

# 新能源对电网调度影响及应对策略研究

王广生 王万涛 刘文涛

国网江西省电力有限公司九江供电分公司 江西省九江市 332000

**摘 要:** 在全球对清洁能源需求持续增加的情况下, 新能源与电网的融合成为了一个重要研究领域。本文探讨了新型电力系统下新能源对电网调度的影响, 分析了新能源的特征和电网调度的挑战, 并提出了相应的应对策略, 为新能源的高效利用和电网的稳定运行提供了理论支撑。

**关键词:** 新型电力系统; 新能源; 电网调度; 影响; 应对策略

## 0 引言

新能源是指在新技术基础上, 可系统地开发利用的可再生能源, 包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能等。它具有可再生性、清洁环保、分布式、间歇性等特点, 可再生性指新能源来源广泛, 可持续利用; 国家能源局统计数据显示, 2023 年中国新能源新增装机容量 2.93 亿千瓦, 同比增长 138.0%, 其中风电新增装机 7590 万千瓦, 光伏发电新增装机 2.17 亿千瓦。截至 2023 年底, 中国新能源累计装机容量达 10.51 亿千瓦, 同比增长 38.6%, 其中风电累计装机 4.41 亿千瓦, 光伏发电累计装机 6.1 亿千瓦, 占电源总装机的 36.0%, 同比提升 6.4 个百分点。国家电网能源院日前发布《中国电力供需分析报告 2024》中预测, 2024 年全国社会总用电量将达到 9.8 万亿千瓦时, 同比上年增长了 6.5%。全年新投产装机容量比上年增长 9.4%, 规模再创历史新高, 到 2024 年底, 全国发电装机容量达到 33.2 亿千瓦, 其中新能源装机占比超过 40%, 太阳能装机占比超过 25%。

## 1 新型电力系统下电网调度的现状

新型电力系统的发展旨在实现新能源的有效整合和优化调度, 以提高电力系统的可靠性、灵活性和可持续性<sup>[1]</sup>。然而, 新能源的间歇性及随机性特点给电网调度带来了巨大挑战, 需要电网调度采取有效的措施来应对。电网调度正在借助先进的信息通信技术实现智能化和数字化转型, 以提高事态感知能力和风险控制能力。随着电力市场的不断成熟, 电网调度需要考虑更多的经济因素, 确保电力供应的同时降低整体成本, 且越来越重视对外部环境的监测, 例如天气变化对新能源发电的影响, 以便提前做出调整和规划。

传统的电网调度模式是基于可控负荷和稳定电源的基础上进行的, 而高比例新能源的接入增加了调度的不确定性, 需要电网调度制定更为灵活和实时的调度策略。在电力市场环境下, 调度策略对于保证电网的安全和稳定运行至关重要。一是安全约束调度, 这是最基本要求, 即所有调度决策都必须在不影响电网安全的前提下进行<sup>[2]</sup>。调度策略需确保电网在各种运行条件下的稳定性, 包括频率稳定、电压稳定及潮流控制。二是经济调度, 电力市场要求调度策略在保

证安全的基础上, 尽可能降低成本。这就涉及到选成本最低发电资源来满足电力需求, 同时考虑到输电成本和可能的市场交易成本。三是可再生能源整合, 随着可再生能源的大规模接入, 调度策略需要能够处理来自风力、太阳能等可再生能源的不确定性, 并确保其平稳并网。四是需求响应和负荷管理, 通过需求响应机制, 调度策略可以激励或激励用户在特定时段减少用电, 以帮助平衡供需。此外, 智能电网技术允许更精细的负荷管理, 使调度更加灵活。五是实时平衡调度, 在电力市场中, 实时价格波动可能导致供需失衡。调度策略需要具备快速响应市场变化的能力, 确保实时供需平衡<sup>[3]</sup>。六是多目标优化: 现代电网调度不仅要考虑电力供应的安全性和经济性, 还要考虑环保、节能和电网的可持续发展等因素。七是风险管理, 调度策略需要能够评估和管理各种风险, 包括金融市场风险、物理电网风险和供应链风险。以上调度策略需要在实际操作中根据具体情况不断调整和完善, 以适应电力市场的发展和变化。

随着全球对清洁能源的需求不断增加, 新能源在电力系统中的比重逐渐增大。深入了解新能源接入对电网调度控制的具体影响, 对于实现电网的安全、可靠、稳定、经济运行具有重要意义。

## 2 新能源对电网调度的影响

### 2.1 电网电压波动

#### 2.1.1 新能源出力变化

风力发电和光伏发电等新能源的输出功率会随环境条件变化而波动, 新能源出力的间歇性和不稳定性是导致电网电压波动的主要因素, 可能引起电网电压的快速波动, 甚至可能导致电压闪变和凹陷。

#### 2.1.2 电力设备受损

电压波动可能增加变压器、电动机等设备的损耗, 甚至影响其正常运行, 缩短设备使用寿命。

#### 2.1.3 电能质量降低

电网电压波动会影响电能质量, 如产生谐波污染、电压闪变等问题, 给对电能质量要求较高的用户带来困扰。部分新能源发电设备, 如风力发电机和光伏逆变器, 在运行过程中可能产生谐波电流。这些谐波电流会导致电网中的电压畸变, 影响其他电气设备的正

常工作。谐波污染还可能干扰通信系统,影响电力系统的安全运行。

## 2.2 电网频率变化

### 2.2.1 新能源间歇性

新能源的接入使电网中的电源不再稳定,间歇性的新能源发电会导致电网频率的波动<sup>[4]</sup>。

### 2.2.2 供电可靠性受影响

频率波动可能导致电力系统不稳定,进而影响供电的可靠性,甚至引发停电事故。新能源电站需要具备电网友好性,避免因故障导致大规模脱网,引发系统性风险。这要求新能源电站具备一定的调节能力,能够快速响应电网的调度指令。

## 2.3 功率平衡难度增加

由于新能源的输出功率难以精确预测,电网的功率平衡变得更加困难。为了应对新能源的功率波动,传统发电机组需要频繁调整出力,增加了系统的运行成本和复杂度。

## 2.4 电网稳定性面临挑战

### 2.4.1 拓扑结构改变

新能源接入可能改变电网的潮流分布和短路容量,进而改变电网的拓扑结构,对电网的稳定性产生影响。特别是在大规模新能源接入的情况下,电网的稳定性问题更加突出<sup>[5]</sup>。

### 2.4.2 局部地区稳定性问题

在大规模新能源集中接入的地区,可能出现电网稳定性问题,如电压崩溃、频率失稳等<sup>[6]</sup>。

## 2.5 继电保护配置复杂

### 2.5.1 新能源故障特性

新能源设备的故障特性与传统电源不同,新能源接入电网后,电网的拓扑结构和潮流分布发生了变化,这可能影响原有的电网保护装置的动作特性。例如,分布式发电系统可能使故障电流的方向和大小发生改变,从而导致保护装置误动作或不动作。

### 2.5.2 保护配置调整

为适应新能源的接入,继电保护装置的配置和整定需要相应调整,增加了保护系统的复杂性<sup>[7]</sup>。

## 2.6 调峰调频需求大

新能源的接入增加了电网的调峰调频需求,传统的火电和水电等调节能力有限,需要寻找新的调峰调频手段。

## 3 应对新能源对电网调度影响的策略

### 3.1 加强新能源预测与监测

#### 3.1.1 提高预测精度

可以通过引入先进的预测算法、加强数据分析和挖掘等手段,提高预测的准确性。同时,还应关注新能源发电的波动性对负荷预测的影响,制定相应的应对策略。

#### 3.1.2 实时监测系统

建立实时监测系统,实时掌握新能源的运行状态和电网的关键参数,以便及时采取调度控制措施。通过先进的预测技术,提高新能源出力的预测精度,为电网调度控制提供更准确的信息<sup>[8]</sup>。

### 3.2 优化电网调度控制策略

#### 3.2.1 智能调度算法

采用先进的智能调度算法,如模糊控制、神经网络等,提高电网的自适应能力和调度控制效果。

#### 3.2.2 多能互补协同调度

充分利用新能源与传统能源的互补特性,实现多能互补协同调度,提高系统的稳定性和可靠性。

### 3.3 增强电网的无功支撑能力

#### 3.3.1 无功补偿装置配置

合理配置无功补偿装置,如电容器、电抗器等,提高电网的无功支撑能力,缓解新能源接入对电压的影响。

#### 3.3.2 优化无功分布

通过无功优化技术,合理调整电网的无功分布,提高电网的电压稳定性。

## 3.4 发展储能技术

### 3.4.1 储能平衡功率波动

利用储能技术,如电池储能、超级电容储能等,平衡新能源的功率波动,提高电网的功率平衡能力。

### 3.4.2 提高稳定性和可靠性

储能技术可以在新能源出力不足时提供备用功率,提高电网的稳定性 and 可靠性<sup>[9]</sup>。

### 3.4.3 增强电网调节能力

通过建设储能装置、改善火电和水电的调节性能、引入需求响应等措施,增强电网的调峰调频能力。

## 3.5 智能电网技术应用

3.5.1 利用智能电网技术,实现对新能源和电网的实时监测和控制,提高电网的智能化水平和运行效率。利用先进信息管理系统,实时监视电网的运行状态。通过数据分析和故障诊断,及时发现并解决新能源接入带来的问题,提高电网的运行可靠性。

3.5.2 采用无功补偿装置、动态电压恢复器等先进的控制技术,能够有效稳定配电网电压,维持配电网频率的稳定。例如,惯性控制和虚拟同步机技术可以提高新能源接入系统的惯性和阻尼特性,增强系统的稳定性。

## 3.6 优化保护策略

根据新能源接入后的电网特点,对保护装置的整定参数进行优化,确保保护装置在各种工况下能够正确动作,同时,还可以考虑采用自适应保护技术,提高保护的灵活性和可靠性。

## 3.7 完善电力市场机制

### 3.7.1 市场引导资源配置

通过完善电力市场机制,引导新能源的合理接入

和消纳,实现资源的优化配置。

### 3.7.2 促进新能源与传统能源协调发展

建立公平、透明的市场环境,促进新能源与传统能源的协调发展,共同保障电网的安全稳定运行。

### 3.8 优化电网规划

在电网规划阶段,应充分考虑新能源的接入,合理规划新能源发电设备和配电网线路的布局。通过合理的网架结构和电源规划,可以降低新能源接入对配电网的影响。通过优化新能源接入规划,合理选择新能源接入点和容量,优化网络拓扑结构,有助于减少电压波动和偏差。

## 4 新能源接入对电网调度优化的启示

### 4.1 推动电网智能化发展

新能源接入对电网调度的影响呼唤电网智能化发展。通过引入先进的信息技术和智能设备,可以提高电网调度的自动化和智能化水平,降低人为干预带来的不确定性。同时,智能化发展还可以提高电网调度的效率和精度,更好地应对新能源接入带来的挑战<sup>[10]</sup>。

### 4.2 促进多种能源协同发展

新能源接入使得多种能源形式在电力系统中并存成为可能。电网调度应积极推动多种能源的协同发展,实现能源的互补和优化配置。通过加强能源之间的协同调度,可以提高电力系统的可靠性和经济性,促进能源的可持续发展。

### 4.3 加强政策引导和监管

政府在推动新能源接入和电网调度优化方面发挥着重要作用。应加强对新能源接入和电网调度的政策引导和监管,制定合理的激励政策和监管措施,促进新能源的健康发展。同时,还应加强与国际间的合作与交流,借鉴先进的经验和做法,推动电网调度技术的不断创新和发展<sup>[11]</sup>。

## 5 结语

新型电力系统下新能源对电网调度的影响不容忽视。新能源的接入使得电网调度面临电能质量差、功率平衡难度增大、稳定性挑战和继电保护配置复杂、电力负荷预测难度增加等挑战。为了应对这些挑战,电网调度应加强预测与监测、优化调度控制策略、增强无功支撑能力、发展储能技术和完善市场机制等措施。同时,新能源接入也为电网调度优化提供了启示,包括推动电网智能化发展、促进多种能源协同发展以及加强政策引导和监管等方面。

展望未来,随着新能源技术的不断发展和应用范围的扩大,电网调度将面临更多的机遇和挑战。因此,我们需要进一步加强电网调度技术的研究和创新,提高电网调度的智能化和自动化水平,以更好地应对新能源接入带来的各种影响。总之,新型电力系统下新能源对电网调度的影响是一个复杂而重要的问题。通过深入研究和探讨,我们可以找到应对这些影响的策

略和方法,为电力系统的稳定运行和可持续发展提供有力支持。让我们共同努力,推动新能源与电网调度的深度融合,为构建清洁、低碳、高效的能源体系贡献力量。

## 参考文献

- [1] 王锡凡,王秀丽,张博. 新能源电力系统分析[J]. 电力系统自动化, 2016,40(16): 1-10.
- [2] 陈亦平,卓映君,刘映尚,等. 高比例可再生能源电力系统的快速频率响应市场发展与建议[J]. 电力系统自动化, 2021,45(10): 174-183.
- [3] 肖先勇,郑子萱. 双碳目标下新能源为主体的新型电力系统: 贡献、关键技术与挑战[J]. 工程科学与技术, 2022,54(1): 47-59.
- [4] 杜继成,张真源,张宇馨. 考虑负荷不确定性的微电网优化调度研究[J]. 四川电力技术, 2018,41(3): 38-42, 81.
- [5] 国家电网公司. 新能源接入电网技术导则[Z]. 2018.
- [6] 张新松,刘建政,王长友. 新能源接入对配电网的影响及应对策略[J]. 电力系统自动化, 2012,36(19): 34-38.
- [7] 吴俊玲,周双喜,张粒子. 新能源接入对配电网继电保护的影响[J]. 电力系统自动化, 2010,34(17): 47-51.
- [8] 祝嫣然. 中电联预计今年用电量增长 6% 新能源总装机将超煤电[N]. 第一财经日报, 2024-02-02(A10).
- [9] 李斌,刘天琪,马静. 分布式电源接入配电网的电能质量问题研究[J]. 电网技术, 2010,34(4): 147-152.
- [10] 张北. 新能源接入对电网调度的影响及应对策略[J]. 电力系统自动化, 2020,44(12): 1-8.
- [11] 李勇,王丽萍. 含新能源的电网调度优化方法研究[J]. 电网技术, 2021,45(4): 1262-1268.

课题名称: 适应新能源高占比电网的新能源储能短路电流柔性控制技术研究, 课题编号: 5218D0250002(国网江西省电力有限公司科技项目)

作者简介: 王广生(1986-), 男, 汉族, 江西九江硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为新能源、配电网调度运行。