

基于源网荷储的综合能源多能互补协同优化规划研究

张晓彤,陈玉蛟,张伟,李文建,冯 晗

(国网河南省电力公司郑州供电公司,河南省郑州市,450000)

摘要 通过协调源、网、荷、储,可以实现能源供需的动态平衡,避免能源短缺或过剩,提高电力系统的稳定性。多能互补和协同优化可以提高能源利用效率,降低能源损耗,实现能源系统的高效、稳定和可持续发展。基于此,本文对基于源网荷储的综合能源多能互补协同优化规划展开了分析,实现对能源资源的最优配置和利用,提高能源系统的整体效率和可持续发展能力。

关键词 源网荷储;综合能源;多能互补;协同优化

中图分类号:TM715 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)04-0025-02

1 源网荷储

“源网荷储”是能源系统中的四个关键组成部分,分别代表能源的生产、传输、消费和存储,广泛应用于电力系统、综合能源系统等领域,旨在通过协调这四个环节,实现能源系统的高效、稳定和可持续发展^[1]。其中,“源”指能源的生产来源,包括传统能源(如煤炭、天然气、石油等化石能源)、可再生能源(如风能、太阳能、水能、生物质能等)以及核能,其作用是提供能源供给,满足社会经济发展的能源需求;“网”指能源的传输和分配网络,包括电网(高压输电线路、变电站、配电网等)、天然气管网(天然气管道、储气设施等)以及热力网(供热管道、热交换站等),其作用是确保能源的安全、可靠和高效传输;“荷”指能源的消费端,即各类能源用户,包括电力负荷(工业、商业、居民用电等)、热力负荷(供暖、热水需求等)以及冷负荷(空调制冷需求等),其作用是反映能源需求,影响能源系统的规划和运行;“储”指能源的存储设施,用于平衡能源供需波动,包括电能存储(电池储能、抽水蓄能、飞轮储能等)、热能存储(热水储罐、相变材料储热等)以及天然气存储(地下储气库、液化天然气储罐等),其作用是提高能源系统的灵活性和可靠性,缓解供

需矛盾。

2 综合能源

综合能源主要体现在多能互补、梯级利用、智能化管理、灵活性增强和低碳环保等方面。它通过整合电力、天然气、热力、冷能、可再生能源等多种能源形式,实现能源生产、传输、存储和消费的协同优化。利用热电联产、冷热电三联供等技术实现能源的梯级利用,提高能源效率。借助物联网、大数据、人工智能等先进技术实现智能化管理,优化能源调度;通过储能技术和需求侧管理增强系统灵活性,平衡供需波动。同时,通过提高可再生能源比例和能源利用效率,减少碳排放,推动能源系统向绿色低碳方向发展,最终实现能源系统的高效、可靠和可持续发展^[2]。

3 基于源网荷储的综合能源多能互补协同优化规划方法

3.1 分层优化方法

分层优化方法是一种有效的多目标优化策略,特别适用于目标函数具有明确优先级的场景。通过逐层优化,可以在保证高优先级目标的前提下,逐步优化低优先级目标,为复杂综合能源系统的规划和管理提供清晰的决策支持^[3]。在实际应用中,需根据问题特点合理设定目标优先级和约束条件,以获得满意的优化结果。在综合能源系统中,分层优化方法可以用于协调经济性、环保性和可靠性。

3.2 分布式优化方法

分布式优化方法是一种将全局优化问题分解

作者简介:张晓彤(1990~),女,汉族,河南清丰人,硕士,工程师,研究方向:技术经济。

为多个局部子问题,并通过分布式计算资源协同求解的策略,适用于大规模、高维度问题,尤其在数据或计算资源分布在不同节点的场景中。分布式优化方法核心思想是通过分解、并行计算和节点间的信息交换实现全局最优。常用方法包括对偶分解法、分布式梯度下降法、一致性算法和联邦学习等。分布式优化在能源系统、多智能体系统、物联网和机器学习等领域有广泛应用,具有可扩展性强、计算效率高的优点,但也面临通信开销大、对网络依赖较高等挑战。通过合理选择方法并权衡计算与通信效率,可以有效解决综合能源多能互补协同优化规划中的复杂优化问题。

3.3 数据驱动优化方法

数据驱动优化方法在综合能源多能互补协同优化规划中具有重要应用,通过利用机器学习和大数据技术提升负荷预测精度、优化系统调度和能效、实施需求响应管理、进行故障诊断以及评估规划方案的经济与环境效益,从而提升多能互补系统的整体效率、经济性和稳定性。这些方法支持智能化管理和决策,为可再生能源和智能电网的发展提供了坚实的技术支撑。

3.4 数字孪生技术

数字孪生技术可以创建综合能源系统的全面虚拟模型,包括电力、热力、天然气等多种能源形式,实现系统的全景可视化。这有助于运营人员直观了解系统状态和能量流动,增强对系统的认知和管理能力。借助数字孪生,能够实时模拟系统在不同条件下的动态行为和响应特性,帮助优化能源调度和负荷分配,从而最大化能源效率并降低运营成本。数字孪生可提供对系统组件的实时监测,通过数据分析和模型预测进行故障的早期检测和诊断,支持预防性维护,避免计划外停机。数字孪生支持跨多个能源介质的协同调度和控制策略的开发与实施,提升综合能源系统的整体协调性和灵活性。

3.5 动态规划方法

动态规划方法在综合能源多能互补协同优化规划中具有显著的应用价值,主要通过递归分解问题并利用最优子结构特性进行求解。首先,可进行多阶段决策优化。综合能源系统中的调度和运营往往涉及多个阶段的决策,例如按照小时、天甚至季节进行能源分配。动态规划可以通过阶段划分,

有效解决这些多阶段优化问题,确保每一阶段的决策都是全局最优解的一部分。其次,可进行储能与负荷管理。动态规划能有效管理储能系统的充放电过程,以优化经济效益或能效目标。再次,可进行多能互补系统的协调优化。动态规划适合处理具有复杂互动关系的多能系统,如热电联产系统,通过把各类能源的生产、存储、转换过程相互耦合,以实现整体的最优协同效应。最后,可进行预测与调控。针对不确定性高的能源系统,通过在动态规划框架下不断调整预测和控制策略,可以更好地实现预测与现实的一致性。

3.6 协同博弈方法

在综合能源系统中,常涉及电力公司、热力供应商、天然气供应商等多个主体。协同博弈方法能够帮助这些主体通过合作博弈模型,实现整体效益最大化,比如通过合理分配资源和优化能量流动,达到共赢的效果。过协同博弈,可以设计合理的利益分配机制,从而激励各主体参与多能互补合作。例如,根据每个主体的贡献或承担的风险进行收益分配,使得合作更具吸引力和可持续性。通过构建用户参与的博弈模型,协同博弈方法能够优化需求响应策略,使得用户更愿意参与到协同调度中。用户可以根据激励机制优化自身的用能行为,共同促进系统效率提升。在涉及跨区域能源传输与协作的场景中,协同博弈方法可以优化跨区域的能源调度,实现区域间的资源互补,确保能源的平稳供应和经济运行。

4 结语

综上所述,综合能源多能互补协同优化规划需要考虑源网荷储的影响,通过结合现代计算技术和算法改进,采取合理的方法来处理多时期、多维度的复杂决策问题,提高综合能源的利用效率,降低能量损坏。

参考文献

- [1] 张美硕,张美琪,常严,等.源网荷储综合能源系统配电自动化技术研究[J].中国高新科技,2024(21):91-93.
- [2] 刘莹,宋丽敏,龚强,等.考虑需求响应的乡村综合能源系统源网荷储协调规划模型研究[J].湖南电力,2023,43(3):21-28.
- [3] 李起航,杨鹏飞,杨玉博,等.工业园区源网荷储综合智慧能源方案研究[J].山西建筑,2022,48(20):172-175.