

面向农村能源互联网的光储充+虚拟电厂混合系统设计

犹晓艺

广州平讯科技有限公司 广东广州

【摘要】面向农村能源互联网的光储充+虚拟电厂混合系统设计旨在通过结合光伏发电、储能技术与充电桩设施，利用虚拟电厂的协调管理，实现农村能源的高效、稳定供给。该系统不仅能提高能源的使用效率，降低能耗，还能增强能源的自给自足能力，推动绿色低碳发展。通过分析不同技术的集成与协调，提出了一种创新的混合系统架构，并探讨了其在农村能源互联网中的应用前景与实际挑战。该系统有助于优化能源利用，提高电力供应的灵活性和可持续性，进一步推动农村能源互联网的建设。

【关键词】光储充；虚拟电厂；混合系统；能源互联网；可持续发展

【收稿日期】2025 年 10 月 24 日 **【出刊日期】**2025 年 11 月 24 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250213

Design of a hybrid system integrating PV-storage-charging and virtual power plant for rural energy internet

Xiaoyi You

Guangzhou Pingxun Technology Co., Ltd, Guangzhou, Guangdong

【Abstract】The design of a hybrid system integrating photovoltaic (PV) power generation, energy storage, and charging infrastructure with a virtual power plant (VPP) aims to achieve efficient and stable energy supply for the rural energy internet. By leveraging the coordinated management of a VPP, this system not only improves energy utilization efficiency and reduces energy consumption but also enhances energy self-sufficiency, promoting green and low-carbon development. Through analyzing the integration and coordination of various technologies, an innovative hybrid system architecture is proposed, along with a discussion on its application prospects and practical challenges within the context of the rural energy internet. This system contributes to optimizing energy utilization, improving the flexibility and sustainability of power supply, and further advancing the construction of the rural energy internet.

【Keywords】PV-storage-charging; Virtual power plant; Hybrid system; Energy internet; Sustainable development

引言

农村地区的能源供应面临着效率低、波动大和依赖传统能源的挑战，尤其是在偏远和电力短缺的区域。为了提高农村能源的自主性与可靠性，光伏发电与储能系统逐渐成为关键技术之一。而通过结合虚拟电厂的管理机制，可以进一步优化能源的调度与使用效率。近年来，光储充+虚拟电厂混合系统作为一种新兴的能源互联网模式，成为解决农村能源问题的潜力方案。该系统能够有效整合多种能源形式，提升电力系统的稳定性与灵活性，同时为农村能源转型提供了可行路径。然而，该系统的设计与实施仍面临诸多技术和运营挑战，亟需从系统架构、技术集成及应用实践等方面深入探索。本研究将聚焦于该混合系统的设计与实现，探讨其在农村能源互联网中的潜力与应用。

1 农村能源互联网现状与面临的挑战

随着全球能源结构的转型和环境问题的日益严重，农村能源供应模式也迎来了巨大的变革。传统的农村能源系统以化石燃料为主，依赖于中央电网的供电，但这一模式面临着效率低、稳定性差、能源利用不均等问题。尤其是在偏远地区，电力供应的可靠性和持续性严重不足，给当地居民的生活和农业生产带来了不小的挑战。传统能源的高污染和不可再生性也对农村环境造成了巨大的负担。近年来，随着清洁能源的推广和智能电网技术的进步，农村能源互联网逐渐成为改善这些问题的有效途径。

农村能源互联网的建设仍然面临诸多挑战。首先是技术层面的障碍，现有的光伏、风电和储能系统在农村地区的广泛应用面临着成本、设备适配性及环境适应性问题。尤其是对光伏系统的依赖，使得其在晴天时能源过剩而在阴雨天气时能源匮乏，如何保证供应

的平衡和稳定成为一个亟待解决的问题^[1]。其次是电力调度的问题,农村地区能源消耗较为分散且不稳定,传统电网难以有效协调各类能源的供应与需求,而智能电网在农村的建设仍处于起步阶段。由于农村地区的能源需求相对较低,集中式电力系统的投资回报周期较长,导致了资金和技术的不足。

在此背景下,虚拟电厂和光储充系统作为创新的解决方案,成为了农村能源互联网建设的重要方向。虚拟电厂通过智能化管理多个分布式能源系统的运行,实现灵活调度和高效利用,而光储充系统则结合光伏发电和储能技术,提供了更为稳定和灵活的能源供应模式。然而,这些新型系统的应用也面临着管理复杂性、数据安全和系统集成等挑战,如何在现有技术框架下优化资源配置和提升系统效率,成为农村能源互联网发展的关键问题。

2 光储充+虚拟电厂混合系统的技术架构与设计

光储充+虚拟电厂混合系统的核心思想是将光伏发电、储能系统和电动汽车充电桩的分布式能源资源与虚拟电厂的智能调度能力相结合,形成一个具备高度灵活性和可调度性的能源管理系统。这一系统通过互联网技术实现能源的动态调度与优化配置,能够实时监控各类能源设备的状态,及时根据供需变化进行调整,从而最大程度地提高能源的利用效率。

具体设计上,光储充+虚拟电厂混合系统的架构通常由四个主要模块组成:光伏发电模块、储能系统模块、电动汽车充电桩模块和虚拟电厂管理模块。光伏发电模块利用太阳能转化为电能,而储能系统则通过蓄电池存储多余的电力,确保能源在光照不足时依然能够稳定供给^[2]。电动汽车充电桩模块则作为能源消费的终端,在电动车充电的同时调节电网负荷,避免用电高峰时段的电力紧张。虚拟电厂管理模块则负责对上述各类设备进行综合调度和协调,确保系统能够在多种能源之间进行优化切换,并根据实际情况调节储能设备的充放电状态。

该系统的设计理念不仅仅是将各类能源设备进行简单的连接,而是通过数据共享和实时监控实现智能化管理。这意味着每个模块都能够根据其他模块的运行状态进行调整,达到动态平衡和高效利用的效果。在技术实现上,系统依托物联网、大数据和人工智能等先进技术,能够对各类设备的数据进行实时采集、传输和分析,利用算法模型对能源供需进行预测和调度,从而确保电力供应的稳定性和可靠性。

光储充+虚拟电厂混合系统的设计仍然面临着不

少技术难题。首先是数据采集和处理的实时性要求,在大规模部署的情况下,如何确保设备与管理平台之间的数据传输畅通无阻,并及时做出响应,是系统稳定运行的关键。系统集成的复杂性也是设计中的一大挑战^[3]。由于光伏、储能和电动汽车充电桩等设备的技术标准和工作模式存在差异,如何将这些设备有效地整合到一个统一的管理框架中,避免设备间的相互干扰,确保整体系统的高效性和稳定性,是设计过程中需要解决的重要问题。

3 系统优化与调度策略的研究

光储充+虚拟电厂混合系统的优化与调度策略是确保系统高效运作的关键所在。优化策略的核心目的是通过合理配置系统内的各类能源资源,最大化能源利用效率,并降低系统运行成本。调度策略则是通过智能化手段根据电力供需变化和设备状态进行实时调整,确保能源供给的连续性和稳定性。

光储充+虚拟电厂系统的优化需要考虑多个方面的因素。如何根据当地的太阳能资源状况合理配置光伏发电和储能系统,如何在不同的时段内对电动汽车充电进行调度,以及如何确保电力供需平衡,都是优化过程中的重要问题。在光伏发电方面,可以通过调整光伏组件的布局 and 角度,最大化光照利用效率;在储能方面,则需要根据负荷预测和电池的充放电特性,合理规划电池的使用策略,避免电池过度充放电,延长其使用寿命。

调度策略的研究侧重于如何在复杂的能源供应和需求环境中实现系统的最优运行。调度模型通常基于大数据和人工智能技术,利用历史数据、实时监测数据和预测模型,对电力供需进行预测,并实时调整各类能源资源的投入与调度^[4]。当光伏发电充足时,系统可以优先使用太阳能,而当电力需求高峰来临时,储能系统可以释放电力,电动汽车充电桩则可以调度空闲的电动汽车储存的电能。虚拟电厂的调度模块需要对整个系统进行全局优化,协调各类设备的运行,确保资源得到最合理的分配。

系统优化与调度策略的研究不仅仅是技术层面的探索,更涉及到实际应用中的经济性和可行性问题。在农村地区,如何降低设备投资和运维成本,使得系统的整体成本具有竞争力,是推广光储充+虚拟电厂混合系统的关键。通过科学的调度策略和优化算法,可以最大限度地提高系统的经济效益,降低运行成本,同时提升系统的可靠性和可持续性。

4 农村能源互联网发展中的应用实践与前景

农村能源互联网的应用实践在一定程度上依赖于光储充+虚拟电厂混合系统的成功实现。随着技术的进步和政策的支持,越来越多的农村地区开始尝试将这一系统应用于实际能源供应中。根据初步的应用案例,光储充+虚拟电厂混合系统在提升能源利用效率、降低电力成本和提高电力系统的灵活性方面展现出了巨大的潜力。

在一些农村地区,通过光储充+虚拟电厂系统的应用,成功实现了电力的自给自足和智能化管理。在光伏发电系统的支持下,这些地区不仅减少了对传统电网的依赖,还能够利用多余的电力储存于储能系统中,为夜间和阴天的电力需求提供保障。虚拟电厂的调度功能也能够根据电力需求高峰期进行灵活调度,提高电力供应的可靠性和稳定性。通过这些实际应用,农村能源互联网系统逐步实现了从传统模式向智能、绿色、可持续发展的转型。

农村能源互联网的前景仍然面临一些挑战。尽管光伏发电、储能系统和虚拟电厂等技术已经取得了一定的突破,但如何进一步降低系统的建设和运维成本仍然是关键难题。农村地区的能源基础设施通常较为薄弱,建设成本高昂,加之系统的维护和管理需要持续投入,这无疑增加了推广的难度。如何确保系统在长期运行中的可靠性和稳定性也是亟待解决的问题^[5-8]。农村环境中电力需求的波动性较大,系统如何应对突发的电力需求或环境变化,确保稳定运行,是技术上必须攻克的难题。由于农村地区的能源需求相对较低,导致系统的投资回报期较长,如何激发市场的投资兴趣、吸引更多的资金和技术支持,是推动农村能源互联网可持续发展的关键因素。

在未来,随着绿色低碳理念的进一步深化和智能电网技术的不断进步,农村能源互联网将迎来更广阔的应用前景。光储充+虚拟电厂混合系统作为这一发展趋势的重要组成部分,将在推动农村能源转型、提升能源供给质量和效率方面发挥越来越重要的作用。通过不断优化系统设计、提升技术性能和完善政策支持,农村能源互联网有望成为推动乡村振兴和绿色发展的关

键力量。

5 结语

本文围绕农村能源互联网中的光储充+虚拟电厂混合系统展开了深入研究,分析了该系统的设计架构、技术难点及优化策略。通过对实际应用案例的探讨,本文阐述了这一混合系统在提高能源利用效率、实现电力自给自足以及优化能源调度等方面的优势。尽管在技术实现和经济性方面仍面临一些挑战,但随着技术的不断进步和政策的支持,光储充+虚拟电厂混合系统将在未来的农村能源互联网建设中发挥越来越重要的作用。

参考文献

- [1] 肖艳利,马婷,张泽龙,等. 虚拟电厂参与碳市场博弈与运行机制研究[J/OL].价格理论与实践,1-7[2025-09-12].
- [2] 李万晨曦.“人工智能+”助推虚拟电厂产业链企业发展[N].证券日报,2025-09-09(A03).
- [3] 胡静漪,张悦,芦鹏飞.虚拟电厂能力一点也不“虚”[N].浙江日报,2025-09-08(003).
- [4] 朱仁庆,沈小军,董子航. 虚拟电厂的隐私保护技术研究现状与展望[J/OL].电力系统自动化,1-18[2025-09-12].
- [5] 刘睿.“双碳”目标下虚拟电厂的技术进展与应用综述[J].工业控制计算机,2025,38(08):131-132.
- [6] 李舜酩,王昌荣,史文贝. 光储充移动式充电机器人研发综述[J].汽车安全与节能学报,2025,16(04):505-520.
- [7] 梁钦赐. 光储充技术在农村配电网中的应用[J].办公自动化,2025,30(15):114-116.
- [8] 徐爱银,任溢斌,吴庆华.推动“光储充”一体化绿色发展[N].南通日报,2025-07-11(A02).

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