

电力系统中的分布式能源对调度的影响

庾胜琦 黄亮 彭万俊 刘兰芳

国网湖北省电力有限公司兴山县供电公司, 湖北 兴山 443700

[摘要] 随着能源转型的加速, 分布式能源在电力系统中的占比日益增加。分布式能源包括太阳能、风能等可再生能源, 它们具有分散性、间歇性等特点。这些特性使得电力系统的调度面临前所未有的挑战。传统的调度模式主要基于集中式的大型发电站, 难以适应分布式能源的多变性。例如, 太阳能的发电受天气影响, 风能发电取决于风速, 这都给电力系统的稳定调度带来诸多不确定性, 需要重新审视调度策略。

[关键词] 电力系统; 分布式能源; 调度

DOI: 10.33142/ucp.v1i3.13938

中图分类号: TM7

文献标识码: A

The Impact of Distributed Energy in the Power System on Scheduling

TUO Shengqi, HUANG Liang, PENG Wanjun, LIU Lanfang

Xingshan County Power Supply Company of State Grid Hubei Electric Power Co., Ltd., Xingshan, Hubei, 443700, China

Abstract: With the acceleration of energy transformation, the proportion of distributed energy in the power system is increasing day by day. Distributed energy includes renewable energy sources such as solar and wind energy, which have characteristics such as decentralization and intermittency. These characteristics pose unprecedented challenges to the scheduling of power systems. The traditional scheduling mode is mainly based on centralized large-scale power plants, which is difficult to adapt to the variability of distributed energy. For example, solar power generation is affected by weather, while wind power generation depends on wind speed, which brings many uncertainties to the stable scheduling of the power system and requires a re examination of scheduling strategies.

Keywords: power system; distributed energy; dispatch

引言

在当今的电力格局下, 分布式能源正蓬勃发展并逐步融入电力系统。电力系统的调度是确保电力供应稳定、高效的关键环节。然而, 分布式能源的接入改变了电力系统的结构和运行方式。其规模小、分布广的特点与传统集中发电大相径庭。像小型的分布式光伏电站, 它们的发电能力随光照强度波动。这种波动对电力调度的准确性、灵活性提出了更高的要求, 促使深入研究其对调度的影响。

1 分布式能源概念

分布式能源作为一种新兴的能源形式, 正逐渐在全球电力市场崭露头角。分布式能源概念涵盖多个方面。从用户角度看, 它依据用户类型可分为工业、商业和住宅用户; 按照用户的位置与数量, 有集体用户和个人用户之分; 还能根据用电量来划分。这种多样化的分类方式反映出分布式能源应用的广泛性。需求响应是分布式能源概念中的重要元素, 1984 年首次引入美国电力市场, 包含负载管理和能源效率管理。需求响应可理解为, 当电力系统运行受威胁或电价上涨时, 电力用户收到市场信号或价格激励后, 改变用电习惯和模式, 如降低负荷或转移用电时段, 以此保障电力系统安全稳定运行, 减轻价格波动影响。需求满意度分为基于动机和基于价格两类, 用户会根据需求响应策略在系统变化时做出相应调整, 像直接充电控制、中断充电和 V 类响应等, 零售价格的变化也会促使用户改变消

费习惯。分布式电源是分布式能源的关键部分, 它具有众多独特之处。这是一种独立、清洁、环保、经济、高效且可靠的智能发电形式, 建于充电中心附近, 运用先进的信息控制技术。其产品丰富多样, 例如小型水力发电、分布式风能、光伏发电、小型内燃机、小型燃气轮机等。分布式电源的主要特点首先是在现场生成电力并直接供应给用户, 这种方式减少了传输损耗。其次, 其电力分配功率较低, 一般不超过 10 兆瓦, 但不同国家因定义差异有所不同, 像英国允许高达 100 兆瓦接入, 新西兰仅为 5 兆瓦, 瑞典限制在 1.5 兆瓦。再者, 分布式电源通常连接低压电网, 不过由于各国低压和中压电网定义的区别, 允许接入的电压也不尽相同。最后, 分布式发电以可再生能源为主要能源, 建设成本虽低于普通发电机, 但发电成本可能高于普通发电机, 不过考虑到用户购买成本, 从风能、光伏发电等可再生能源生产电力仍具有一定经济效益。在当今追求可持续发展的时代, 分布式能源凭借其独特的优势, 在满足不同用户电力需求、提高能源利用效率、保障电力系统稳定等方面发挥着不可替代的作用。随着技术的不断进步和相关政策的支持, 分布式能源有望在未来的能源格局中占据更为重要的地位。

2 分布式能源发展的影响

国家发改委发布的 2018 年节约成本意见, 适应改革需求, 对分布式能源发展影响深远。这一举措支持企业配

电自主建设,推动新能源改革,促使电力服务业发展。电力服务提供商能够自主建设分布式电力并参与市场竞争,这使得需求方用户类型丰富起来,从单纯的用户转变为购买者,需求方的博弈行为也得到改善,还建立起电力服务提供商群体与电网之间的博弈关系。然而,分布式能源发展也带来了挑战。新能源改革中的绿色证书贸易虽促进可再生能源发展,但分布式可再生能源受地理位置、规模和气候环境等因素制约,输出功率随机且间歇性波动明显。这种特性影响电网平衡,使能源供应的稳定性和可靠性降低。一方面,分布式电力供应商成为电力供应商参与市场博弈;另一方面,电网在考虑分布式电源时,尤其是大规模供电时面临新问题。这需要在分布式能源发展进程中,不断探索解决之道,以实现能源供应的高效与稳定。

3 应对分布式能源影响的调度策略

3.1 基于多智能体系统的主动配电网混合优化控制结构

在主动配电网的优化控制研究中,采用基于多智能体系统的混合优化控制结构具有重要意义。采用的多层控制系统分为三个层次,在第一个层次,每个分布式发电具备智能结构,它能够智能监控自身的状态环境并满足相关要求。这些要求从网络的中央控制器下载,随后依据优化算法发送请求和响应。这一层次聚焦于单个分布式发电机的状态监测与交互,是整个控制结构的基础单元。第二个控制级别着眼于不同代理之间的协同效应管理,通过建立每个微电网之间的连接,每个微电网不仅能查看自身电源状态,还能了解其他微电网的状态。这种连接为微电网之间的协调合作提供了信息基础,有助于提升整个配电网的运行效率和稳定性。在基本控制级别之上,设置中央控制级别至关重要。为了确保中央控制器具有较好的处理速度,中央控制系统进一步细分为功率分配电网实时控制级和功率分配电网控制级,以控制微机和功率分配单元的运行控制。本文所采用的支撑控制系统具有智能结构,需要进行优化。对于像光伏风力涡轮机这类环境友好的分布式发电机,仅采用最大功率模型,而其他可调节的分布式电源则由发动机和燃料电池控制。这种区分对待不同类型分布式电源的方式,有助于在满足环保要求的同时,实现对不同电源的有效控制。混合控制方法是本文的核心控制策略,在分布式网络实时运行中,假设网络运行环境,优化配电网的分布,优化配电网与电网组之间的关系以及优化控制要求。由于分布在小电网中的每个电源必须遵循整个电网的中央控制规划,每个小电网使用多个控制层和代理连接。这使得类似的功率要求微电网和微电网之间能够协调,并且单个微电网之间的电压和负载能量能够相互作用,从而增加网络运营公司的利润。对于小阵列间的优化问题采用分布式方法控制,在一般的优化控制中,考虑多电网和正电网是中央控制器和低层控制器的比值,采用多级控制器

对正电网进行优化控制,主要通过电网的内部优化控制和正电网的集群实现。当控制结构标准化后,便可以对分布式发电机系统、微电网和微电网集群进行控制。通过设定目标和优化功能,实现微电网设备的优化,进而提高整个主动配电网的运行性能,确保电力在电网各部分之间有效地流动,适应现代电力系统对于高效、稳定、智能的需求。

3.2 多时间尺度优化调度流程制定

在电网资源潜力分析中,从日、日前和实时这三个时间尺度开展工作,目的在于限制分布式能源管理的波动,提升经济效益并确保电网稳定运行。在配电网规划优化的日前阶段,首先要对前一日负荷所需的能量值等进行预测。基于此预测结果,明确网络的最小运行目标、最优经济性能、最小光速和最小电压偏差,进而构建最优规划模型并求解,以获取最佳规划成果。接着,依据电网的要求确定当日的优化计划,同时发布和更新当日的柔性负荷优化计划。在电网优化过程里,针对分布式能源的动态处理是关键。通过制定灵活的充电方案来最大化电网经济效益,推动电网稳定运行。配电网优化的调度时间设定为24小时,以1小时为间隔划分,为便于定位,控制单元数据1小时保持不变。借助网络规划中心获取各时段的弹性负荷预测和数据,将预测结果融入优化方案,运用多目标算法求解最优规划模型,从而得到最优的弹性负荷优化方案,提前完成优化规划。按照前一日的优化计划,将计划周期时间划分为4点,修改前一日的弹性负荷源,获取前一日的负荷和生产数据,通过1小时模型解析得出计划周期的优化计划策略,再发送给相关执行方并执行优化计划指令。而在实时优化计划阶段,以15分钟作为实时均衡优化计划节点,以最少的调整次数和最佳经济效益为目标确定实时优化计划。通过这样的多时间尺度优化调度流程,能够有效提升电网运行的综合效益。

3.3 分布式能源与传统能源的协调调度策略

在应对分布式能源影响时,分布式能源与传统能源的协调调度至关重要。要进行能源特性分析,传统能源如煤炭发电相对稳定,可作为基础能源供应;而分布式能源如太阳能、风能具有间歇性和波动性。基于此,在调度中应根据不同时段需求进行组合。例如,在白天太阳能充足时,优先调度太阳能发电,不足部分由传统能源补充。建立预测机制也是关键,预测分布式能源的发电量和传统能源的供应能力,提前规划调度方案。对于传统能源,可根据市场供应和存储情况进行长期规划;对于分布式能源,要结合气象等数据进行短期精准预测。此外,还需构建灵活的调度平台。该平台能够实时监控分布式能源和传统能源的状态,根据实际情况快速调整调度策略。例如,当风速突然增大时,及时增加风电的接入比例,同时减少传统能源的输出,从而实现两者的协调调度,提高整个能源系统的稳定性和经济性。

3.4 基于储能系统的分布式能源调度优化

储能系统在分布式能源调度优化中具有不可替代的作用,储能系统能够存储分布式能源产生的多余电量。例如,在光伏发电高峰时段,将多余的电能储存起来,避免能源浪费。当分布式能源发电不足时,如夜间太阳能无法发电,储能系统可以释放电能,保障电力供应的连续性。在调度策略方面,要根据储能系统的容量、充放电效率等特性制定合理的计划。确定储能系统的最佳充放电时间,通过分析分布式能源的发电规律和负荷需求曲线,找到最适合储能系统充电和放电的时间段。同时,要考虑储能系统的成本效益。在优化调度中,权衡储能系统的建设和运行成本与它所带来的收益。例如,避免过度充电或放电,延长储能设备的使用寿命,提高整个能源系统的经济性。通过合理的基于储能系统的调度优化,可以有效缓解分布式能源的波动性对电网的影响。

3.5 需求侧响应在分布式能源调度中的应用

需求侧响应是应对分布式能源影响的有效调度策略之一,需求侧响应主要通过激励用户调整用电行为来实现。例如,在分布式能源发电低谷期,通过提高电价等经济手段,引导用户减少用电;而在分布式能源发电高峰期,降低电价,鼓励用户增加用电。从技术层面看,智能电表等设备的应用为需求侧响应提供了技术支持。智能电表可以实时监测用户的用电情况,电网运营者根据这些数据制定个性化的需求侧响应方案。例如,对于大型工业用户,可以协商制定特定的用电时间表,使其避开分布式能源供应不足的时段。另外,需求侧响应还可以与分布式能源的预测相结合。如果预测到某一时段分布式能源发电量较低,提前启动需求侧响应措施,调整用户负荷曲线。这样不仅可以减轻电网在分布式能源波动时的压力,还能提高能源利用效率,实现分布式能源与用户需求的更好匹配。

3.6 分布式能源调度中的通信与信息策略

在分布式能源调度中,通信与信息策略是保障调度有效性的关键。要建立高效的通信网络,这个网络要能够实现分布式能源发电单元、储能系统、负荷端以及电网控制

中心之间的实时通信。例如,采用光纤通信或无线通信技术,确保数据传输的快速性和准确性。信息管理方面,要对分布式能源的各种信息进行收集、整理和分析。包括分布式能源的发电量、储能系统的电量存储情况、负荷需求等信息。通过大数据分析技术,挖掘这些数据中的规律,为调度策略提供依据。同时,要保障信息的安全。由于分布式能源涉及多个主体,信息安全至关重要。采用加密技术、身份认证等手段,防止信息泄露和恶意篡改。例如,在分布式能源发电单元与电网控制中心的通信中,对传输的数据进行加密处理,确保调度指令和状态信息的安全传输,从而实现分布式能源调度的高效、稳定和安全。

4 结束语

综上所述,分布式能源在电力系统中的广泛应用对调度产生了深远的影响。从挑战来看,其间歇性和不确定性增加了调度的复杂程度。但从积极方面,也促使电力系统向更智能、灵活的方向发展。必须不断探索新的调度技术和策略,以适应分布式能源的发展趋势,从而构建更加稳定、高效、可持续发展的电力系统,满足社会日益增长的电力需求。

[参考文献]

- [1]谈家明.综合能源系统的分布式最优决策方法研究[D].沈阳:辽宁工程技术大学,2022.
- [2]马旭.资源与需求耦合下分布式能源共生价值优化模型研究[D].北京:华北电力大学(北京),2022.
- [3]梅书凡.市场条件下含多种分布式能源的虚拟电厂运营优化研究[D].北京:华北电力大学(北京),2022.
- [4]唐早.面向市场机制的储能系统运行策略及其分布式优化配置技术[D].重庆:四川大学,2021.
- [5]高明.考虑多类型能源的虚拟电厂优化调度研究[D].杭州:杭州电子科技大学,2021.
- [6]董香柔.基于DQN算法的综合能源系统优化调度策略研究[D].沈阳:沈阳工程学院,2021.
- [7]刘莹.计及需求响应的园区微能源网优化调度研究[D].南京:南京理工大学,2021.

作者简介: 庾胜琦(1994.8—),男,土家族,湖北省宜昌市人,本科,电气工程及其自动化