

荷储一体化运营模式下的电力系统优化调度策略

何 玮

浙江星河微网能源科技有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 随着能源转型与电力需求增长, 电力系统的稳定性和可靠性面临新挑战。传统电力调度模式下, 负荷的不确定性和储能的分散性, 使得电力供需难以精准匹配。一方面, 新能源发电的间歇性和波动性, 导致电网负荷波动大; 另一方面, 储能资源未能得到充分利用, 无法有效发挥平抑作用, 电力系统的灵活性和抗风险能力亟待提升。基于此, 本文针对荷储一体化运营模式下的电力系统优化调度策略展开深入分析。全面剖析负荷特性与储能系统原理, 构建科学的电力系统优化调度模型, 明确优化目标与约束条件, 精心选择并设计算法。制定实时调度策略, 探讨不同场景下的应用, 完善执行与反馈机制。通过性能评估与优化, 建立指标体系, 运用多种方法进行评估, 并提出针对性优化措施。以期提高电力系统的稳定性、可靠性和灵活性, 促进能源高效利用, 推动电力行业可持续发展。

关键词: 荷储一体化; 电力系统; 优化调度; 能源转型

1 引言

在全球能源结构加速向清洁能源转型的浪潮下, 以风能、太阳能为代表的新能源在电力系统中的占比不断攀升。但新能源发电依赖自然条件, 发电过程呈现显著的间歇性与波动性, 给电力系统的稳定运行带来巨大挑战。传统电力调度模式主要基于集中式发电与可预测负荷, 难以适应新能源大量接入后的复杂局面。当新能源发电高峰时, 电力供应过剩, 而低谷时又供应不足, 若无法合理调配, 会造成能源浪费与电力短缺并存。同时, 储能虽能充当电力“蓄水池”, 但因缺乏高效协同机制, 难以充分发挥其削峰填谷、平衡电力的作用。荷储一体化运营模式为化解上述难题提供了新思路, 通过负荷与储能的深度融合, 优化电力系统调度。研究其优化调度策略, 对提升电力系统稳定性、促进新能源消纳、实现能源可持续发展意义重大, 能为电力行业的智能化变革注入强大动力。

2 荷储一体化基础理论

2.1 负荷特性分析

电力负荷特性分析是优化调度的基础。不同类型负荷具有独特变化规律, 居民负荷呈现明显的昼夜周期性, 夜间低谷时段, 多数家电关闭, 用电量少; 早晚上班前后及晚餐时段, 照明、电器使用频繁, 负荷达到高峰。商业负荷受营业时间和季节促销影响显著, 工作日营业时间内, 商场、写字楼等用电需求大, 节假日因促销活动, 用电负荷可能进一步攀升。工业负荷则与生产工艺、生产计划紧密相关, 连续性生产企业负荷较为平稳, 而间歇性生产企业在设备启停时, 负荷波动大。此外, 负荷还受气候因素影响, 夏季高温时, 空调制冷用

电大增; 冬季寒冷, 取暖设备投入使用, 负荷曲线随之改变。通过对这些负荷特性的深入分析, 建立负荷预测模型, 能够准确预测不同时间段的负荷需求, 为电力系统优化调度提供关键数据支持, 确保电力供应与需求精准匹配, 提升电力系统运行效率。

2.2 储能系统原理与分类

储能系统是维系电力供需平衡的关键。在化学储能中, 锂离子电池应用广泛, 其原理为锂离子在正负极间的嵌入和脱嵌来实现电能与化学能转化, 充电时锂离子从正极脱出嵌入负极, 放电时则反向移动释放电能; 铅酸电池成本低且技术成熟, 常应用于对成本敏感的储能场景。物理储能里, 抽水蓄能在电力负荷低谷时将水从下水库抽至上水库储存势能, 负荷高峰时放水发电, 将势能转为电能; 压缩空气储能能在电力过剩时将空气压缩存于地下洞穴等空间, 需用时释放以推动涡轮机发电。电磁储能中, 超级电容器具有快速充放电、长循环寿命的特性, 适用于短时间、大功率的电能存储与释放场景, 在电动汽车启停、可再生能源发电平滑等方面起作用。不同类型储能系统各有优缺点, 了解其原理和特点, 利于在荷储一体化中合理选择与配置储能。

2.3 荷储一体化协同运行机制

荷储一体化协同运行旨在整合负荷与储能资源, 实现电力系统高效稳定运行。在用电低谷期, 系统监测到负荷需求降低, 且新能源发电有盈余时, 控制储能系统充电, 将多余电能储存起来, 避免能源浪费, 同时减轻电网供电压力。当用电高峰期来临, 负荷需求激增, 新能源发电不足时, 储能系统迅速放电, 补充电力缺口, 维持电力供需平衡, 保障电网稳定运行。此外, 通过智

能控制系统,根据实时负荷预测和储能状态,动态调整负荷分配与储能充放电策略。对于可调节负荷,如工业生产中的部分设备、智能家电等,在不影响正常生产生活的前提下,错峰用电,配合储能充放电,进一步优化电力分配。这种协同运行机制,充分发挥负荷管理与储能调节的优势,提高电力系统应对新能源波动和负荷变化的能力,提升能源利用效率,降低运行成本,推动电力系统向智能化、绿色化发展^[1]。

3 电力系统优化调度模型构建

3.1 优化调度目标设定

优化调度目标的设定是构建科学调度策略的核心。首先,保障电力供应可靠性至关重要。电力系统需稳定、持续地为各类用户供电,避免停电事故。通过合理安排发电与储能设备的运行,确保在各种工况下,包括新能源出力波动、负荷突变时,都能满足用户的电力需求,维持系统频率和电压在正常范围内,减少因供电不稳定对工业生产、居民生活造成的负面影响。其次,提升能源利用效率是关键目标。在荷储一体化模式下,充分挖掘新能源发电潜力,合理调配储能系统,减少能源弃用。最后,降低运行成本也是重要考量。综合考虑发电成本、储能投资与运维成本、购电成本等因素,优化电力生产与调配方案。通过合理安排储能充放电时机,减少高价购电,降低发电设备不必要的启停次数,延长设备使用寿命,从而降低整个电力系统的运营成本,提高经济效益。

3.2 约束条件确定

在构建电力系统优化调度模型时,明确约束条件是确保模型合理性与可行性的基础。功率平衡约束是最基本要求,即系统中发电功率、储能充放电功率与负荷需求功率在任何时刻都需保持平衡^[2]。发电设备出力有上下限约束,各类发电机组受自身技术和物理特性限制,其发电功率不能超出额定范围,这保证了发电设备安全稳定运行。储能系统也存在诸多约束,如荷电状态(SOC)约束,储能电池的SOC需保持在合理区间,避免过充或过放,影响电池寿命和性能;充放电功率约束限制了储能系统充放电的速率,防止因功率突变对设备造成损害。此外,还有电网传输约束,输电线路存在容量限制,电力传输过程中不能超过线路的最大传输能力,否则会引发线路过载、电压失稳等问题。同时,考虑到不同时段的电价政策、能源市场供需关系等因素,还需纳入市场相关约束,确保调度策略在经济和市场层面的合理性,使优化调度方案切实可行。

3.3 模型算法选择与设计

模型算法的选择与设计直接影响优化调度效果。针对电力系统优化调度的复杂性,常选用智能优化算法。遗传算法模拟生物进化过程,通过选择、交叉、变异等操作,在解空间中搜索最优解。它能处理多目标、非线性问题,将电力供应可靠性、能源利用效率、运行成本等多个目标融合,通过适应度函数评估每个解的优劣,逐步进化出更优的调度方案。粒子群优化算法也较为常用,它模拟鸟群觅食行为,每个粒子代表一个潜在解,通过跟踪个体最优解和全局最优解,不断调整自身位置和速度,向最优解靠近。在电力系统调度中,粒子群优化算法可快速搜索到较优的发电与储能调度策略,且计算效率高。在设计算法时,结合电力系统特点对算法进行改进^[3]。例如,针对电力系统约束条件,设计专门的约束处理机制,确保搜索到的解满足功率平衡、设备容量等约束。同时,优化算法参数设置,提高算法收敛速度和寻优精度,使算法能更好地适应荷储一体化电力系统的优化调度需求,为实现高效、可靠的电力调度提供技术支持。

4 调度策略制定与实现

4.1 实时调度策略制定

实时调度策略制定需紧密结合电力系统实时状态。首先,依赖高精度负荷预测与新能源发电预测技术,借助机器学习算法,综合历史数据、气象信息等,预估未来电力供需。根据预测结果和储能实时荷电状态,拟定初步调度方案。在系统运行时,实时监测设备工况与电网参数。一旦实际情况偏离预测,如新能源发电骤降或负荷突增,立即启用动态调整机制。运用滚动优化算法,以当前时刻为基点,滚动优化后续时段调度计划。例如,若储能电量不足,可削减部分可中断负荷,优先保障重要用户用电,同时调整发电出力,维持电力供需平衡,确保策略适应系统变化。

4.2 不同场景下的调度策略应用

在正常运行场景,依据负荷与新能源发电常规变化,执行经济调度策略。优先利用低成本新能源发电,配合储能微调,平衡电力供需,降低运行成本。新能源大发场景中,当新能源发电远超负荷需求,将多余电能存入储能。若储能满充仍有剩余,可适当降低新能源发电功率,或向其他电网输电,避免能源浪费,维持系统稳定。面对负荷高峰,储能全力放电,补充电力缺口。若储能不足,则增加传统发电出力,优先保障重要用户用电,必要时有序中断部分非关键负荷,确保电力系统安全。

4.3 调度策略的执行与反馈机制

调度策略的执行依托高效自动化控制系统。该系统接收调度指令,通过通信网络将信号精准传输至发电设备、储能系统和负荷调节装置。各设备依令迅速调整运行状态,如发电设备增减出力、储能切换充放电模式、负荷调节装置启停设备,保障调度策略精准落实。同时,建立完善反馈机制。各设备实时采集运行数据,如功率、电压、荷电状态等,反馈至调度中心。调度中心利用数据分析评估策略执行效果,若实际指标与预期不符,及时分析原因并调整策略。例如,发现储能放电异常,重新分配任务、调整发电计划并安排维修,形成“执行-反馈-调整”闭环,持续优化调度策略^[4]。

5 策略性能评估与优化

5.1 评估指标体系构建

构建评估指标体系旨在全面衡量调度策略的优劣。可靠性指标中,系统停电频率和停电持续时间是关键,前者反映电力供应中断次数,后者体现每次停电时长,二者数值越低,表明供电可靠性越高,保障用户稳定用电。经济性指标涵盖发电成本、储能投资与运维成本总和,以及峰谷电价差套利收益。降低总成本、增加峰谷套利收益,能提升电力系统经济效益,实现资源合理配置。能源利用效率指标方面,新能源消纳率衡量可再生能源发电被利用程度,避免能源浪费;储能系统利用率体现储能设备使用效率,合理充放电可提升该指标,助力能源高效利用,各指标相互关联,共同反映调度策略性能。

5.2 评估方法与工具选用

评估方法与工具是准确判断调度策略效果的关键。数据分析法通过收集海量电力系统运行数据,如负荷、发电、储能数据等,运用统计学方法与数据分析软件,挖掘数据规律,直观呈现策略性能。仿真模拟借助专业电力系统仿真软件,如PSCAD、MATLAB/Simulink,搭建虚拟电力系统模型,模拟不同运行场景,对比分析结果,评估策略可行性。实际案例验证则选取典型荷储一体化项目,在真实环境应用调度策略,实时监测运行参数,对比理论与实际效果,为策略优化提供实践依据,多种方法结合确保评估全面准确^[5]。

5.3 基于评估结果的策略优化

基于评估结果的策略优化是提升调度策略水平的重要手段。若可靠性评估显示停电频率高,可优化电网拓

扑结构,增强电网韧性;增加储能容量,应对突发电力短缺。针对经济性欠佳,如成本过高,可调整发电计划,优先使用低成本能源,减少高成本机组运行;合理利用峰谷电价差,优化储能充放电时机。若能源利用效率低,可改进储能控制策略,依据实时新能源发电和负荷情况,精准调配储能,提升新能源消纳率与储能利用率,持续完善调度策略,保障电力系统高效运行。

结语

本文围绕荷储一体化运营模式下电力系统优化调度策略开展研究,成功构建了涵盖负荷特性分析、储能原理探究、调度模型搭建、策略制定与评估优化的完整体系。通过深入剖析,明确了优化目标与约束条件,提出的实时调度策略在不同场景下展现出良好适应性,有效提升了电力系统的稳定性与灵活性,促进了能源的高效利用。不过,研究仍存在一定局限。一方面,模型在应对极端复杂电力场景时,灵活性和准确性有待进一步提升,难以完全匹配多变的实际工况。另一方面,随着储能技术的快速发展和负荷特性的动态变化,策略的时效性和前瞻性面临挑战。展望未来,随着人工智能、大数据等技术的深度应用,有望持续完善优化调度策略。后续可引入更先进的算法和模型,强化对复杂场景的适应性;密切关注技术与需求变化,及时更新策略。这将为电力行业的稳健发展提供更有力的支撑,助力能源转型迈向新高度。

参考文献

- [1]张力.电网源网荷储一体化的核心技术与关键问题研究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2024(11):022-025.
- [2]孙长平,刘瑞阔,张玮,武文,姚维为,王银,陈昂.区域源网荷储一体化调控管理模式[J].电力大数据,2023,26(9):86-92.
- [3]杨瑾,赵晓华,宋春,朱国聪.区域源网荷储一体化调控管理的模式研究[J].电工技术,2024(S2):442-444.
- [4]王金浩,樊瑞,肖莹,贺丹,韩肖清,李伊竹林.基于低碳需求响应的新型电力系统中源-网-荷-储协调的优化调度[J].太原理工大学学报,2024,55(1):46-56.
- [5]姜懋,曹桂发,宋鹏至.基于多时间尺度能量平衡算法的“源网荷储一体化项目”优化配置方法[J].科技促进发展,2024,20(5):439-457.