

基于新能源消纳的电网调度优化研究

刘永杰

(国能辽宁新能源开发有限公司, 辽宁 沈阳 110000)

摘要 新能源快速发展为能源行业带来了机遇, 同时也面临挑战。高效地消纳风能和太阳能等可再生资源, 有利于提高新能源利用率和电力系统的可靠性。针对新能源消纳问题, 需要优化风光储微电网, 提高调度方案的科学性和新能源消纳比例。本文主要研究了基于新能源消纳的电网调度优化, 综合考虑新能源不确定性, 构建优化调度模型, 同时融合智能优化算法, 以期为提高新能源消纳效率、优化电力系统运行指标提供借鉴, 进而为电力行业的可持续发展提供助力。

关键词 电力系统; 新能源; 电网调度

中图分类号: TM711

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.17.021

0 引言

在全球能源转型的背景下, 逐渐提高了能源结构中新能源的地位, 在电力系统中不断融合风能和太阳能等可再生能源。但是, 新能源具有间接性和波动性以及不确定性, 增加了电网调度的难度。新能源出力的波动性, 将会影响电网频率和电压的稳定性, 很难协调传统电源和新能源, 不利于电网顺利消纳新能源。因此, 研究基于新能源消纳的电网调度优化具有重要的意义, 不仅可以提高电网新能源的消纳能力, 同时保障了电力系统运行的安全性和稳定性, 减少了化石能源的消耗, 使电网向绿色低碳方向发展, 顺利实现双碳目标。

1 新能源发电特性及对电网调度的影响

1.1 新能源发电特征分析

1.1.1 风力发电特性

风力发电作为新能源的重要组成部分之一, 其随机性和间接性特点直接影响电力系统运行的稳定性。自然条件对风力资源造成限制, 风速具有波动性特点, 影响了风电出力的稳定性。除了气象因素之外, 地形和地貌等地理环境也会影响风速改变, 导致风力出力变化具有非线性特点^[1]。风电出力的波动性要求提高电网调度水平, 且风力发电的间歇性特点, 不利于保障风能供应的持续性, 需要合理增加电力系统的备用容量。从技术角度出发, 合理预测风力变化, 有利于应对风力发电不确定性的影响。风速变化比较复杂, 现有的预测方法无法满足工作需求, 尤其在极端天气

下, 将会直接影响预测结果的精准性, 不利于在电网中大规模接入风力发电。此外, 地理位置直接关系到风力发电的特性, 各地区风资源风速分布条件具有较大的差异性, 不利于均衡风电出力。因此, 在分析风力发电特点的过程中, 要综合考虑各种影响因素, 提高电网调度优化的科学性。

1.1.2 光伏发电特性

光伏发电属于重要的新能源, 光照强度和温度以及天气状况直接影响光伏发电的出力特性, 突出了光伏发电的波动性和不确定性。光伏强度关系到光伏发电效率, 而光伏强度的变化规律直接影响光伏出力的时间分布特点。例如: 白天光照充足, 可以保证光伏出力的稳定性, 而夜间和阴雨天气会显著降低光伏出力^[2]。此外, 温度因素也会影响光伏发电效率, 在高温条件中会降低光伏组件运行效率, 提高了光伏出力的不确定性。

1.2 对电网调度的影响

1.2.1 电力平衡挑战

新能源处理具有波动性, 不利于平衡电力系统的电力, 降低了电网频率的稳定性。针对传统的电力系统, 通过调整常规电源, 可以有效平衡电力供需, 提高电网频率的稳定性。但是接入新能源之后, 因为新能源处理随机性和间接性等特点的影响, 不利于平衡电网电力^[3]。例如: 突然降低风力发电的风速之后, 也会随之降低风电出力。在夜间和恶劣天气下, 会直接影响光伏发电的出力, 甚至无法正常供应电力资源。

作者简介: 刘永杰 (1996-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 发电厂及电力系统。

新能源出力的波动性，需要提高电网调峰能力。在负荷高峰阶段，如果新能源出力较低，需要发挥常规电源的调峰作用。在负荷低谷阶段，如果新能源出力较多，可能会出现弃风弃光问题。因此，在电网调度优化中，不仅要平衡电网电力，还要高效地消纳新能源。

1.2.2 调度计划制定困难

新能源预测难度较大，不利于制定科学的调度计划。在编制调度计划的过程中，要结合负荷和电源处理预测结果，但是新能源出力具有不确定性，会增加预测误差，增大实际出力和预测值的偏差，最终降低调度计划的科学性。

出现新能源预测误差，一方面会增加计划编制的不确定性，降低调度方案的灵活性；另一方面，在计划执行中，因为预测误差的影响，将会频繁调整调度计划，增加整体投资^[4]。此外，新能源预测误差具有时空分布特点，不同地区和不同时间段的预测结果具有一定的差异性，进一步增加了调度计划制定难度。为了提高调度计划的科学性，在编制过程中要综合考虑各种影响因素，同时利用各种先进的算法动态调整调度方案，降低新能源预测误差的影响。

2 基于新能源消纳的电网调度优化策略

2.1 改进调度模型

2.1.1 基于新能源不确定性的模型

在电网中引入风能和太阳能等，可以保障环境效益，促进能源结构的转型，同时符合国家的规划目标，在最大程度上开发并利用可再生能源。

$$\max E_1 = \sum_{t=1}^N (p_{wt} + p_{vt}) \quad (1)$$

式(1)中， E_1 代表新能源消纳容量， p_{wt} 代表t时刻风机输出功率， p_{vt} 代表t时刻光伏输出功率。

新能源出力的随机性和间接性直接影响电网调度工作。调度模型中要综合考虑新能源出力特点，提高模型的灵活性。在模型中可以利用概率分布函数，将新能源出力的波动特点反映出来，如利用概率密度函数对风电出力的不确定性进行刻画。在模型构建中还可以利用基于场景分析的方法，对出力场景和概率权重进行分析，有利于全面分析新能源出力波动。利用这一方法有利于分析新能源出力特点，可以降低预测误差的干扰。同时，结合电价机制的变化，对调度模型的响应能力合理优化，保障电网运行的灵活性和经济性。

引入分层调度模型，有利于应对新能源不确定性。

该模型合理分解调度过程为不同的层次，同时可以分别求解不同的时间尺度和优化目标。例如：在调度层中，利用目标粒子群算法协同调度常规电源和新能源，在满足电网约束条件的同时，在最大程度上控制投资和碳排放。在实施调度层中，结合新能源预测结果动态修正调度计划，降低突发事件的影响力^[5]。利用分层调度框架，可以提高模型的适应性，保障电网运行的经济性和安全性。

2.1.2 多目标优化模型

为优化新能源消纳和电网运行经济性，在构建调度模型的过程中，要综合考虑经济和环保以及新能源消纳等目标。传统调度模型的目标为最小化发电成本，而不断提高新能源接入比例之后，不再适合利用单一的经济指标。多目标优化模型是综合各个目标来确定最佳方案。引入该模型，主要是利用权重系数对各目标的重要性合理平衡，同时结合实时电价机制协同发展居民用电和新能源发电。此外，构建多目标优化模型，综合考虑电网运行过程中的各种约束条件，引入这些约束条件，可以保证构建的模型符合实际运行场景，但是也提高了求解难度^[6]。在求解过程中可以利用智能优化算法，如利用改进粒子群算法，有利于快速获取最优解集，提高调度决策的科学性。通过利用多目标优化模型，有利于提高电网新能源的消纳能力，同时可以优化电网运行性能，推动电力系统可持续发展。

2.2 优化算法应用

2.2.1 智能优化算法

在电网调度优化中，智能优化算法的全局搜索能力和求解性能较强，其中最具有代表性的算法为粒子群算法和遗传算法。粒子群算法可以快速搜索最优解，但是在处理复杂问题的过程中很容易出现局部最优情况，需要采取合适的改进措施，如融合惯性权重等，提高算法的能力。粒子群算法的流程图如图1所示。

遗传算法对生物进化过程进行模拟，利用选择和交叉等操作搜索解空间。对比粒子群算法，遗传算法的全局搜索能力比较强，可以规避局部最优情况。但是遗传算法计算过程比较复杂，针对大规模调度工作，将会降低求解效率^[7]。为了规避这一问题，可以综合利用遗传算法和其他优化方法，如利用多目标进行算法，有利于提高求解效率和精准性。此外，在利用智能优化算法的过程中，可以特殊处理新能源调度问题，如利用精英保留策略和动态调整机制，有利于更好地适应新能源波动，提高算法有效性。

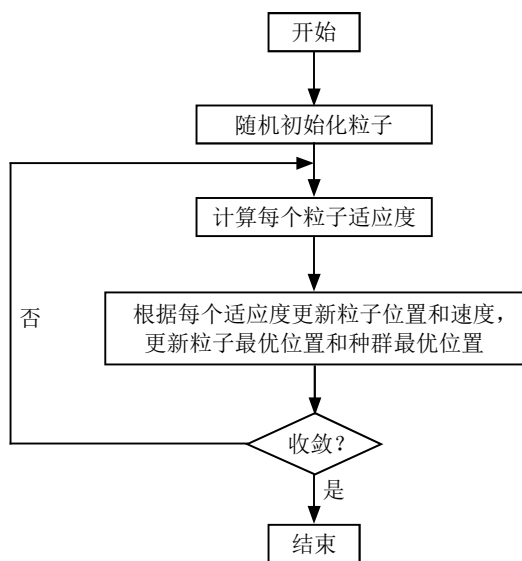


图 1 粒子群算法的流程图

2.2.2 算法改进

虽然在电网调度中智能优化算法的优势明显,但是在处理新能源调度问题的时候会面临各种挑战,如求解效率较低,同时会出现局部最优的情况。为了应对这些问题,需要做好算法改进。首先,为了提高求解效率,在智能优化算法执行中可以利用分布式计算技术,如分解大规模调度问题为多个子问题,并且利用不同的计算节点求解问题,提高整体求解速度。此外,可以利用近似模型和代理模型,不仅可以保障求解精度,也能减少计算时间,保证实时调度水平。其次,为了提高求解精度,需要积极开发混合优化算法。该算法中融合了各种优化方法,合理平衡全局搜索和局部开发,如综合利用粒子群算法和模拟退火算法,有利于提高全局搜索能力。综合利用遗传算法和局部搜索算法,有利于提高解的质量和精度。针对新能源出力不确定性,可以基于不确定性处理提出改进算法,如利用模糊逻辑和区间分析方法,提高算法的灵活性。

2.3 深化需求侧资源开发利用

深化需求侧资源开发利用,有利于建设需求侧响应机制,通过完善价格信号体系,引导用户结合新能源出力波动对自身用电行为合理调整。在新能源大发时段,可以增加用电需求,有利于动态平衡电力供需。构建可调节负荷和虚拟电厂,综合利用先进通信技术和控制技术,实现分布式资源的聚合,在电网调峰辅助服务中引入虚拟电厂,可以灵活应对需求侧,保证系统有效适应新能源出力波动^[8]。积极推广电制氢、电供暖等消纳方式,提高消纳途径的多元化,有利于充分利用新能源。

2.4 加强电网基础设施升级

在电网基础设施升级中,需要完善输电网络架构,通过建立跨区域大容量输电通道,可以提高电网输电能力,避免出现局部电网阻塞问题。综合利用智能电网和柔性输电技术,可以综合利用传感器和通信技术以及控制技术等技术实时监测和调节电网运行状态。在电网中利用柔性交流输电系统等,有利于适应新能源出力波动性特点,提高潮流分布的合理性,提高整体电能质量。落实配电网柔性化改造,配置智能配电设备,同时利用先进的控制技术,提高配电网的兼容性,有效接入分布式新能源。对网络拓扑动态调整,同时执行无功补偿,有利于高效地消纳分布式新能源,避免出现弃风弃光问题。

3 结束语

本文立足于新能源发电随机性、间歇性、波动性的核心特性及对电网调度的影响,通过改进调度模型、优化算法应用、深化需求侧资源开发利用、加强电网基础设施升级、优化评估和动态调整机制等措施,有效破解弃风弃光难题,提升新能源消纳效率,同时增强电网应对功率波动的韧性,保障系统安全稳定运行。未来,电网调度优化需以技术创新为核心驱动力,要积极融合新技术,提高电力系统中新能源接入比例,积极开发利用新能源优势,推动我国电力行业绿色转型与可持续发展。

参考文献:

- [1] 周宁,徐铭铭,刘清秋,等.面向强不确定性供需波动的新能源电网调度强化学习算法[J].全球能源互联网,2026,09(01):60-71.
- [2] 浦洁,陈轶.考虑新能源消纳的光伏微电网储能配置优化方法[J].电气技术与经济,2025(12):124-127.
- [3] 刘福龙.新能源渗透下大渡河流域集控中心多能互补调度策略研究[J].四川水利,2025,46(06):6-11.
- [4] 边家瑜,李昌陵,荆世博,等.面向新能源消纳的制氢-储热-蓄电池混合储能系统低碳运行优化方法[J].洁净煤技术,2025,31(S2):40-49.
- [5] 宋竹萌,王宝,贾健雄,等.面向新能源消纳和季节性负荷供应的农村配电网联合调控策略[J].电力科学与技术学报,2025,40(06):77-89.
- [6] 谢艳菲.人工智能技术在智能电网高效消纳新能源中的应用[J].科技视界,2025,15(27):32-34.
- [7] 叶海峰,李智,李顺,等.基于时序生产模拟的新能源消纳能力测算方法研究[J].国外电子测量技术,2025,44(11):357-362.
- [8] 王舟.新能源消纳导向下水库蓄能电站电力运行控制技术[J].应用能源技术,2025(10):65-67.