

Flexible scheduling and energy storage configuration optimization of power engineering grid considering the uncertainty of new energy

Ming Lu¹ Naichuan Zhai²

1. State Grid Zibo Power Supply Company, Zibo, Shandong, 255001, China
2. Zibo Vocational College, Zibo, Shandong, 255002, China

Abstract

With the rapid advancement of global energy transition, new energy sources such as wind and solar energy pose unprecedented challenges to the stability and operational efficiency of the power system due to their volatility and uncertainty. To address the impact of uncertainty in the operation of the power grid caused by new energy sources. This paper focuses on the research of flexible scheduling and energy storage configuration optimization in power engineering. This article first analyzes the uncertainty characteristics of new energy and its impact on the power grid, and then proposes a multi-objective optimization based power grid scheduling model that combines with energy storage systems for flexible scheduling optimization. By introducing energy storage technology, not only can the load fluctuations of the power grid be balanced, but also the uncertainty of the stability of new energy output can be reduced, promoting the flexibility and economy of power system scheduling.

Keywords

uncertainty of new energy; Power grid dispatching; Energy storage configuration; Optimize the model; flexible scheduling

考虑新能源不确定性的电力工程电网灵活调度与储能配置优化

逯明¹ 翟乃川²

1. 国网淄博供电公司, 中国·山东 淄博 255000¹
2. 淄博职业学院, 中国·山东 淄博 255000²

摘要

伴随全球能源转型快速推进, 诸如风能、太阳能等新能源, 因其存在的波动性与不确定性, 对电力系统的稳定性与运行效率构成了前所未有的挑战。为应对新能源不确定性在电网运行中引发的影响。本论文就电力工程中的电网灵活调度与储能配置优化问题展开研究。本文首先对新能源不确定性特点及其给电网带来的影响进行了分析, 而后提出了一个基于多目标优化的电网调度模型, 与储能系统结合进行灵活调度优化。依靠引入储能技术, 不仅可平衡电网的负荷波动, 还可减轻新能源出力在稳定性方面的不确定性, 促进电力系统调度灵活性及经济性。

关键词

新能源不确定性; 电网调度; 储能配置; 优化模型; 灵活调度

1 引言

以全球为范围, 新能源的迅猛发展已然成为电力行业的关键趋势。尤其是像风能、太阳能这类可再生能源被广泛应用, 促进电力系统达成绿色转型。新能源的波动性以及不确定性, 给电网稳定运行带来了巨大阻碍。因为风能和太阳能发电会受天气、季节等自然因素的干扰, 其输出功率呈现显著的较大波动, 难以跟传统的电力系统调度方式兼容起

来。本文以新能源不确定性对电网的影响为核心, 研发了一种电网灵活调度及储能配置优化的策略, 试图凭借智能优化方法达成电网的高效稳定运行, 还为未来电力系统的规划与运营给予理论支撑。

2 新型电力系统与新能源不确定性概述

伴随全球能源结构的改换, 新能源的迅猛发展正重塑着电力系统的运行模式。如风能、太阳能等可再生能源, 凭借自身清洁、绿色的特点, 逐步把传统化石能源替换, 成为未来能源供应的核心组成部分。然而, 新能源呈现出的波动性和不确定性, 给电力系统稳定性及调度管理带来诸多

【作者简介】逯明(1991-), 女, 中国山东淄博人, 硕士, 工程师, 从事电力工程和新能源并网研究。

挑战。

新能源的不确定性主要体现在风能与太阳能的出力发生波动上，风能发电的输出受天气、季节的变化影响显著，而且难以预估；太阳能发电受日照时间、天气条件等因素的制约，其输出功率的起伏更为剧烈。该不可预见性让电力系统难以达成精确的负荷预测与稳定的电力供需平衡。传统电力系统一般依靠集中发电与集中调度的模式来保障电网稳定，但当新能源的渗透率比较高的时候，现有的调度方法在应对这些不确定性方面能力有限，常常会引发电力供应的不足或过剩情形，进而波及电网的稳定性水平。

新能源存在的不确定性要求电网有更高的灵活性与可靠性，也对电网调度策略、储能配置以及数据分析能力方面提出更高标准^[1]。伴着技术的不停发展，应对新能源不确定性，新型电力系统将起到日益重要的作用。采用合理配置储能资源、优化电网调度方法，未来电力系统将更有效地适应新能源的波动性，实现稳定、经济、可持续地供应能源。

3 新能源不确定性对电网调度的问题影响

3.1 电网负荷预测的准确性问题

新能源展现出的不确定性，尤其体现在风能和太阳能的波动特性上，直接影响到电网负荷预测结果的准确性。传统电网调度系统一般依靠相对稳定的负荷预测模型，这些模型在面对传统电力供需要求时能做好调度工作。然而，当新能源比例开始向上攀升，负荷预测面临诸多较大挑战。由于新能源发电不可预测，负荷预测误差增大，难以准确揣度供电与需求的平衡，尤其是当风速与日照条件频繁改变的时候。

这种预测误差大概会引起电力供应不够，于是需要依靠备用电源或者开展更频繁的调度调整。此外，若预测误差较大，就会影响电网的供需平衡，造成电网频率的起伏波动，甚至也会引起电力系统的过载或崩溃。

3.2 电力供应的波动性和不稳定性

因新能源的波动性，电网稳定运行受到直接威胁。风能及太阳能发电输出并非均匀分布，风速和太阳辐射的波动会引起电力生产的突变，甚是形成周期性变化。这种波动性一方面也许会引起电力供给过剩，部分时段也许会引起电力供应不足，尤其当处于高风速或大面积云层覆盖情形时，电网负荷也许会突然转变，对电网的稳定性构成挑战。

3.3 电网调度灵活性的缺乏

作为新能源不确定性带来的又一重要挑战，是电网调度灵活性问题。就传统电网的范畴而言，调度主要依赖集中式发电以及固定的输电网络，在能源结构稳定性较高的情形下，该调度方式呈现出有效性^[2]。伴随新能源的大规模接入，电网调度的灵活性显得十分关键。风能与太阳能出力的变动要求电网能快速对变化做出响应，实施恰当的调整，而传统电网调度模式难以应对这种高频率、快速变化的用电需求。

电网调度灵活性不足呈现出：传统的电网调度方式无法达成实时调度调整，致使电网在应对新能源波动时无法有效应对；电网调度系统大多对分布式能源的接入没有充分的预见及快速响应机制。

3.4 储能系统配置不合理

储能系统是化解新能源不确定性问题的有效手段，它有能力平衡电网负荷波动，维持电力供应的平稳状态。然而，储能系统的配置难题依旧是电网调度里的一大挑战，储能系统的容量、分布和调度机制必须跟新能源的特点高度适配。若新能源发电达到过剩程度时，储能系统应迅速吸收多余电力，若新能源发电呈现不足情形时，储能系统理应可高效释放电力才对，维持电力供应的平稳。

目前大量电网的储能系统配置未达合理状态，储能设备容量往往不能与新能源发电的波动特性相匹配，引发储能资源的浪费，抑或是在电力供应短缺时不能及时补充电力。此外，储能系统的调度机制同样有滞后问题，使得储能资源难以最优化地投入运用。

4 考虑新能源不确定性的电力工程电网灵活调度与储能配置优化策略

4.1 基于实时数据分析的电网灵活调度优化策略

随着新能源占比不断加大，增强电网的灵活调度能力成为保障电力供应安全的关键手段。实时数据分析技术对电网灵活调度起到了有力的支持作用，利用实时采集和分析电力系统运行数据、负荷预测数据以及新能源发电数据的方式，可实现对电网状态的动态监视与预测性改动。电网调度优化策略的核心为提升实时决策本领，这就需要电网系统依据实时数据对运行方式作出调整，恰当配置各类电源资源。

采用大数据分析技术，电网调度系统可实时掌握新能源的波动数据，还借助精准的预测算法对未来电力的需求与供给开展模拟，预先给出反馈。例如，利用诸如风速、太阳辐射等气象数据预测风电和光伏发电的波动，结合电力需求的起伏变化，实时动态调整电网负荷分配^[3]。依靠此类实时数据分析，电网调度可预先安排好响应策略，减少电网因新能源波动引发的频率波动和电力不平衡风险。

实时数据分析能辅助优化电网运行期间的负荷分配和电源调度。电网调度中心可凭借数据分析，实时调节各电力系统单元的发电能力，力求减少对传统火电机组的依赖，同时增加可调节的储能系统和分布式能源的参与规模，这样就可实现电网平稳运转。如此灵活的调度可降低对燃料的依赖，降低碳排放量，还可改善电网的整体运行效率。

4.2 储能系统的动态调度与优化配置策略

储能系统充当新能源不确定性问题的有效补充角色，其合理的配置与灵活的调度对电网稳定运行起着关键作用。储能系统采用平衡供需之法，平抑电网负荷的波动，维持电力供应的平稳态势，为让储能系统的作用充分施展，电网调

度得按照新能源发电的波动性实施动态调度。

在储能系统的调度及配置流程里,首先要思索储能的容量分布。电网各区域新能源发电能力和负荷需求的差异十分显著,储能系统的容量及部署位置应按不同地区需求规划。例如,在风力发电资源充裕的区域,储能设备宜在负荷低时进行充电,待风力变弱就释放电力,维持电力供应的平稳。在光伏发电作用明显的地方,储能系统宜在阳光充沛时开展充电,遇到阴雨天气就马上释放电力,缓解电力波动对电网形成的影响。

储能系统调度也需要跟电网运行的实时数据相结合,采用智能调度算法达成灵活管理。电网调度系统可凭借预测未来电力需求和新能源的发电量,早做调度储能系统的充放电计划,保证储能设备在最恰当的时候进行充放电,由此改善储能资源的利用效率。此外,伴随电网规模不断拓展,储能系统多元化应用同样要与现有的电力市场机制相结合,构建灵活的市场交易机制,促成储能资源高效配置及充分利用。

4.3 基于多目标优化的电网调度跟储能配置联合优化策略

在新能源不确定性给电网调度带来挑战的状况里,传统单一调度方式往往没办法兼顾电网的稳定性和经济性^[4]。依托多目标优化的联合优化策略,成为解决此问题的有效途径,综合考量电网稳定性、经济性、环境效益等多样目标,构思出一套可协调各方面需求的优化调度方案。

要实现电网调度与储能配置的联合优化,需充分顾及新能源的波动性、负荷预测误差以及储能系统的充放电特性。多目标优化模型一般采用设置约束条件和目标函数的方式,求索最优解。目标函数可包括电网运行成本、能源利用效率、系统稳定性等不同层面要点,约束条件牵扯到储能系统的充放电时间、容量限制以及电网负荷的最大容纳能力。

多目标优化方法可通过协调不同目标间的冲突,求得最优调度方案。例如,考虑储能系统充放电成本以及电网负荷的波动,优化算法能提供在新能源发电足量时储能设备的充电安排,在新能源发电不充裕的时候,通过在恰当时间释放储能电,维持电网供电的均衡态势。该优化策略能有效降低电力生产中过剩与不足产生的成本,同时增进电网的稳定性及经济性。

4.4 基于预测控制的储能调度优化策略

储能系统调度优化不只是靠实时数据的响应能力,还

应结合未来一段时间内电力需求、新能源发电预测开展预先调度。因此,基于预测控制的储能调度策略,成为提升储能资源利用效率的关键手段。凭借搭建合理的预测模型,储能系统可根据未来的电力供需格局,事前规划充放电计划,防止电力波动对电网运行造成负面效应。

预测控制策略一般借助机器学习、深度学习等技术,可按照历史数据和实时采集数据,对新能源发电量和负荷需求进行精准预测。基于这一基础,储能调度系统能凭借预测结果调整储能设备的充放电计划。例如,若预测到未来几个小时风力或太阳辐射较强,储能设备可预先进行充电操作,为电网负荷的波动做好预备^[5]。若预测到新能源发电供应不足时,储能设备则可预先释放电量,以维持电网供电的平稳,采用精准的预测管制,储能系统可实现其使用效率的最大化,且可有效缩小新能源不确定性对电网的影响范围。预测控制策略还可让电网调度系统的复杂性降低,提速调度决策的响应节奏,为电网稳定运行增添有力保障。

5 结论

伴随新能源广泛应用的趋势,电力系统运行正面临着愈发多样的挑战。尤其是新能源呈现出的波动性和不确定性,要求电网展现出更高的灵活性与调度能力。本文就新能源不确定性对电网的影响加以分析,提出电网灵活调度及储能配置的优化策略建议。储能技术能切实缓解新能源波动性对电网造成的影响,增强电网调度效率及稳定性。采用多目标优化模型的设计,本论文不仅给电网在新能源高渗透率环境下的灵活调度提供了理论支撑,也为储能配置的优化给予了实践支撑。

参考文献

- [1] 刘丽军,张嫣,徐启峰.一种考虑功率不确定性影响及配电网灵活性需求的区间优化调度方法[J].电网技术,2020,44(12):10.
- [2] 王睿琪,薛熙臻,张艺涵,等.黑启动中考虑新能源不确定性的移动-固定式混合储能优化配置方法[J].电网技术,2024,48(10):4031-4040,中插22-中插28.
- [3] 王红蕾,聂勋,胡玉杰,等.基于源-荷不确定性的共享储能规划及多微电网灵活性优化策略[J].煤炭经济研究,2024,44(1):107-121.
- [4] 张弘扬.涉及“源-荷”多维不确定性的电网多能互补低碳运行研究[D].西安理工大学,2024.
- [5] 郑馨姚.面向新能源消纳的含氢储能多能互补优化调度策略研究[D].华北电力大学(北京),2023.