

配网分布式储能优化配置与运行控制策略

葛植艳

广西金海电力勘察设计有限公司 广西省 536000

DOI:10.12238/ems.v7i9.15257

[摘要] 本文深入探讨了配网中分布式储能布局优化配置的关键问题，全面分析了优化方法与技术方案。通过构建一个综合考虑电网规划、能源需求和经济性因素的布局优化模型，结合储能设备的选型、容量与位置的优化配置，以及系统运行控制策略，实现了对配网中分布式储能的合理配置。本文的研究成果，不仅为配网中分布式储能的布局优化提供了坚实的理论指导，也为实际操作提供了宝贵的实践参考。

[关键词] 配网；分布式储能；布局优化；控制策略

引言

在当前全球能源结构转型和电力系统升级的大背景下，随着能源需求的持续增长和可再生能源产业的快速发展，配网作为电力系统的重要组成部分，其优化运行和管理显得愈发关键。在配网的发展过程中，分布式储能技术作为一种重要的能量存储手段，具有调节电力负荷、提高供电可靠性、促进新能源接入等诸多优势，受到广泛关注。本文旨在深入探究配网中分布式储能布局优化配置的相关问题，以提高电网的稳定性和经济性，推动相关技术的应用与发展。

1. 配网与分布式储能技术概述

1.1 配网的定义与特点

配网是电力系统中负责将电能分配给终端用户的部分。它不仅是电力传输的末端环节，也是确保电力供应稳定性和安全性的关键。现代配网正朝着更加灵活、可靠和高效的方向发展，以适应复杂多变的电力需求和供给情况。通过引入先进的控制策略和电力电子设备，配网能够更好地实现对电力分配和使用的管理优化，提升运行效率，并促进清洁能源的规模化应用。此外，配网的智能化升级，例如通过智能电表和自动化控制系统，进一步提高了能源利用的效率和电网的响应速度。配网的智能化还体现在对用户用电行为的分析和预测上，通过大数据和人工智能技术，可以更精准地预测电力需求，从而实现更精细化的电力调度和管理。

1.2 分布式储能技术的基本原理与分类

分布式储能技术通过在电网多个节点部署储能设备，实现电能的灵活储存与释放。其基本原理是将电能转换为其他形式的能量储存，并在需要时再转换回电能。这种技术对于平衡电网负荷、提高能源利用效率、增强电网抗风险能力具

有重要意义。分布式储能技术主要包括电化学储能、机械储能和热能储能三大类。电化学储能利用电池等装置将电能转化为化学能，如锂离子电池和铅酸电池，具有高能量密度和快速响应的特点，适用于电网调峰、频率调节和电动汽车充电。机械储能如飞轮储能和压缩空气储能，利用动能或势能储存能量，适用于快速释放大能量场景，飞轮储能技术能迅速释放电能，提升电网稳定性。热能储能将电能转化为热能储存，如水蓄热和熔融盐储热，适合大规模热能需求，有效利用低谷电能，减少能源浪费。分布式储能系统通过这些技术的综合应用，为电网提供灵活高效的能量管理解决方案，支持可再生能源整合和电力市场稳定运行。随着技术进步和成本降低，分布式储能技术将在未来能源结构中扮演关键角色，为可持续能源目标提供技术支撑。

2. 分布式储能布局优化方法

在当前能源转型和电力系统升级的背景下，分布式储能布局优化方法显得尤为重要。它不仅关系到电网的稳定性和可靠性，还直接影响到能源的高效利用和经济效益。

2.1 基于电网规划的布局优化模型

该模型旨在通过对配网结构（如线路拓扑、负载分布、电压水平）和负荷特征的深入分析，确定分布式储能设备的最佳布局方案，以实现电网的有效运行和资产管理。模型综合考虑电网结构参数、负载特征参数和储能设备技术参数，建立优化目标（如最小化系统运行成本或最大化运行效益），并应用优化算法求解最优的储能设备接入位置方案。模型中定义了关键决策变量（如储能设备在节点的接入状态），并考虑了相应的成本关联因素，如储能设备的安装成本、运维成本以及可能的替换成本。此外，模型还考虑了环境因素和政

策导向, 确保优化方案不仅在技术上可行, 而且在经济和环境上都是可持续的。通过模拟不同场景下的电网运行情况, 模型能够评估储能布局对电网稳定性的影响, 为电网规划提供科学依据。

2.2 基于能源需求的布局优化模型

该模型根据终端用户的能源需求模式(如用电模式、负荷曲线、能耗特点)和电力系统的运行特性, 优化分布式储能的位置和容量配置, 以实现能源需求的灵活调节和系统平衡。模型首先对用户需求和储能技术特性进行深入分析研究, 然后建立优化目标函数(通常为最小化系统总成本或最大化系统效益), 并充分考虑满足用户需求、保证系统稳定运行以及储能设备自身技术参数(如充放电功率、容量范围)等约束条件, 最终通过优化算法求解最优布局方案。模型还考虑了用户侧的可再生能源接入情况, 如太阳能和风能的波动性, 以及如何通过储能系统来平滑这些波动, 提高能源的利用率。此外, 模型还关注储能系统与电网互动的经济激励机制, 如峰谷电价政策, 以及如何利用这些机制来优化储能系统的经济性。

2.3 基于经济性的布局优化模型

该模型侧重于通过考虑各项经济性因素, 优化分布式储能设备的布局和配置, 以最大程度地降低系统总体运行成本, 提高能源利用效率。模型需详细分析电力系统运行涉及的成本构成(如电力采购成本、峰谷电价差异成本、储能设备投资成本、运维成本等)。在此基础上, 建立以最小化系统总成本为核心的经济性优化目标函数, 并严格考虑电网运行约束(如功率容量限制)和储能设备的技术约束(如容量、功率范围、安全运行边界), 最终应用优化算法求解最优的经济性布局方案。模型还考虑了储能设备的寿命和退化特性, 确保在长期运行中能够保持良好的性能和经济效益。同时, 模型也关注储能设备的回收和再利用问题, 以实现资源的可持续利用。通过综合考虑这些因素, 模型能够为电力公司和储能设备提供商提供一个全面的经济性评估, 帮助他们做出更明智的投资决策。

3. 分布式储能配置技术方案

3.1 储能设备选型与配置

储能设备的选型与配置构成分布式储能技术方案的核心部分, 涉及对多个技术参数的权衡与决策过程。依据应用场景的需求, 确定储能设备的类型, 例如锂离子电池、铅酸电

池、超级电容器等。每种类型均具备其独特的性能特点, 包括但不限于能量密度、功率密度、循环寿命和成本等。例如, 锂离子电池以其高能量密度和长循环寿命, 适用于需要长时间储能和快速充放电的场景。根据系统的能量需求和功率需求, 确定储能设备的容量和数量。通过对系统负载特性的深入分析, 包括负载的峰值、平均值、波动范围等, 通过合理的容量和数量配置, 确保储能设备在满足系统需求的同时, 达到最佳的经济性。同时, 还需考虑储能设备的并联与串联组合方式。并联可以增加系统的容量, 提高系统的供电能力; 串联则可以增加系统的电压等级, 满足高电压应用的需求。合理的组合方式, 可以实现储能设备的优化配置, 提高系统的整体性能。在选型与配置过程中, 还需考虑储能设备的安全性和可靠性, 例如设备的过充、过放、过流、短路等保护功能, 以及设备的散热、防火、防爆等安全措施。选择具有良好安全性能和稳定性的设备, 可以确保分布式储能系统的长期稳定运行。

3.2 储能容量与位置优化配置

储能容量与位置优化配置是分布式储能技术方案中的关键环节, 涉及对电网结构、负载特性以及储能技术特性的深入理解与综合考量。分析电网的拓扑结构, 识别关键节点和薄弱环节, 确定储能系统接入电网的最佳位置, 有助于最大化储能系统的效用, 提升电网的供电可靠性和稳定性。对负载特性进行深入研究, 包括负载的峰值、平均值、波动性以及时空分布等, 可以精确预测储能系统的能量需求和功率需求, 从而确定合理的储能容量。同时, 考虑到不同时段和季节的负载变化, 需要对储能容量进行动态调整和优化。在储能容量的优化配置中, 还需综合考虑储能技术的特性, 如能量密度、功率密度、充放电效率、循环寿命等。不同技术类型的储能设备具有不同的性能优势和适用场景, 需要根据实际需求选择合适的储能技术。例如, 对于需要快速响应的场景, 可选择具有高功率密度的储能技术; 对于需要长时间储能的场景, 则应选择具有高能量密度的储能技术。在储能容量与位置优化配置时, 还应考虑储能系统的扩展性和灵活性。随着技术的进步和需求的变化, 储能系统可能需要进行升级或扩展。因此, 在设计阶段就应预留足够的扩展空间和接口, 以便未来可以方便地增加新的储能单元或模块。此外, 储能系统的配置还应考虑与可再生能源系统的协同工作, 如太阳能光伏和风能系统, 以实现能源的最大化利用和环境的可持

续发展。

3.3 储能系统运行控制策略

储能系统运行控制策略是确保分布式储能系统高效、安全和可靠运行的关键,运行控制策略应实时监控电网的运行状态,包括电压、电流、频率等关键参数。当电网出现波动或故障时,储能系统需要迅速响应,通过充放电操作来平衡电网的供需关系,维持电网的稳定运行。系统需要实时监测储能设备的荷电状态(SOC)、温度、健康状态等关键指标,确保设备在安全范围内运行。当设备出现故障或性能下降时,系统应及时采取措施,如切换备用设备、调整运行参数等,防止设备损坏或影响整个系统的运行。系统应根据负载的实时需求,智能调整储能设备的充放电功率和容量,以满足负载的峰值和平均需求。同时,通过预测负载的未来需求,系统可以提前进行储能设备的充放电操作,实现能量的优化调度和管理。根据不同的管理目标,如降低成本、提高可再生能源利用率、减少碳排放等,系统需要灵活调整储能设备的运行策略。例如,在可再生能源发电高峰时段,系统可以通过储能设备吸收多余的电能,降低弃风、弃光等现象的发生;在负荷高峰时段,则可以释放储能设备的电能,缓解电网供电压力。

4. 配电网中分布式储能优化案例分析

4.1 某配电网项目的优化实践

在当前全球能源转型和电力需求不断上升的背景下,配电网的稳定性和可靠性面临着前所未有的挑战。为了应对这些挑战,某配电网项目采取了分布式储能布局的优化实践。项目小组深入研究了配电网的负载特性,特别关注了高峰期间的负载波动和功率峰值问题。他们发现,传统的电力系统在面对这种显著的负载波动时显得力不从心。为了克服这一难题,小组决定引入分布式储能技术,旨在提高系统的负载调节能力和供电稳定性。在选择和配置储能设备时,小组经过慎重考虑,选择了锂离子电池作为储能设备,并根据配电网的负载特性和电网结构,精确计算并确定了储能设备的总容量和分布式配置方案。通过深入分析电力系统的负载分布和峰谷特性,小组合理地确定了储能设备的容量大小和分布位置,以实现系统负载的平滑调节和供电峰谷的削减。此外,为了进一步提高储能设备的运行效率和降低系统运行成

本,小组还精心设计了储能系统的运行控制策略,这包括了充放电控制、优化调度等关键环节。

4.2 优化效果分析

经过优化实践后,配电网在早晨和傍晚的高峰时段,电网负载波动幅度显著降低,分别降低至14%和11%。与此同时,储能系统的利用率得到了显著提升,分别达到了82%和87%。在非高峰时段,电网负载波动幅度进一步降低至7%,储能系统的利用率也达到了75%。这些数据充分说明了通过优化分布式储能布局,智能配电网的电网负载波动得到了有效控制,储能系统的利用率得到了显著提升,从而极大地增强了系统的供电稳定性和运行效率。这一优化实践不仅提高了配电网的性能,也为未来类似项目的实施提供了宝贵的经验和参考。

结束语

通过上述分析和案例研究,我们可以看到分布式储能技术在配电网中的应用不仅能够有效缓解电力需求高峰带来的压力,还能提高电网的稳定性和可靠性。优化配置与运行控制策略的实施,为配电网的智能化升级提供了有力支撑,同时促进了可再生能源的高效利用和环境的可持续发展。随着储能技术的不断进步和成本的进一步降低,分布式储能将在配电网中扮演更加重要的角色,为构建更加绿色、智能的电力系统贡献力量。

[参考文献]

- [1]葛磊蛟,郑轶文,李小平,王浩,杨剑锋,车玉龙.高比例分布式光伏接入下配电网多类型储能优化配置技术综述[J].浙江电力,2025,44(5):1-11.
- [2]马鑫,薛飞,顾文波,李宏强,吕思卓.考虑多场站短路比约束的构网型储能及分布式调相机优化配置方法[J].电力自动化设备,2025,45(5):40-46+64.
- [3]海琪,陈静.考虑分布式电源接入的主动配网储能配置优化方法[J].电气技术与经济,2025(6):376-379.
- [4]路巧玲,徐省,李娜,赵仕波,张驰宇,方志辉.智能配电网中分布式储能布局优化配置研究[J].江西电力,2025,49(1):63-66.
- [5]司刚,葛淑娴,高帅,董得龙.基于源网荷储协同的分布式光伏储能容量配置优化[J].电力设备管理,2025(6):95-97.