

# 考虑虚拟电厂的电力系统灵活性提升方案研究

方佳妮

国网武汉供电公司

DOI:10.12238/etd.v5i6.10961

**[摘要]** 随着能源需求的不断增长和可再生能源的快速发展,电力系统的灵活性问题日益突出。虚拟电厂作为一种新兴的电力系统管理模式,通过整合分布式能源资源和灵活负荷,显著提升了电力系统的灵活性和可靠性。本文旨在研究虚拟电厂在提升电力系统灵活性方面的具体方案,深入分析虚拟电厂的技术特性和应用场景,提出一系列切实可行的提升方案,为电力系统的未来发展提供重要的理论支持和实践指导。

**[关键词]** 虚拟电厂; 电力系统; 灵活性; 提升方案

中图分类号: TM76 文献标识码: A

## Research on Enhancing the Flexibility of Power Systems in Virtual Power Plants

Jiani Fang

State Grid Wuhan Power Supply Company

**[Abstract]** With the continuous growth of energy demand and the rapid development of renewable energy, the flexibility issue of the power system is becoming increasingly prominent. Virtual power plants, as an emerging power system management model, significantly enhance the flexibility and reliability of the power system by integrating distributed energy resources and flexible loads. This article aims to study the specific solutions of virtual power plants in enhancing the flexibility of the power system, deeply analyze the technical characteristics and application scenarios of virtual power plants, propose a series of practical and feasible improvement plans, and provide important theoretical support and practical guidance for the future development of the power system.

**[Key words]** virtual power plant; Power system; Flexibility; Enhancement plan

与常规发电厂相比,虚拟发电厂技术可在没有物质载体的条件下,增强大众对电力行业的参与度。相关人员以先进信息通信、监测控制等技术为基础,对各项新能源、电动汽车等资源实施优化,在充分协调的基础上改善电力系统运行模式。同时,相关人员以电力市场交易体系为核心,逐步构建电源协调管理系统。

### 1 虚拟电厂概述

虚拟电厂是一种创新的电力系统管理模式,应用先进的信息通信技术和智能控制系统,将分散的分布式能源资源和灵活负荷进行整合,形成一个统一管理和调度的虚拟发电厂。其核心理念是通过集中管理和优化调度,将原本分散且独立的能源资源和负荷有效地整合起来,实现电力系统的高效、灵活和可靠运行。虚拟电厂不仅可以提升电力系统的整体效率和稳定性,还能促进可再生能源的消纳和利用,降低系统运行成本,减少环境污染,具有显著的经济社会效益。虚拟电厂的应用场景非常广泛,包括居民区、商业区、工业园区、微电网等多种环境和规模。在

居民区和商业区,虚拟电厂可以通过整合屋顶太阳能、储能系统、电动汽车等资源,实现电力供需的平衡和优化;在工业园区和微电网中,虚拟电厂可以整合更多的能源资源,如风电、光伏、热电联产等,实现更高程度的能源自给自足和系统灵活性。

### 2 虚拟电厂技术架构

#### 2.1 数据采集与处理系统

数据采集与处理系统是虚拟电厂的基础设施,负责实时采集各分布式能源资源和负荷的运行数据,并为后续的调度和控制提供依据。该系统通常由多种传感器和数据采集设备组成,能够实时监测电压、电流、功率、温度等关键运行参数。采集到的数据通过数据传输网络传送至数据处理中心,经过数据清洗、整合和分析,生成可视化的数据报表和分析结果。这些数据和结果分析为调度平台提供了重要的决策依据,确保虚拟电厂的高效运行。

#### 2.2 通信网络

通信网络是虚拟电厂的信息传输通道,负责将采集到的数

据传输至智能控制系统,并接收控制指令。通信网络的建设需要考虑数据的实时性、可靠性和安全性。常用的通信技术包括有线通信(如光纤通信)和无线通信(如4G/5G、Wi-Fi、LoRa等)。在实际应用中,通信网络通常采用混合通信方式,以满足不同的应用需求。对于需要高带宽和低延迟的应用场景,可以采用有线通信;而对于需要灵活部署和低成本的应用场景,可以采用无线通信。此外,通信网络还需要具备高度的安全性和可靠性,以防止数据泄露和通信中断。

### 2.3 智能控制系统

智能控制系统是虚拟电厂的核心,负责根据调度平台的指令,对各分布式能源资源和负荷进行实时调控,优化资源配置,实现电力系统的灵活运行。智能控制系统通常包括多个控制单元和算法模型,能够根据不同的运行状态和调度策略,选择最优的控制方案。智能控制系统可以通过预测分析算法,提前预测电力系统的运行状态,并制定相应的调度策略;应用优化控制算法,实时调整各分布式能源资源和负荷的运行参数,以实现系统整体的优化运行。此外,智能控制系统还需要具备高度的自适应能力和可扩展性,以适应不同规模和复杂度的应用场景。

### 2.4 调度平台

调度平台是虚拟电厂的管理中枢,负责制定调度策略,优化资源配置,确保电力系统的稳定运行。调度平台通常由多个模块组成,包括数据管理模块、调度策略模块、优化算法模块和用户界面模块等。数据管理模块负责管理从数据采集与处理系统传来的各类数据,并提供数据查询和分析功能;调度策略模块负责根据电力系统的运行状态和市场需求,制定合理的调度策略;优化算法模块负责根据调度策略,选择最优的资源配置方案,并通过智能控制系统下发控制指令;用户界面模块提供友好的用户操作界面,方便用户进行系统配置和运行监控。通过调度平台,虚拟电厂能够实现对分布式能源资源和灵活负荷的全面管理和优化调度,提升电力系统的灵活性和可靠性。

## 3 当前电力系统所面临的主要挑战

### 3.1 电力供应与需求的失衡

随着经济的快速发展和城市化进程的加快,电力需求持续攀升。但是传统电力系统通常基于固定的负荷预测和基于化石燃料的发电方式,难以有效应对这种需求的波动性。夏季高温天气会导致空调使用量激增,而冬季则因采暖需求而导致用电高峰。因此,电力系统需要更灵活的调度机制和更智能化的需求响应方案,以适应日益变化的用电需求。

### 3.2 电力系统的基础设施建设和维护

现有的电力基础设施往往建立于数十年前,随着负荷的增长和设备老化,其可靠性逐渐下降,特别是在一些老旧的电网区域,常常出现供电不稳定、故障频发等问题,影响了电力的安全性和经济性。因此,加大对电力基础设施的投资和升级力度,提升电网的抗灾能力和负荷适应性,将是未来发展的重要方向。

### 3.3 信息安全和网络安全

随着电力系统数字化程度的提高,网络攻击和数据泄露的

风险日益增大,可能会导致电力供应中断、设备损坏甚至是大规模的社会混乱。因此,加强电力系统的网络安全防御,建立健全应急响应机制,确保重要基础设施的安全性,已成为电力企业和政府部门的重要职责。

## 4 虚拟电厂电力系统灵活性的提升方法

### 4.1 负荷侧管理

负荷侧管理是虚拟电厂提升电力系统灵活性的重要手段,应用智能控制技术和信息通信技术,虚拟电厂能够对电力需求进行实时调控,实现负荷的转移、削峰填谷和需求响应等功能。虚拟电厂可以落实激励机制,引导用户参与电力需求响应,如在电力需求高峰时减少或转移负荷,在电力需求低谷时增加负荷,这种方式不仅能够平衡电力供需,还能有效缓解电力系统的峰谷差,提升系统的灵活性。同时,根据电力系统的实时运行情况对用户的用电负荷进行合理调度,将部分可转移的负荷(如洗衣机、热水器、电动汽车充电等)转移到电力需求低谷时段运行,优化负荷曲线,提升系统灵活性。虚拟电厂还可通过先进的预测算法,对未来的负荷需求进行精准预测,并根据预测结果制定合理的调度策略,优化负荷分布,提升系统的灵活性和稳定性。

### 4.2 资源侧管理

一是分布式能源资源优化调度,虚拟电厂可以根据电力系统的实时运行状态和市场价格信号,对分布式能源资源进行优化调度,在电力需求高峰时,增加分布式能源的发电量;在电力需求低谷时,减少分布式能源的发电量,从而平衡电力供需,提升系统灵活性。二是储能系统管理,储能系统是提升电力系统灵活性的关键资源,虚拟电厂可以通过智能控制系统,对储能系统进行充放电管理。在电力需求低谷时,将多余的电力存储到储能系统中;在电力需求高峰时,将储能系统中的电力释放到电网中,从而平衡电力供需,提升系统灵活性。三是多能互补,虚拟电厂可以整合多种能源资源,实现多能互补和综合利用,优化调度不同类型的能源资源,虚拟电厂能够在不同时间段和不同工况下,提供稳定的电力输出,提升系统的灵活性和可靠性。

### 4.3 市场机制参与

虚拟电厂可以参与电力系统的辅助服务市场,提供调频、备用、负荷跟踪等服务,快速响应电力系统的变化,能够有效提升系统的灵活性和稳定性。虚拟电厂可以参与电力现货市场和期货市场,优化电力资源的配置。在电力现货市场中,虚拟电厂可以根据实时市场价格信号,调整发电和负荷计划,获取经济收益;在电力期货市场中,虚拟电厂可以签订长期合同,锁定未来的发电和用电计划,降低市场风险,提升系统灵活性。除此之外,虚拟电厂还可以参与碳排放交易市场,获取碳排放配额,降低自身的碳排放成本,促进可再生能源的消纳和利用,提升系统的绿色低碳水平。

### 4.4 优化调度和控制策略

一是多时间尺度优化调度,虚拟电厂可以通过多时间尺度优化调度策略,实现短期、中期和长期的优化调度。在短期内,虚拟电厂可以根据实时市场价格和负荷需求,调整发电和负荷

计划;在中长期内,虚拟电厂可以根据季节性变化和市场趋势,制定合理的资源配置和调度计划,提升系统灵活性。二是多目标优化,虚拟电厂的调度策略通常需要考虑多个目标,如经济性、可靠性、环保性等。多目标优化算法能够综合考虑各个目标之间的权衡关系,制定出最优的调度方案。引入模糊逻辑、遗传算法和粒子群优化等先进算法,虚拟电厂可以在多个目标之间找到最佳平衡点,提升系统的整体灵活性和效率。三是自适应控制策略,电力系统的运行状态和外部环境是动态变化的,传统的固定调度策略难以应对这些变化。虚拟电厂采用自适应控制策略,能够根据系统的实时运行状态和外部环境变化,自动调整调度策略,当系统中可再生能源出力波动较大时,虚拟电厂可调整储能系统的充放电策略,平滑电力输出;当市场价格发生剧烈波动时,虚拟电厂可以调整电力交易策略,获取最大收益。

#### 4.5 技术集成与协同优化

虚拟电厂的灵活性提升不仅仅依赖于单一的技术手段,还需要多种技术的集成与协同优化。一是信息与通信技术集成,一般来说,虚拟电厂的核心在于数据的采集、传输和处理。集成先进的ICT技术,如物联网、大数据分析、云计算和人工智能,虚拟电厂能够实时监测和预测电力系统的运行状态,优化调度策略,提升系统的灵活性和响应速度。二是能源管理系统集成,能源管理系统是虚拟电厂的重要组成部分,集成多种能源资源和负荷管理功能,EMS能够实现对电力系统的全面监控和优化调度。其中,EMS可以通过整合分布式光伏、风电、储能系统和灵活负荷,实现多能互补和综合利用,提升系统的灵活性和可靠性。三是智能终端与边缘计算,虚拟电厂的灵活性提升还需要依赖于智能终端和边缘计算技术的支持。智能终端如智能电表、智能传感器和智能控制器,能够实时采集和处理本地数据,并将处理结果传输至中央调度平台。边缘计算技术能够在本地进行数据处理和优化控制,减少数据传输延迟,提升系统响应速度和灵活性。

#### 4.6 政策与市场环境

政府可以制定相关政策,支持虚拟电厂的发展和运用,可提供财政补贴、税收优惠和技术支持,鼓励企业和用户参与虚拟电厂的建设和运营;制定需求响应政策和辅助服务市场规则,推动虚拟电厂参与电力市场交易,提升系统灵活性。与此同时,电力

市场机制的设计对虚拟电厂的灵活性提升至关重要,设计合理的市场规则和交易机制,虚拟电厂可以更好地参与电力市场交易,优化资源配置,提升系统灵活性。引入容量市场、辅助服务市场和碳排放交易市场,虚拟电厂可以在多个市场之间进行资源优化配置,获取经济收益,提升市场竞争力。

### 5 结语

综上所述,虚拟电厂作为发电机组、负荷和储能等主体的聚合商,可以基于自身情况灵活选择发电商、购电商身份参与现货市场交易,有助于提升虚拟电厂的经济效益,有效实现对分布式资源的聚合和调度,进而促进新能源消纳,提高电力系统的灵活性。随着全球能源结构转型的加速推进,电力系统面临着越来越多的挑战。为了应对这些挑战,虚拟电厂作为一种创新的电力系统管理模式应运而生。通过整合分布式能源资源和灵活负荷,虚拟电厂能够有效提升电力系统的灵活性和可靠性,优化资源配置,降低运行成本,促进可再生能源的消纳和利用。

### [参考文献]

- [1]许建中,何作为,程鹏,等.新型电力系统下虚拟电厂需求响应潜力评估方法研究[J].价值工程,2024,43(29):51-54.
- [2]刘思广,李成,方超.考虑共享储能容量配置的虚拟电厂优化运行方法探讨[J].电气时代,2024(10):121-125.
- [3]郭昆健,高赐威,严兴煜.新型电力系统下虚拟电厂研究综述与展望[J].电力需求侧管理,2024,26(05):49-57.
- [4]肖伟超,刘聘凭.智慧农村能源网格:虚拟电厂技术的实现与应用[J].科技创新与应用,2024,14(27):189-192.
- [5]沈莉,赵煜,薛之良,等.虚拟电厂,智慧的“电力搬运工”[N].宁波日报,2024-09-05(002).
- [6]洪浪,吴琴.计及光伏不确定性的虚拟电厂优化调度研究[J].现代工业经济和信化,2024,14(08):113-115+118.
- [7]王炳乾.考虑灵活性资源的多虚拟电厂优化调度研究[D].华北电力大学,2023.
- [8]史云鹏.数据驱动的虚拟电厂灵活资源响应能力及聚合研究[D].东南大学,2023.

### 作者简介:

方佳妮(1995--),女,汉族,湖北咸宁人,武汉大学硕士研究生,工程师,研究方向:电力工程技术。