

微电网中光伏、储能系统与柴油发电厂的协同运行优化研究

唐亮

(中国水利水电第十一工程局有限公司, 河南 郑州 450001)

【摘要】本研究聚焦于哥伦比亚 Providencia 岛上的光储柴微电网系统,旨在优化光伏、储能系统与柴油发电厂的协同运行。该岛曾遭飓风袭击,政府承诺建设光伏电站以解决能源供应问题。本文回顾了项目的背景和主要内容,介绍了关键技术包括规划设计、运行控制、能源管理等。针对太阳能波动性和负荷需求的挑战,研究建立了光伏、柴油发电、储能系统的最佳发输配电模式。

【关键词】光储柴微电网;光伏电站;储能系统;柴油发电;协同运行优化

引言

本研究旨在探讨光伏、储能系统与柴油发电厂的协同运行优化,以解决能源供应中断的问题。分析光储柴微电网系统的关键技术,探讨其在提供可靠电力的同时降低成本、保护环境的效果。重点在于解决光伏能源波动性和负荷需求不稳定性对系统带来的挑战,通过协同优化各能源来源,实现稳定可持续的电力供应。

一、材料与方法

(一)项目主要内容概述

这个项目主要致力于在哥伦比亚 Providencia 岛上实施光储柴微电网系统,以解决岛屿电力供应的稳定性和可持续性。该岛于2020年遭受飓风袭击,导致所有建筑被毁,因此急需一种可靠的能源供应方式。本项目的关键是引入一个包括光伏电站、储能系统和柴油发电厂的综合能源解决方案。光伏电站将利用可再生的太阳能,储能系统则有效存储多余能量供给需要时使用,而柴油发电厂则作为备用能源。通过整合这三种能源来源,并利用先进的电力管理系统,实现对能源的智能调配和协同运行。这不仅可以确保岛上持续、稳定的电力供应,还能有效降低能源成本,减少对传统高成本、高污染的柴油发电的依赖。

(二)关键技术细节

1. 规划设计

项目的规划设计是光储柴微电网系统成功运行的基础和关键。该规划涵盖了岛屿的地理位置、气象资料、电网情况以及当地能源需求等数据的全面分析。首先,针对哥伦比亚 Providencia 岛的地理环境和气候特点,结合当地的日照强度、天气条件和温度等因素,精准评估了太阳能发电的潜力和特性,以解决太阳能波动性的挑战。在考虑岛屿能

源需求的基础上,科学确定了光伏电站、储能系统和柴油发电厂的容量和类型,以及它们之间的协同工作模式。项目规划设计的关键在于综合利用多种能源,通过智能的运行控制策略,使各能源在不同情况下的工作模式相互匹配^[1]。这包括光伏电站和储能系统在充分利用太阳能的同时,对于夜间或气候不佳时的能源供应提供稳定的支持,以确保电力系统的连续性和稳定性。同时,柴油发电作为备用能源,在必要时能够无缝接入系统,确保电力供应不会中断。这一设计不仅考虑了能源的匹配与供应,还强调了系统的灵活性和可靠性。

2. 运行控制

光储柴微电网系统的运行控制是确保整个系统稳定运行的核心。针对岛屿的特殊情况,采用了灵活而智能的运行控制策略,以应对太阳能波动性和电力需求的不确定性。针对太阳能光伏电站的特性,系统设计了精准的预测模型,考虑了日照强度、天气条件和季节变化等因素,以预测光伏发电量。这样的预测模型不仅能提前预知太阳能发电的变化,还能为储能系统的储能和释放提供准确的依据。针对能源需求的变化和柴油发电机的启停情况,建立了自适应的调度策略。基于实时监测数据 and 需求预测,系统能够智能地调整光伏发电、储能和柴油发电之间的配比,以保证电力系统的稳定供应,并优化能源的利用效率。在能源供给较为充裕时,储能系统能够有效储存多余能量;而在需求高峰或太阳能不足时,储能系统能迅速释放能量以满足岛屿的需求。运行控制还考虑了系统的安全性和故障处理。

3. 能源管理

光储柴微电网系统的成功运行依赖于精细而高效的能源管理。能源管理是确保光伏、储能系统和柴

油发电三者协同运行的核心，旨在实现能源的有效利用和分配，以满足岛屿电力需求的同时最大限度地降低成本和环境影响。针对不同能源之间的互补性和时序性，系统设计了一套全面的能源调度机制。这包括了针对光伏电站、储能系统和柴油发电的不同工作模式的规划与制定。对于光伏电站，着重考虑了日照情况和天气变化对太阳能产量的影响，制定了对应的发电计划。对于储能系统，精准控制能量的储存和释放，确保在需求高峰时期能够快速响应，平衡能源供需。而柴油发电作为备用能源，根据系统需求和预测情况合理安排运行，以确保电力系统的连续性。系统建立了有效的能源监测和优化控制系统。通过实时监测各能源的产量、储存和消耗情况，系统能够及时调整运行策略，使得各能源的利用达到最优状态。这种实时性的监测与调整，使得系统能够适应外部环境的变化和电力需求的波动，保障了系统的稳定性和可靠性。能源管理还着重考虑了能源的可持续性和环保性。在能源供应的同时，系统更注重对环境的保护，最大限度地降低了传统柴油发电对环境的影响。

4. 故障检测和保护控制

为确保光储柴微电网系统的稳定运行和安全性，系统建立了完善的故障检测和保护控制机制。这一系统涵盖了从故障预防到快速响应的全方位保护策略。系统采用了先进的故障预警技术。通过实时监测各个组件的工作状态和性能数据，系统能够识别并预测可能发生的故障或异常情况。这种预警系统能够在故障发生前提前发现并进行预防性的维护，从而最大程度地降低系统故障带来的损失。系统实施了快速响应的故障处理机制。一旦发生故障，系统能够快速准确地定位故障点，并启动相应的保护措施，例如自动切换至备用能源，或隔离故障点，以防止故障扩散影响到整个电力系统。这种快速的响应机制有效保障了电力系统的稳定性和连续性。系统还建立了可靠的应急恢复机制。一旦发生严重故障导致系统崩溃，系统能够迅速恢复至正常工作状态。这包括备用能源的快速接入和系统重启等操作，确保岛屿电力供应不会长时间中断。系统设计了人工干预和监督机制。尽管系统具备自动化的故障检测和保护控制功能，但人工干预仍是确保系统安全的重要一环。设立了专业人员监督系统运行状态，确保系统在异常情况下能够及时采取措施并进行修复。

二、实验结果

（一）岛上能源供应现状

岛上能源供应的现状是光储柴微电网系统设计

的出发点和依据。在此之前，岛屿的能源供应主要依赖于三台柴油发电机，然而，这种传统的柴油发电方式存在着一系列问题。首先，柴油发电的成本高昂，加之岛屿远离主要供应地，运输成本更是居高不下。其次，柴油发电过程中产生的排放物对岛屿的生态环境造成了不可忽视的污染，对当地的土地和海洋生态造成了一定损害。这种传统柴油发电方式的不可持续性和不利影响促使岛屿寻求新的可再生能源供应方案。因此，光伏电站成为了首选方案之一，光伏能源具备可再生性和清洁性，且岛上日照充足，适宜太阳能发电^[2]。在光伏电站建设之初，岛上并未有储能系统，这导致太阳能发电的波动性带来了供电的不稳定性，尤其在夜间或天气不佳时，能源供应出现了短缺。因此，岛上能源供应现状的主要问题在于高成本、能源波动性和环境污染。这些问题直接影响了岛上的生活、经济和生态环境。

（二）光储柴微电网系统建设与运行情况

光储柴微电网系统的建设与运行标志着岛上能源供应模式的重大转变。自系统建设完成并投入运行以来，岛屿能源供应情况发生了显著改变。光伏电站的建成是系统的核心，利用了岛上充足的太阳能资源，实现了可再生能源的大规模利用。这个光伏电站的容量为1.8MWp，配合着2.5MW的储能系统，这一系统有效地解决了太阳能发电的波动性问题，确保了电力的持续稳定供应。光储柴微电网系统的运行模式体现了协同优化的精髓，系统能够智能地控制光伏、储能和柴油发电的配比，根据实时能源需求及天气情况，动态调整能源分配。在充足的太阳能光照时，光伏电站通过并网发电，同时储能系统存储多余的能量；而在夜晚或能源不足时，储能系统迅速释放能量，保障了电力的持续供应，这也降低了对传统柴油发电的依赖。光储柴微电网系统在环境保护方面也取得了显著成效。相较于传统柴油发电，该系统不产生二氧化碳和其他污染物，极大地降低了对岛屿生态环境的影响，为岛屿的生态系统和环境保护做出了积极贡献。

（三）成功案例分析与数据展示

光储柴微电网系统作为成功的案例，其实例和数据展示了系统的实际运行效果。通过对岛上能源供应情况的全面改变，系统为岛屿带来了显著的成效。系统实现了能源供应的稳定可靠。与传统的柴油发电相比，系统能够在光伏电站的带动下，大幅度减少对柴油的依赖。根据数据统计，系统投入运行后，柴油发电的使用量大幅减少了超过50%，这

不仅降低了能源成本，也显著减少了对有限石油资源的消耗。同时，系统运行稳定，没有出现过断电或供电不足的情况，确保了岛上电力的连续供应。系统提升了能源利用效率。光伏电站与储能系统的协同运行，有效地利用了太阳能，并在太阳光照不足或夜间的时候释放储存的能量，使得能源利用效率大幅提升。数据显示，系统整体的能源转化效率较传统柴油发电提高了约 30%，这不仅意味着更高效的能源利用，也在经济上带来了实质性的节约。环保效益显著。系统运行以来，二氧化碳和其他污染物排放量大幅减少，使得岛屿的生态环境得到了显著改善。据测算，系统投入运行后，岛上的碳排放量减少了近 60%，同时降低了空气和土壤污染，有助于保护当地的自然生态系统。

三、讨论

（一）太阳能波动性及气象条件对系统的影响

太阳能波动性和气象条件对光储柴微电网系统运行产生着重要影响。太阳能的波动性直接影响着光伏电站的发电效率和稳定性。系统在不同时间和天气条件下，太阳能的辐射强度和光照时长存在着明显变化，这使得光伏发电的产能也呈现波动状态。在光照较弱或天气不佳时，光伏电站的发电能力减弱，这时系统便依赖储能系统和柴油发电的补充，以保障电力的持续供应。因此，对太阳能波动性的充分了解，是系统优化运行的关键。气象条件直接影响着系统的能源供给和需求匹配。不同季节和天气变化会导致岛屿电力需求的波动性。气象条件的变化影响了系统对能源的需求和利用方式，也影响着系统中各个能源组件的工作状态和效率。因此，充分考虑气象条件对系统运行的影响，有助于系统制定更为精确的运行策略，从而更好地满足岛屿的电力需求。

（二）光伏、储能与柴油发电协同运行的效果评估

光伏、储能与柴油发电协同运行的效果评估对于系统整体运行的评价至关重要。这种协同运行通过光伏电站、储能系统和柴油发电的智能配合，旨在实现系统能源的最佳化利用和电力供应的稳定性。光伏发电的引入使得系统能够充分利用太阳能资源，降低了对柴油发电的依赖。系统运行数据显示，光伏发电平均每日能源贡献率达到系统总能源需求的 50% 以上。这种高比例的可再生能源贡献，降低了能源成本，提升了系统的经济性，并显著减少了对环境的负面影响。储能系统的引入改善了能源的储存和释放效率，解决了光伏发电波动性的问题。系统数据表明，

储能系统的运行使得系统在太阳能供给不足的情况下，能够依然保障电力的持续供应。而在太阳能供给充足时，储能系统能高效储存多余能量，提升了能源利用效率。这种储能系统的作用，使得整个系统的能源转化效率提升了约 30%，进一步降低了系统运行的成本。柴油发电作为备用能源在系统中的作用也得到了充分发挥。

（三）系统优化策略与成效分析

系统优化策略是确保光储柴微电网系统高效运行的关键。通过对系统的不断调整和优化，系统能够更好地适应外部环境的变化和电力需求的波动，从而提升系统的整体性能。系统建立了精准的能源预测和需求响应机制。这种机制通过实时监测气象数据、光照强度以及电力需求变化，能够更准确地预测太阳能的发电量和岛屿电力需求。根据这些预测数据，系统可以灵活地调整光伏、储能和柴油发电的运行策略，确保系统在不同条件下仍能稳定供电。系统采用了智能化的能源管理和分配策略。这种策略充分考虑了光伏、储能和柴油发电的协同工作模式，根据实时数据和预测情况，智能地调整各个能源组件的工作状态和运行参数。

四、结论

光储柴微电网系统的建设和运行为岛屿能源供应带来了革命性的变革。通过光伏、储能和柴油发电的协同运行，系统成功解决了传统柴油发电的高成本、能源波动性和环境污染等问题。系统的优化运行策略和智能能源管理机制，使得岛屿能够更有效地利用可再生能源，降低了能源成本，提高了系统的经济性和可靠性。此外，系统的运行也显著减少了对环境的负面影响，为岛屿生态环境和可持续发展做出了实质性贡献。光储柴微电网系统的成功案例为类似地区的能源转型提供了宝贵的经验和启示，展现了可再生能源与传统能源协同的巨大潜力，对推动清洁能源的发展和应对气候变化具有重要意义。

参考文献：

- [1] 高渗透率光伏配电网中储能系统综合运行策略与优化配置研究 [D]. 山东大学, 2019.
- [2] 时国平, 钱叶册, 孙佐. 直流微电网光伏发电储能系统的研究 [J]. 绥化学院学报, 2019:144-146.

作者简介：唐亮（1995.8.30—），性别：男，民族：汉，籍贯：甘肃景泰，学历：本科，现有职称：助理工程师，研究方向主要从事：光伏项目电气。