

新能源微电网的能量管理与优化控制策略

周 谊

华润新能源（巴彦淖尔）有限公司 内蒙古 巴彦淖尔 015300

摘要：新能源微电网优化控制策略旨在确保系统高效、稳定运行。通过预测控制策略精准预测能源供应与负荷需求，结合智能优化技术实现分布式电源、储能系统的最优调度与负荷分配。引入自适应与鲁棒性控制机制，提升系统应对不确定性和外部干扰的能力，保障电网稳定性和安全性。此策略促进新能源的最大化利用，降低运行成本，推动可再生能源的可持续发展。

关键词：新能源；微电网；能量管理；优化控制

1 新能源微电网的概念

新能源微电网是一种集成了多种分布式能源（如太阳能光伏、风力发电、储能系统等）和负荷，并能够实现自我控制、保护和管理的小型电力系统。它旨在提高能源利用效率，增强电力系统的灵活性和可靠性，特别是在远离大电网或电网不稳定的地区，为用户提供稳定、清洁的电力供应。新能源微电网通过先进的电力电子技术和智能管理系统，将各种分布式发电设备、储能装置、可控负荷以及必要的监控和保护设备集成在一起，形成一个独立的发配电系统。这个系统既可以在与大电网并网运行时，作为大电网的一个“友好型”用户，参与电网的调峰调频、提供辅助服务等；也可以在电网故障或需要时，迅速与大电网解列并孤岛运行，独立向本地负荷供电，确保关键负荷的不间断供电。其核心优势包括：（1）清洁能源利用：主要依赖太阳能、风能等可再生能源，减少化石燃料的依赖和温室气体排放。（2）提高供电可靠性：通过分布式发电和储能的冗余设计，增强电网的韧性，降低大电网故障对本地供电的影响^[1]。（3）灵活性和经济性：可根据实际需求灵活配置发电和储能容量，优化能源结构，降低用户用电成本。（4）促进能源互联网发展：作为能源互联网的基本单元，新能源微电网为智能电网、虚拟电厂等更大范围的能源优化和调度提供了基础。

2 新能源微电网的工作原理与运行模式

新能源微电网的工作原理基于其内部多种分布式能源与负荷之间的智能互动。它通过先进的电力电子设备和控制系统，实现对各种分布式发电单元（如太阳能光伏板、风力发电机）的电能转换、储能装置（如电池组）的充放电管理，以及负荷的灵活调度。微电网内的能量流动是双向的，既可以从分布式电源流向负荷，也可以通过储能系统进行调节，以平衡供需关系。

2.1 孤岛运行与并网运行

孤岛运行：当大电网出现故障或维护需要停电时，新能源微电网能够迅速切换至孤岛运行模式。在此模式下，微电网内部的所有分布式电源、储能装置和负荷形成一个独立的电力系统，通过内部的控制策略保证供电的稳定性和可靠性。孤岛运行期间，微电网会利用自身的发电能力和储能储备，满足本地负荷的电力需求，确保关键负荷的不间断供电。**并网运行：**在正常情况下，新能源微电网通常选择并网运行模式。微电网与大电网相连，共同为本地负荷供电。微电网内的分布式电源在发电过程中，不仅可以满足本地负荷需求，还可以通过并网接口向大电网输送多余电力，实现能源的共享和优化配置。微电网还可以从大电网获取电力支持，确保在自身发电能力不足时仍能满足负荷需求。在并网运行模式下，微电网与大电网之间的功率交换是双向的，通过智能调度系统实现最优化的能源利用。

2.2 分布式电源与储能系统的协调控制

新能源微电网中的分布式电源和储能系统是确保系统稳定运行和高效供电的关键。为了实现这一目标，需要对这些设备进行精确的协调控制。具体来说，控制系统会根据实时负荷需求、分布式电源的发电状况以及储能系统的充放电状态，制定最优化的调度策略。在分布式电源方面，控制系统会实时监测各电源的输出功率和状态信息，通过调整其工作点或启停状态来优化发电效率并满足负荷需求。要考虑分布式电源之间的互补性，如太阳能和风能在不同时间段内的发电特性差异，以实现能源的最大化利用。在储能系统方面，控制系统会根据负荷需求和分布式电源的发电情况，智能地控制储能装置的充放电过程。当分布式电源发电量大于负荷需求时，多余的电能将被储存起来；当发电量不足或负荷需求增加时，储能装置将释放电能以补充供电。通过精确

的充放电控制策略,储能系统可以有效地平抑分布式电源出力的波动性和间歇性,提高微电网的供电质量和可靠性。

3 新能源微电网的能量管理策略

3.1 提高能源利用效率

新能源微电网的能量管理策略中,提高能源利用效率是核心目标之一。这要求微电网系统具备高度的智能化和自适应能力,通过集成先进的预测算法,如时间序列分析、机器学习等,微电网能够精准预测分布式能源(如太阳能光伏板受天气影响的光照强度变化、风力发电机受风速变化影响的发电量)的发电潜力,以及负荷随时间变化的用电需求。这些预测数据为后续的能源调度提供了重要依据。微电网运用实时监测系统,对分布式电源、储能装置及负荷的运行状态进行不间断监控,确保数据的准确性和时效性,基于这些数据,微电网能够智能地调整分布式电源的工作状态,如调节光伏逆变器的输出功率、控制风力发电机的转速等,以最大化发电效率。在能源供应充足时,微电网会优先利用可再生能源发电,减少对传统能源的依赖^[2]。储能系统在提高能源利用效率方面发挥着关键作用,通过智能控制储能装置的充放电过程,微电网能够在能源供应过剩时储存电能,在能源不足时释放电能,有效平衡能源供需。这种“削峰填谷”的作用不仅减少能源浪费,还提高系统的稳定性和可靠性。

3.2 降低成本与环境污染

在成本控制方面,微电网减少对大电网的依赖,降低购电成本。由于分布式能源主要依赖可再生能源,其发电成本相对较低,且随着技术进步和规模效应的显现,成本有望进一步降低。微电网通过智能运维和故障预警系统,实现对设备的远程监控和故障诊断,减少因设备故障导致的停电损失和维修成本,微电网还通过优化能源配置和调度策略,提高能源利用效率,进一步降低运行成本。在环境保护方面,新能源微电网主要依赖可再生能源发电,如太阳能和风能,这些能源在发电过程中不产生污染物排放,对改善空气质量、减少温室气体排放具有重要意义,微电网还通过合理的能源管理和废弃物处理策略,如回收废旧电池、处理光伏板退役后的废弃物等,进一步减少对环境的不良影响。

3.3 发电计划与优化调度

发电计划的制定基于对未来能源供应和负荷需求的精准预测,通过综合考虑天气变化、季节更替、节假日等特殊因素对能源供应和负荷需求的影响,微电网能够制定出科学合理的发电计划。在优化调度过程中,微电

网运用先进的算法和模型,对分布式电源和储能系统进行实时调度和控制。这些算法和模型能够综合考虑多种因素,如分布式电源的发电特性(如太阳能光伏板的发电效率受光照强度影响、风力发电机的发电量随风速变化而变化)、储能系统的充放电特性(如电池组的充放电效率、循环寿命等)、负荷的用电特性(如不同时间段内负荷的峰谷变化)以及电网的约束条件(如电压波动范围、电流限制等)。通过综合考虑这些因素,微电网能够制定出最优的调度策略,确保在满足负荷需求的实现能源的最大化利用和供需平衡,微电网还具备自我学习和优化能力,能够根据历史数据和实时反馈不断调整和优化调度策略,以适应不断变化的能源供应和负荷需求。

3.4 多源协调优化调度方法

新能源微电网中的多源协调优化调度方法是实现系统高效运行和能源最优配置的关键。这种方法旨在综合考虑微电网内多种分布式能源(如太阳能光伏、风力发电、储能系统等)的特性和运行状况,通过先进的调度算法和优化模型,实现各能源之间的协调互补和最优利用。在调度过程中,系统会根据实时负荷需求、能源供应预测、储能状态以及电网约束条件等因素,动态调整各分布式电源的发电计划和储能系统的充放电策略,确保在满足负荷需求的同时,最大限度地减少能源浪费和成本支出,多源协调优化调度方法还注重各能源之间的互补性,通过合理的调度策略,实现风、光、储等多种能源之间的协同作用,提高整个微电网的能源利用效率和稳定性^[3]。

3.5 负荷优化分配与削峰填谷

负荷优化分配与削峰填谷是新能源微电网能量管理策略中的重要环节。负荷优化分配旨在根据实时负荷特性和预测数据,对微电网内的负荷进行合理分配,以减少对单一能源或设备的过度依赖,提高系统的整体能效。通过智能调度系统,可以将高峰时段的负荷转移到低谷时段,或者将部分负荷分配给其他可用的分布式电源,以实现负荷的均衡分布。削峰填谷则是通过储能系统的充放电管理,对负荷曲线进行平滑处理,减少负荷峰谷差,提高电网的稳定性和经济性。在负荷高峰时段,储能系统可以释放储存的电能,补充供电不足;在负荷低谷时段,则可以利用多余的电能对储能系统进行充电,为未来的高峰时段储备能量。

4 新能源微电网的优化控制策略

4.1 实现微电网的高效、稳定运行

实现微电网的高效、稳定运行是优化控制策略的首

要目标。这要求控制系统能够准确、快速地响应各种内外部变化,包括分布式电源的发电波动、负荷需求的突然变化以及电网的故障情况等。为了实现这一目标,控制系统需要具备高度的集成性和智能化。它应能够实时监测微电网内所有设备的运行状态,包括分布式电源、储能系统、负荷以及电网接口等,并根据监测数据进行综合分析,制定出最优的控制策略。在具体实施上,控制系统可以通过优化调度算法,合理安排各分布式电源的发电计划和储能系统的充放电策略,确保在满足负荷需求的同时,实现能源的最大化利用。控制系统还应具备强大的故障检测与恢复能力,能够在电网故障或设备故障时迅速做出反应,确保微电网能够平滑过渡到孤岛运行模式,并保持对关键负荷的供电。

4.2 预测控制策略

预测控制策略是新能源微电网优化控制的重要组成部分。由于新能源(如太阳能、风能)的发电具有不确定性和间歇性,因此预测控制策略对于提高系统的稳定性和经济性至关重要。预测控制策略主要包括能源供应预测和负荷需求预测两个方面。能源供应预测主要基于历史数据和实时气象信息,利用先进的预测算法(如机器学习、时间序列分析等)对分布式电源的发电潜力进行预测。这些预测数据为控制系统的调度决策提供了重要依据,有助于减少因能源供应不足或过剩而导致的能源浪费和成本增加^[4]。负荷需求预测则主要关注未来一段时间内负荷的变化趋势和峰谷分布。通过综合考虑各种因素(如节假日、季节变化、天气条件等),控制系统能够制定出更加精准的负荷预测模型,从而为优化调度提供有力支持。

4.3 智能优化技术

智能优化技术是新能源微电网优化控制策略的重要支撑。这些技术包括但不限于遗传算法、粒子群优化算法、神经网络等。在新能源微电网中,智能优化技术主要应用于分布式电源的调度优化、储能系统的充放电策略优化以及负荷分配优化等方面。通过运用这些技术,控制系统能够在满足各种约束条件(如电网稳定性、设备容量限制等)的前提下,实现系统整体性能的最优化。例如,在分布式电源调度优化中,智能优化技术可以根据实时能源供应和负荷需求情况,动态调整各分布

式电源的发电计划,以实现能源的最大化利用和成本的最小化。

4.4 自适应与鲁棒性控制

自适应控制策略能够根据系统运行状态和环境条件的变化,自动调整控制参数和策略,以确保系统始终保持在最优运行状态。这种策略要求控制系统具备强大的学习能力和实时响应能力,能够迅速识别并适应新的运行环境和条件。鲁棒性控制则强调控制系统在面对外部干扰和不确定性时的稳定性和可靠性。在新能源微电网中,鲁棒性控制策略主要用于保障电网的稳定性和安全性。通过引入冗余设计、故障检测与隔离机制以及快速恢复策略等措施,控制系统能够在电网故障或设备故障时迅速做出反应,确保微电网能够平滑过渡到孤岛运行模式,并保持对关键负荷的供电,鲁棒性控制策略还注重提高系统的抗干扰能力,确保系统在各种恶劣条件下都能保持稳定运行。

结束语

新能源微电网作为未来能源系统的重要组成部分,其优化控制策略的实施对于推动能源转型、实现绿色低碳发展具有重要意义。通过持续的技术创新和策略优化,微电网将进一步提升能源利用效率,降低环境污染,为构建更加智能、灵活、可靠的能源体系奠定坚实基础。展望未来,新能源微电网将在全球范围内发挥更加重要的作用,引领能源行业的变革与发展。

参考文献

- [1]刘云帆,程若楠,袁梓浩,刘广发,周含方.优化新能源充电站的能量管理方案设计[J].现代工业经济和信息化,2019,9(03):56-57.
- [2]魏飞,主晓琨,李沛东,等.基于能源互联网的新能源微电网优化调度策略研究[J].电子设计工程,2024,32(12):166-170.DOI:10.14022/j.issn1674-6236.2024.12.034.
- [3]孟洪民,刘迪,李强,等.考虑蓄电池健康的微电网群模型预测控制能量管理策略[J].电力自动化设备,2019,39(6):88-95.DOI:10.16081/j.issn.1006-6047.2019.06.013.
- [4]欧阳森,马文杰.考虑电压故障类型的光伏逆变器低电压穿越控制策略[J].电力自动化设备.2018,(9).DOI:10.16081/j.issn.1006-6047.2018.09.004.