

Research on intelligent scheduling and control strategy in new energy power system

Bo Dai

State Power Investment Corporation Guizhou Jinyuan Weining Energy Co., Ltd., Bijie, Guizhou, 553100, China

Abstract

The global energy structure is shifting towards a low-carbon direction, and the new energy power system is gradually becoming an essential part of the power supply. However, the intermittent and fluctuating nature of new energy generation poses new challenges to the dispatching and control of the power system. This paper explores the impact of the characteristics of the new energy power system on dispatching and control, constructs an intelligent dispatching framework, proposes various intelligent control strategies, and analyzes the challenges and future development directions of these strategies. The aim is to provide theoretical references and practical guidance for enhancing the stability and operational efficiency of the new energy power system.

Keywords

new energy power system; intelligent dispatching; control strategy; multi-source coordination

新能源电力系统中的智能调度与控制策略研究

代波

国家电投集团贵州金元威宁能源股份有限公司, 中国·贵州 毕节 553100

摘要

全球能源结构朝着低碳化方向转变, 新能源电力系统慢慢成为电力供应的重要部分。可是, 新能源发电具有间歇性、波动性等特点, 给电力系统的调度和控制带来新的难题。本文深入研究新能源电力系统特性对调度控制的影响, 构建智能调度框架, 提出多种智能控制策略, 并且分析这些策略面临的挑战和未来发展方向, 目的是为提升新能源电力系统稳定性和运行效率提供理论参考和实践指导。

关键词

新能源电力系统; 智能调度; 控制策略; 多源协同

1 引言

在全球应对气候变化、推进能源革命的大环境下, 以太阳能、风能为代表的新能源大量接入电力系统, 成为实现“双碳”目标的重要途径。不过, 新能源电力系统和传统电力系统有很大不同, 它的发电特性不确定、系统惯性改变等问题, 对电力系统的调度和控制提出了更高要求。如何通过智能调度和控制策略, 保证新能源电力系统安全、稳定、高效运行, 是当前电力领域急需解决的重要问题。本文围绕新能源电力系统的智能调度与控制展开深入研究, 为推动新能源电力行业发展提供思路。

2 新能源电力系统特性及其对调度与控制的影响

2.1 新能源发电的间歇性与波动性

太阳能光伏发电依赖光照强度和时间, 风力发电受风速、风向变化影响。这些自然因素的随机性, 使得新能源发电功率有明显的间歇性和波动性。比如, 天气突然变化时, 光伏发电功率可能短时间内大幅下降, 风力发电也会因为风速突然减小而功率降低。这种不稳定的发电特性, 让电力系统很难准确预测发电出力, 增加了电力供需平衡调节的难度, 对传统基于稳定电源的调度控制策略造成很大冲击, 要求调度系统有更强的灵活性和适应性。

2.2 系统惯性与调频能力下降

在传统电力系统里, 同步发电机靠转子的转动惯量提供系统惯性, 频率波动时能快速反应, 维持系统稳定。而新能源发电设备, 像风力发电机组、光伏逆变器等, 大多使用电力电子器件, 缺少机械转动惯量, 导致系统惯性明显降低。当系统出现功率扰动, 频率变化速度加快, 调频能力变弱。

【作者简介】代波(1997-), 男, 土家族, 中国贵州印江人, 本科, 从事电气工程及其自动化(新能源控制方向)研究。

例如,某地区新能源占比大幅提高后,系统频率波动范围明显变大,传统调频方法难以有效应对,急需新的调度和控制策略来增强系统频率稳定性。

2.3 多时间尺度特性

新能源电力系统包含从秒级的电力电子设备快速反应,到分钟级、小时级的新能源发电功率变化,再到日、周、月级的负荷预测和电源规划等多个时间尺度。不同时间尺度下,电力系统运行特点和控制目标不一样。秒级时间尺度需要快速调节电力电子设备来稳定电压和频率;分钟级、小时级要根据新能源发电预测和负荷变化分配功率;日、周、月级侧重电源和负荷的优化规划。这种多时间尺度特性,要求调度和控制策略能协调各个时间尺度的运行过程,实现系统整体最优运行。

2.4 多能源协同需求

新能源电力系统不再只有单一能源发电,而是融合了风能、太阳能、水能、储能等多种能源形式。不同能源之间可以互补,比如太阳能白天发电能力强,夜间可以通过储能系统放电,或者用其他能源补充电力;风能和太阳能的发电特性在时间和空间上有差异,可以相互配合。实现多能源协同运行,能提高能源利用效率,增强系统稳定性。但这也需要调度和控制策略能协调多种能源的发电,合理安排各能源的发电计划,解决多能源之间的配合和协调问题。

3 新能源电力系统智能调度框架

3.1 分层分布式调度架构

分层分布式调度架构把新能源电力系统调度分为多个层次,包括全局调度层、区域调度层和局部调度层。全局调度层从系统整体考虑,制定长期发电计划和能源配置方案,协调不同区域之间的电力传输和平衡;区域调度层根据全局调度指令和本区域内新能源发电、负荷情况,优化分配功率并进行实时调度;局部调度层负责直接控制分布式电源、储能设备等,实现快速反应和功率调节。这种架构能发挥各层优势,提高调度灵活性和效率,同时降低系统通信压力和控制复杂度,增强系统可靠性和容错能力。

3.2 多目标优化模型

新能源电力系统智能调度需要综合考虑多个目标,比如降低发电成本、减少碳排放、提升系统稳定性、增强供电可靠性等。构建多目标优化模型,把这些目标量化并放到统一数学框架里。通过分配权重或者求解 Pareto 前沿等方法,权衡不同目标之间的关系,得到最优或 Pareto 最优的调度方案。例如,考虑发电成本和碳排放时,用粒子群优化算法等智能算法求解多目标优化模型,找到在满足一定供电可靠性要求下,既能降低发电成本又能减少碳排放的调度策略,实现经济和环境效益双赢。

3.3 实时调度与滚动修正机制

因为新能源发电不确定,只靠提前制定的发电计划很

难满足系统实时运行需求。实时调度与滚动修正机制通过实时监测系统运行状态,根据最新的新能源发电功率、负荷变化等信息,动态调整发电计划。每隔一段时间(比如15分钟或30分钟),重新进行优化计算,更新调度方案。这种机制能及时应对新能源发电和负荷的随机波动,保证系统在各种情况下都能安全稳定运行,提高电力系统的适应性和灵活性。

3.4 储能系统的调度策略

储能系统是新能源电力系统的“稳定器”和“调节器”,它的调度策略非常重要。新能源发电功率过多时,储能系统充电储存电能;发电功率不足或负荷高峰时,储能系统放电补充电力。储能系统的调度策略需要考虑充电/放电功率、充放电时间、储能容量等因素,结合新能源发电预测和负荷需求,制定合理的充放电计划。例如,用模型预测控制算法,根据未来一段时间新能源发电和负荷的预测曲线,优化储能系统的充放电策略,让储能系统平滑新能源波动,提高系统调峰能力和稳定性^[1]。

4 新能源电力系统智能控制策略

4.1 多时间尺度协调控制

针对新能源电力系统的多时间尺度特性,采用多时间尺度协调控制策略。在秒级时间尺度,通过快速控制电力电子设备的开关器件,快速调节电压、频率,抑制系统短时扰动;在分钟级和小时级时间尺度,根据新能源发电预测和负荷预测,协调各电源和储能设备的出力,优化功率分配;在日、周、月级时间尺度,进行电源规划、电网扩建和负荷管理等长期决策。通过建立不同时间尺度之间的信息交互和协调机制,让各时间尺度的控制目标相互配合,实现系统整体稳定和优化运行。比如,用模型预测控制方法,把秒级的快速控制和分钟级、小时级的优化调度结合起来,提高系统适应新能源波动的能力。

4.2 多源协同控制策略

新能源电力系统中的多种能源和设备需要协同运行,才能充分发挥各自优势。多源协同控制策略通过协调新能源发电、储能设备、传统电源和负荷之间的关系,实现系统高效运行。例如,在风光储联合发电系统中,根据风速、光照强度和负荷需求,合理控制风力发电机、光伏电池和储能系统的出力。风速和光照强时,优先使用新能源发电,同时给储能系统充电;新能源发电不足时,储能系统放电并配合传统电源满足负荷需求。通过建立多源协同控制模型,使用分布式协同控制算法等技术,实现各能源和设备之间的信息共享和协同优化,提高能源利用效率和系统稳定性。

4.3 不确定性应对策略

因为新能源发电和负荷需求不确定,需要制定应对不确定性的策略。一方面,加强新能源发电和负荷的预测技术研究,用数值天气预报、历史数据挖掘、人工智能等方法,

提高预测准确性,降低不确定性影响。另一方面,用鲁棒控制、随机优化等方法,设计能适应不确定性的控制策略。比如,鲁棒控制中考虑新能源发电和负荷的可能波动范围,设计控制器参数,让系统在各种不确定情况下都能稳定运行;随机优化中把不确定性因素当作随机变量,通过求解随机优化模型得到最优控制策略,同时评估系统运行风险,为调度决策提供参考。

4.4 分布式控制与边缘计算

分布式控制与边缘计算技术能有效解决新能源电力系统中大量分布式电源和设备的控制问题。分布式控制把控制任务分散到各个分布式节点,各节点通过局部信息交互和协同控制,实现系统整体优化。边缘计算在靠近数据源的网络边缘处理和分析数据,减少数据传输延迟和通信带宽占用,提高控制的实时性和可靠性。例如,在分布式电源集群中,每个电源节点配备边缘计算设备,实时采集本地运行数据并初步处理,通过分布式控制算法与相邻节点信息交互和协同控制,实现分布式电源的快速功率调节和故障隔离,提高系统自治能力和稳定性^[2]。

5 新能源电力系统智能调度与控制的挑战与展望

5.1 数据质量与信息共享

新能源电力系统的智能调度和控制依赖大量准确、实时的数据。但目前数据采集存在数据缺失、噪声干扰、时间不同步等问题,影响数据质量。另外,不同部门和系统之间的数据共享机制不完善,信息不流通,阻碍智能调度和控制策略的有效实施。未来需要加强数据采集设备的研发和管理,提高数据质量;建立统一的数据标准和共享平台,促进各部门、各系统之间的数据交互和共享,为智能调度和控制提供可靠数据支持^[3]。

5.2 通信网络可靠性

通信网络是新能源电力系统实现智能调度和控制的关键。但实际运行中,通信网络可能遇到网络拥堵、信号干扰、设备故障等问题,影响数据传输的实时性和可靠性。特别是在偏远地区,通信设施薄弱,难以满足新能源电力系统的通信需求。未来需要加强通信网络建设,利用5G、物联网等先进通信技术,提高通信网络带宽、可靠性和抗干扰能力;研究容错通信协议和数据传输优化算法,保证通信网络在各种情况下都能稳定运行,确保智能调度和控制指令及时准确传达。

5.3 模型与算法的适应性

新能源电力系统运行特性复杂多变,现有的调度和控制模型、算法在面对新运行场景和不确定性因素时,适应能力不足。比如,随着新能源占比不断提高,系统动态特性变

化明显,传统模型和算法可能无法准确描述系统行为,导致调度控制效果不好。未来需要深入研究新能源电力系统运行规律,结合实际工程需求,开发适应性更强的模型和算法。利用人工智能、机器学习等技术,让模型和算法能自动学习和适应系统变化,提高智能调度和控制的准确性和有效性。

5.4 政策与市场机制

政策和市场机制对新能源电力系统智能调度和控制的发展有重要引导和推动作用。目前,相关政策法规不完善,市场机制不健全,无法充分调动各方参与智能调度和控制的积极性。比如,需求响应方面,缺少合理的价格激励机制和补偿标准,用户参与度不高;储能系统投资运营方面,政策支持不够,影响储能产业发展。未来需要进一步完善政策法规,健全市场机制,明确各方权利和义务,通过经济激励、政策扶持等手段,促进新能源电力系统智能调度和控制技术的应用和发展^[4]。

5.5 跨学科融合与创新

新能源电力系统智能调度和控制涉及电力工程、自动化、计算机科学、通信技术、经济学等多个学科领域。加强跨学科融合和创新,为解决新能源电力系统复杂问题提供新思路和方法。比如,把经济学中的博弈论应用到多主体参与的电力市场调度,协调各方利益;用计算机科学中的大数据分析和人工智能技术,优化调度控制算法。未来应鼓励多学科交叉研究,培养复合型人才,推动新能源电力系统智能调度和控制技术创新发展,提升我国新能源电力系统整体技术水平和竞争力。

6 结语

新能源电力系统的智能调度和控制是实现能源转型和电力系统可持续发展的关键。本文系统研究了新能源电力系统特性对调度和控制的影响,构建智能调度框架,提出多种智能控制策略,并分析面临的挑战和展望。虽然目前该领域已取得一定成果,但随着新能源占比持续提高和电力系统复杂性增加,仍需不断探索和创新。未来,通过解决数据、通信、模型算法、政策市场等方面问题,加强跨学科融合,有望实现新能源电力系统智能调度和控制技术新突破,推动新能源电力行业发展到更高水平。

参考文献

- [1] 冯忠海.新能源电力系统的故障诊断与自愈技术研究[J].家电维修,2025,(04):113-115.
- [2] 邱军.“双碳”目标下新型电力系统构建及其优化策略[J].网络安全和信息化,2024,(10):6-8.
- [3] 杨静.基于短期电网负荷智能预测算法的新能源调度策略[J].模具制造,2023,23(10):226-228+231.
- [4] 王文潇.水-火-新能源电力系统优化调度研究[D].华中科技大学,2018.