电池组件被安装在用户侧,如屋顶、墙面等位置,贴近负荷中心,有效减少了电能传输过程中的损耗。由于光伏电池组件的模块化设计,使得系统可以根据用户的实际需求进行灵活配置,实现了能源供应的个性化和定制化。从技术层面来看,分布式光伏发电系统主要包括光伏电池组件、逆变器、储能设备以及智能监控系统等组成部分。光伏电池组件负责将太阳能转换为直流电能,逆变器则将直流电能转换为交流电能,供家庭或企业使用。储能设备则可以在光照不足或用电高峰时,提供稳定的电能输出;智能监控系统则实时监控系统的运行状态,确保系统的安全、稳定运行;分布式光伏发电系统的优势在于其环保性、经济性和适应性。该系统在运行过程中不产生任何污染物,符合绿色、低碳的能源发展理念^[1]。同时,由于系统贴近用户侧,减少了电网的传输损耗和电费支出,为用户带来了实实在在的经济效益。另外,分布式光伏发电系统还可以与智能电网、微电网等技术相结合,进一步提高能源利用效率和系统稳定性。

2 分布式光伏发电系统并网技术的重要性

分布式光伏发电系统并网技术,即将分布式光伏发电系统产生的电能安全、高效、稳定地接入电网的技术,是实现分布式能源与现有电力系统深度融合的关键所在。随着全球能源转型和可持续发展的迫切需求,分布式光伏发电系统并网技术的重要性日益凸显。第一,并网技术确保了分布式光伏发电系统能够最大限度地发挥其作用。通过并网,分布式光伏系统不仅能够满足本

地用户的用电需求,还能在电力富余时向电网供电,实现能源的优化配置和高效利用;这一技术对于提高能源系统的灵活性和可靠性,以及推动能源结构的优化升级具有重要意义。第二,并网技术有助于保障电网的安全稳定运行。分布式光伏发电系统接入电网后,需要与电网进行协调控制和运行管理,以确保电网的电压、频率、功率因数等参数在合理范围内波动。并网技术的应用,能够有效解决分布式能源接入带来的电网电压波动、谐波污染等问题,保障电网的安全稳定运行^[2]。第三,并网技术还能够促进分布式光伏发电系统的智能化和信息化建设。通过集成先进的通信、控制和信息技术,并网技术能够实现分布式光伏发电系统的远程监控、故障诊断和智能调度,提高系统的运维效率和能源利用效率。

3 分布式光伏发电系统并网技术的关键环节

分布式光伏发电系统并网技术是实现能源高效利用、促进能源结构转型的关键。

3.1 并网接入技术

并网接入技术是分布式光伏发电系统并网的首要环节,其核心在于确保光伏系统产生的电能能够安全、稳定地接入电网,同时不影响电网的正常运行。这一过程涉及多个方面,包括并网点的选择、并网设备的配置、并网保护策略的制定等。合理的并网点能够减少电能传输过程中的损耗,同时确保光伏系统与电网之间的电能交换顺畅。通常,并网点会选在光伏系统的出口处,以便于对光伏系统的输出电能进行实时监测和控制;并网设备的配置也是并网接入技术的重要组成部分。这包括逆变器、隔离变压器、滤波器等设备。逆变器负责将光伏系统产生的直流电能转换为交流电能,同时实现与电网的同步运行。隔离变压器则用于隔离光伏系统与电网之间的电气联系,确保双方的安全。滤波器则用于消除

电能中的谐波成分,提高电能质量。这些策略包括过流保护、过压保护、欠压保护等,能够在光伏系统出现异常时及时切断其与电网的连接,防止对电网造成损害。

3.2 最大功率点跟踪技术(MPPT)

最大功率点跟踪技术(MPPT)是分布式光伏发电系统提高发电效率的关键技术之一。该技术通过实时调整光伏系统的运行参数,使其始终工作在最大功率点上,从而最大限度地提高光伏系统的发电效率。(1)MPPT技术的实现原理是基于光伏电池的伏安特性曲线。在不同的光照和温度条件下,光伏电池的伏安特性曲线会发生变化,导致最大功率点的位置也随之改变。MPPT技术通过实时监测光伏电池的输出电压和电流,计算出当前的功率值,并与前一时刻的功率值进行比较。如果当前功率值大于前一时刻的功率值,则说明光伏系统正在向最大功率点移动;反之,则需要调整运行参数,使光伏系统向最大功率点移动。(2)MPPT技术的实现方式有多种,包括扰动观察法、导纳增量法、恒定电压法等。扰动观察法通过周期性地对光伏系统的输出电压或电流进行微小的扰动,并观察功率的变化来判断是否已到达最大功率点。导纳增量法则通过实时监测光伏电池的导纳变化来判断是否已到达最大功率点。恒定电压法则假设在一定条件下,光伏电池的最大功率点对应的电压是恒定的,因此通过控制光伏系统的输出电压使其始终等于该恒定电压值,即可实现最大功率点跟踪^[3]。

3.3 储能技术

储能技术是分布式光伏发电系统实现能源优化利用和电网稳定运行的重要手段。由于光伏系统的输出电能具有波动性和间歇性的特点,因此需要引入储能系统来平衡光伏系统的输出电能与电网需求之间的不匹配。储能系统的作用主要体现在两个方面:一是平滑光伏系统的输出电能,减少其对电网的冲击;二是作为备用电源,在光伏系统出现故障或光照不足时提供稳定的电能输出。常见的储能技术包括电池储能、超级电容器储能、飞轮储能等。其中,电池储能因其技术成熟、容量大、成本低等优点而被广泛应用于分布式光伏发电系统中。储能系统的选择与配置需要根据光伏系统的规模、电网需求以及经济成本等因素进行综合考虑。在选择储能系统时,要考虑其储能容量、充放电效率、循环寿命等性能指标。在配置储能系统时,则需要根据光伏系统的输出电能特性和电网需求来确定储能系统的容量和充放电策略。另外,储能系统的运行和维护也是确保其长期稳定运行的关键。定期对储能系统进行检测和维护,及时发现并处理潜在的安全隐患和故障问题。同时,还

需要根据电网需求和光伏系统的输出电能特性来调整储能系统的充放电策略,以实现能源的优化利用和电网的稳定运行。

3.4 孤岛效应的防止与检测技术

孤岛效应是分布式光伏发电系统并网过程中必须面对的重要安全问题。当电网因故障或其他原因停止供电时,如果光伏发电系统未能及时检测到这一状况并采取相应的保护措施,就可能形成一个由光伏系统独立供电的小电网(即“孤岛”)。在这个孤立的小电网中,由于光伏发电系统的输出可能与负载不匹配,可能导致电压和频率的波动,进而损坏用电设备,甚至对维修人员的安全构成严重威胁。另外,孤岛效应还可能干扰电网的正常恢复过程,给电网的整体稳定性带来不利影响。为了防止孤岛效应的发生,分布式光伏发电系统必须配备先进的孤岛检测技术和保护装置。这些技术通常基于实时监测电网的电压、频率和相位等关键参数,以及通过特定的算法判断电网是否处于正常状态。一旦检测到电网故障或停电,保护装置会立即启动,迅速切断光伏发电系统与电网的连接,从而有效避免孤岛效应的产生。

孤岛检测技术可以大致分为被动式检测和主动式检测两大类。被动式检测技术主要依赖于监测电网电压和频率的偏差,但这些方法的可靠性往往受到负载特性和光伏系统容量的影响。为了提高检测的准确性和可靠性,主动式检测技术应运而生。这类技术通过主动向电网注入特定的扰动信号(如频率偏移、电压偏移或电流扰动等),并观察电网对这些扰动的响应来判断是否发生了孤岛效应。主动式检测技术具有更高的灵敏度和准确性,因此在现代分布式光伏发电系统中得到了广泛应用。

3.5 逆变器技术

逆变器作为光伏发电系统与电网之间的桥梁,负责将光伏电池产生的直流电能转换为交流电能,并确保输出的交流电能与电网的电压、频率和相位相匹配。逆变器的性能直接影响光伏发电系统的发电效率和并网稳定性。现代逆变器技术不仅要求具备高效、稳定的电能转换能力,还需要具备智能化的控制功能和保护功能。在电能转换方面,逆变器通常采用先进的功率半导体器件和先进的控制算法,以实现高效、精确的电能转换。在控制功能方面,逆变器能够实时监测电网的状态和负载需求,并根据这些信息自动调整输出电能的电压、频率和相位,以确保与电网的同步运行。另外,逆变器还具备过流保护、过压保护、欠压保护等多种保护功能,能够在电网故障或异常情况下迅速切断输出,保护光伏系统和电网的安全。随着技术的不断发展,逆变器技术正

朝着更高效、更智能、更可靠的方向发展。未来的逆变器将更加注重与电网的互动性和适应性，能够根据电网的需求和分布式能源的分布情况进行智能调度和优化运行。这将进一步提升分布式光伏发电系统的能效和并网稳定性，为构建绿色、智能、可持续发展的能源体系提供有力支撑。

4 智能调度与分布式光伏发电并网技术的融合

在分布式光伏发电系统日益普及的今天，智能调度技术与其并网技术的融合成为了提升能源利用效率、保障电网稳定运行的关键。

4.1 基于大数据分析的光伏发电预测技术

光伏发电作为一种间歇性能源，其发电量的波动受到多种因素的影响，包括光照强度、温度、云层遮挡等自然因素，以及设备老化、维护状况等非自然因素。因此，准确预测光伏发电量对于电网的智能调度至关重要。基于大数据分析的光伏发电预测技术，通过收集和海量历史发电数据、天气数据以及设备状态数据，利用先进的机器学习算法或深度学习模型，建立起光伏发电量与各种影响因素之间的复杂关系模型。这一模型能够实时预测未来一段时间内光伏发电量的变化趋势，为电网调度提供科学依据。在实际应用中，基于大数据分析的光伏发电预测技术可以显著提升电网的调度效率和经济性。一方面，准确的预测结果可以帮助电网调度人员提前制定调度计划，合理分配发电资源和电力负荷，避免电力供需失衡导致的能源浪费和电网不稳定^[4]。另一方面，通过预测技术还可以实现光伏发电系统与储能系统的协同优化，进一步提高能源的利用效率。

4.2 智能化分布式能源管理系统

智能化分布式能源管理系统是智能调度与分布式光伏发电并网技术融合的另一重要方面。该系统通过集成先进的通信、控制和信息技术，实现了对分布式光伏发电系统、储能系统、电动汽车充电桩等多种分布式能源的实时监测、控制和优化调度。智能化分布式能源

管理系统的核心在于其强大的数据处理和分析能力。系统能够实时收集各种分布式能源的运行数据，包括发电量、储能状态、负荷需求等，并通过先进的算法对这些数据进行分析和处理，得出最优的调度策略。另外，智能化分布式能源管理系统还具备强大的自适应能力和可扩展性。系统能够根据电网需求和分布式能源的变化情况，自动调整调度策略，确保电网的稳定运行^[5]。同时，系统还能够支持多种分布式能源的接入和集成，为未来的能源多元化和智能化发展提供了广阔的空间。

结束语

综上所述，分布式光伏发电系统并网技术是实现分布式能源与现有电力系统深度融合的关键所在。随着技术的不断进步和应用的日益广泛，这些技术将进一步提升能源利用效率、保障电网稳定运行，并为构建绿色、智能、可持续发展的能源体系提供有力支撑。未来，期待分布式光伏发电系统并网技术在更多领域得到应用，为全球的能源转型和可持续发展做出更大贡献。同时，也需要持续关注 and 解决可能出现的新问题，推动技术的不断创新和升级。

参考文献

- [1]李宝强,卢阳.面向变电站综合控制的分布式光伏发电并网策略研究[J].现代电子技术,2024,47(22):113-118. DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2024.22.018.
- [2]龙海珊,刘凯.民用建筑中分布式光伏发电系统并网方案探讨[J].智能建筑电气技术,2024,18(05):85-88+118. DOI:10.13857/j.cnki.cn11-5589/tu.2024.05.013.
- [3]陈茜,白晶,陈小月,等.分布式光伏并网对配电网的影响综述[J].科学技术与工程,2024,24(27):11491-11504.
- [4]张雷,刘思彤,李勇.分布式光伏发电系统并网技术分析[J].电子技术,2024,53(02):372-374.
- [5]梁辰.光伏发电并网及其相关技术发展现状与应用策略[J].光源与照明,2023,(09):132-134.