

# Comprehensive Optimization and Scheduling Strategy for Zoning Virtual Power Plants Considering Low-carbon Energy

Yong Zhu<sup>1</sup> Yaxuan Wang<sup>2</sup> Hailong Zhang<sup>2</sup>

1. Chongqing Huizhi Energy Co., Ltd., Chongqing, 400010, China

2. Beijing Zhaowa Cloud Data Technology Co., Ltd., Beijing, 100000, China

## Abstract

The research on virtual power plants has attracted widespread attention both domestically and internationally. In recent years, many countries or regions around the world have successively issued policies and regulations to support the development of virtual power plants. Therefore, this paper conducts in-depth research on the integrated optimization scheduling strategy of partitioned virtual power plants considering the impact of low-carbon energy, and analyzes the challenges and opportunities encountered by virtual power plants in the current energy situation. Based on the characteristics of each region, effective optimization scheduling schemes are proposed. Its purpose is to improve energy efficiency, reduce carbon emissions, and promote sustainable development, in order to provide theoretical support and practical guidance for the operation and management of virtual power plants.

## Keywords

low carbonization of energy; regional division; virtual power plant; optimize scheduling

## 考虑能源低碳化的分区域虚拟电厂综合优化调度策略

朱勇<sup>1</sup> 王雅萱<sup>2</sup> 张海龙<sup>2</sup>

1. 重庆汇智能源有限公司, 中国·重庆 400010

2. 北京兆瓦云数据科技有限公司, 中国·北京 100000

## 摘要

虚拟电厂研究已引起国内外的普遍重视, 近年来世界上许多国家或地区都陆续颁布了许多扶持虚拟电厂发展的政策与法规。为此, 论文对计及能源低碳化影响的分区域虚拟电厂一体化优化调度策略进行了深入的研究, 并且分析了虚拟电厂在目前能源形势下所遇到的挑战和机会, 根据分区域特点提出了行之有效的优化调度方案。其目的是提高能源利用效率、减少碳排放和可持续发展, 以期对虚拟电厂运营及管理起到理论支持和实践指导作用。

## 关键词

能源低碳化; 分区域; 虚拟电厂; 优化调度

## 1 引言

在全球能源危机与环境问题不断加剧的背景下, 能源低碳化是未来能源发展必然趋势。作为一种创新的能源管理方式, 虚拟电厂有能力整合分散的能源资源, 从而达到能源的高效使用和最优调度。分区域条件下虚拟电厂所面对的能源需求, 资源分布以及政策环境各不相同。因此, 开展能源低碳化影响的分区域虚拟电厂一体化优化调度策略研究具有一定的实际意义。通过合理调度策略能够提升虚拟电厂运行效率、减少能源消耗与碳排放、促进可持续发展。

## 2 能源低碳化背景下虚拟电厂的发展现状

【作者简介】朱勇(1970-), 男, 中国重庆人, 工程师, 从事电力市场研究。

### 2.1 虚拟电厂的概念与特点

虚拟电厂是一种通过先进的信息技术和智能控制技术, 将分布式能源资源(如分布式发电、储能设备、需求响应资源)整合起来, 实现了能源高效利用, 优化调度等能源管理模式。虚拟电厂灵活性强, 响应迅速, 造价低廉, 能够有效提升能源系统运行的可靠性与稳定性。比如当电力供应吃紧时, 虚拟电厂能够迅速做出反应, 动员分布式能源资源来支撑电网。

### 2.2 能源低碳化对虚拟电厂的要求

能源的低碳化需要虚拟电厂运行时尽量地减少碳排放和能源利用效率。这要求虚拟电厂调度时必须充分考虑分布式能源资源低碳特点, 如可再生能源发电占比和储能设备充放电策略。同时, 虚拟电厂也需与电网协调互动以达到能源优化配置及低碳排放。另外, 虚拟电厂可以通过参与电力市场交易向电网销售过剩的可再生能源电力来减少碳排放。

## 2.3 分区域虚拟电厂的特点与挑战

分区域虚拟电厂因各地区能源需求、资源分布及政策环境不同而有其自身特点与挑战。比如某些区域拥有丰富的可再生能源，但是对能源的需求量比较少；而有些区域对能源的需求量更大，可再生能源资源却比较缺乏。这就要求我们必须针对不同地区的特点制定出对应的优化调度策略以达到能源合理分配与高效利用。同时，分区域虚拟电厂也需考虑地区间协调互动以避免能源供应失衡。

## 2.4 现有虚拟电厂调度策略的不足

当前虚拟电厂调度策略多是针对经济效益而制定，缺少能源低碳化考虑。同时已有调度策略对分区域条件缺乏适应性，很难适应不同地区的要求。比如有些调度策略对于可再生能源丰富的区域可能会有更好的结果，而对于能源需求大的区域则很难奏效。另外，已有的调度策略考虑了分布式能源资源不确定性问题，易造成调度结果不符合实际情况。

## 2.5 分区域虚拟电厂综合优化调度的必要性

为实现能源低碳化、可持续发展，必须对分区域虚拟电厂进行全面优化调度。综合优化调度在兼顾经济效益的同时，还必须充分考虑能源的低碳化与环境效益。同时综合优化调度也需针对不同地区特点制定出相应调度策略以达到能源合理分配与高效利用。另外，综合优化调度需考虑分布式能源资源不确定因素，增强调度结果可靠性与稳定性。

# 3 考虑能源低碳化的分区域虚拟电厂综合优化调度原则

## 3.1 低碳优先原则

对分区域虚拟电厂进行全面优化调度时，最重要的是要考虑低碳优先原则。对可再生能源资源进行优先调度可以有效地降低对传统化石能源依赖和碳排放。比如太阳能、风能和水电这些可再生能源都是洁净和可持续发展的。合理调度储能设备存储可再生能源发电高峰时段的过剩电力并等待用电高峰时段进行投放，不仅可以增加可再生能源消纳能力还可以降低传统能源需求。这样既有利于能源的低碳化又有利于环境保护。

## 3.2 经济效益原则

经济效益是分区域虚拟电厂全面优化调度中不容忽视的一个原则。调度过程中要充分考虑虚拟电厂运行成本与收益。合理地安排分布式能源资源发电方案并参与电力市场交易可以增加虚拟电厂收益。同时对储能设备充放电策略进行优化以降低能源损耗和运营成本。根据市场价格的波动情况，对发电计划进行灵活的调整，使电价较高时发电量更多，效益更高。另外，利用高效储能技术减少充放电时能量损失和能源利用效率<sup>[1]</sup>。

## 3.3 区域协调原则

分区域虚拟电厂综合优化调度要求各地区之间协调交互。不同地区虚拟电厂之间要互相配合，以达到合理分配与有效

利用能源。能源需求量大的区域从能源资源充足的区域购电可以达到区域之间能源平衡。例如，一定区域内工业发达且能源需求较大，同时邻近区域内可再生能源充足，跨区域输电满足能源需求较大区域用电需求，地区之间对储能设备和其他资源进行共享以提高资源的利用效率。

## 3.4 灵活性原则

对分区域虚拟电厂进行全面优化调度，要具有灵活性。增加可再生能源资源富集区可再生能源开发利用并发挥优势。而对于能源需求较多的区域，应适当提高传统化石能源发电占比，但是应严格控制碳排放。如针对不同季节能源需求的变化灵活地调整发电结构等。与此同时，虚拟电厂要能够对能源市场变化以及电网需求做出迅速反应，增强能源系统运行可靠性与稳定性。比如在电网发生突发故障的情况下，虚拟电厂可以快速调整发电计划以紧急支援电网。

## 3.5 可持续发展原则

分区域虚拟电厂综合优化调度要遵循可持续发展原则。调度过程充分考虑了能源资源可持续性与环境承载能力，以免能源资源过度开发利用。比如对可再生能源发展规模进行合理规划，以保证资源长期平稳供给。同时，积极普及能源节约与环境保护技术、提高能源利用效率、减少碳排放。

# 4 考虑能源低碳化的分区域虚拟电厂综合优化调度策略

## 4.1 建立分区域虚拟电厂模型

构建分区域虚拟电厂模型，需要综合考虑各分区特征。该模型应当涵盖分布式能源资源、储能设备和需求响应资源等关键元素，并深入探讨它们之间的互动和相互影响。如分布式发电出力特性在不同能源类型中存在差异，太阳能发电受到天气的影响大，而风能发电存在间歇性等。储能设备充放电效率还会对虚拟电厂运行效率产生影响。另外需求响应资源响应能力又依赖于用户参与程度，电价政策。通过构建综合模型可以对虚拟电厂运行情况进行较好的分析与优化。

## 4.2 优化分布式能源资源调度

针对不同地区分布式能源资源特征制定优化调度策略。在可再生能源丰富区域对可再生能源进行重点调度，增强可再生能源消纳。如采用智能调度系统在可再生能源出力预测基础上合理调度发电计划。在传统化石能源丰富区域，应适当提高传统化石能源发电比重，但应严控碳排放。同时，对分布式能源资源发电计划进行合理调度，以免造成能源浪费及供应不足<sup>[2]</sup>。

## 4.3 合理安排储能设备充放电策略

储能设备是分区域虚拟电厂中的重要角色。合理地安排其充放电策略可以提高能源利用效率和减少碳排放。利用可再生能源进行发电高峰时，把多余的电存储起来，用电高峰时放掉，达到削峰填谷目的。虚拟电厂采用电池储能系统将风能发电多余电量存储于夜间并于日间向用户排放。同时，

根据各地区能源需求及资源分布,对储能设备布局及容量进行合理分配,在能源需求大、可再生能源资源不稳定区域提高储能设备容量。

#### 4.4 引入需求响应资源

在分区域虚拟电厂综合优化调度问题上,需求响应资源的引入能够激励用户参与能源管理。通过建立合理电价政策来指导用户用电高峰期用电削减和用电低谷期用电增长以减轻电网负荷压力,如执行分时电价、高峰时上调电价、低谷时下调电价等。同时,通过智能电表和其他装置对用户用电情况进行实时监控,并对用户用电提出建议,增强了用户能源管理意识。

#### 4.5 加强区域间协调互动

分区域虚拟电厂间要加强协调与互动,以达到合理高效地配置能源。能源需求量大的区域从能源资源充足的区域购电以达到区域之间能源平衡。如搭建跨区域电力交易平台、推动能源优化配置等。同时,地区之间对储能设备和其他资源进行共享以提高资源的利用效率。如多地区联合投资建设的大型储能设施按需共享利用。另外,构建区域间能源交易市场以推动能源优化配置与有效利用。如通过市场机制引导能源资源流向需求较大区域<sup>[9]</sup>。

### 5 考虑能源低碳化的分区域虚拟电厂综合优化调度实施步骤

#### 5.1 数据收集与分析

在计及能源低碳化因素的分区域虚拟电厂一体化优化调度问题上,数据的采集和分析是关键。我们需要搜集各个地区的能源需求信息,这包括电力使用的高峰和低谷时段,以及不同行业的电力使用特性等。同时,对资源分布进行了详细的了解,如各个地区可再生能源储量,传统能源的分布,虚拟电厂还分析了政策环境在能源发展中的作用,如补贴政策促进了可再生能源的发展。通过对这些数据进行分析可以准确地掌握各个地区的特征,从而为之后调度策略的制定打下坚实的基础。

#### 5.2 建立优化调度模型

构建优化调度模型的目标函数要兼顾经济效益最大与碳排放最小。约束条件应有效体现能源供需平衡并保证虚拟电厂平稳运行。如针对分布式能源资源出力特性,设定出力限制以避免产生过多电能或者不充分电能。同时,兼顾储能设备充放电效率及容量限制以保证合理工作。另外,决策变量要覆盖分布式能源资源发电计划,储能设备充放电策略,使得模型能够综合反映虚拟电厂运行状况,从而为优化调度提供准确方案。

#### 5.3 求解优化调度模型

选择适当的优化算法对模型进行求解,这是关键的一步。遗传算法可以模拟生物的进化过程来搜索最优解。粒子群算法是通过粒子之间的集体合作来寻找最佳答案的。求解时,应结合实际情况对算法参数进行调整,从而提高求解的效率与精度,如对遗传算法中交叉概率与变异概率进行调整,使得算法能够很好地满足不同地区虚拟电厂的特性。

#### 5.4 实施优化调度策略

在优化调度策略执行过程中,需要强化虚拟电厂监控与管理。对能源生产,存储与消耗进行实时监控,保证调度策略成功实施。同时,针对可再生能源出力不稳和能源需求骤变等现实运行突发状况适时调整调度策略。通过灵活调整提高了调度策略适应性与有效性,确保虚拟电厂平稳运行与能源高效利用<sup>[4]</sup>。

#### 5.5 效果评估与反馈

评价所执行调度策略的效果可以综合考虑经济效益,碳排放和能源利用效率。如比较实施前、后能源成本与效益、测算碳排放减少量、评价能源利用效率提高幅度等。通过效果评估及时发现调度策略存在问题并向优化调度模型传输反馈信息,从而进一步优化完善策略。

### 6 结语

考虑能源低碳化问题的分区域虚拟电厂一体化优化调度策略,是能源可持续发展重要路径选择之一。通过构建分区域虚拟电厂模型,对分布式能源资源进行优化调度,合理安排储能设备的充放电策略,引入需求响应资源,增强地区间的协调互动,提高虚拟电厂运行效率并减少碳排放,达到经济效益,环境效益以及社会效益多方共赢。执行过程需强化数据的采集和分析,优化调度模型的构建,模型的求解,调度策略的执行,效果的评价和反馈以及不断优化和完善的环节,以及加大政策支持和配合力度共同促进虚拟电厂发展等。展望未来,随着科技的持续发展和相关政策的进一步完善,虚拟电厂在实现能源的低碳化和可持续发展方面将扮演越来越关键的角色。

#### 参考文献

- [1] 刘晓鸥,李伟,黄晶晶,等.考虑能源低碳化的分区域虚拟电厂综合优化调度策略[J].电力勘测设计,2024(8):21-28.
- [2] 牛壮壮,刘三明,刘扬.基于能源路由器的多区域虚拟电厂优化调度[J].电测与仪表,2020,57(24):84-92.
- [3] 范宏,陆晓霄.基于HSS算法的多区域虚拟电厂综合能源调度[J].电测与仪表,2021,58(1):124-130.
- [4] 周亦洲,孙国强,黄文进,等.多区域虚拟电厂综合能源协调调度优化模型[J].中国电机工程学报,2017,37(23):6780-6790+7069.