

# 基于多能互补的风电场与分布式光伏集成能源管理研究

胡 辉

( 运达能源科技集团股份有限公司 浙江杭州 310000 )

**摘 要:** 本文深入探讨了基于多能互补原理的风电场与分布式光伏集成能源管理系统的研究。通过分析风电场和分布式光伏电站的运行特性,提出了基于多能互补的集成能源管理策略。本文还探讨了储能系统在集成能源管理系统中的作用,以平抑风电和光伏的出力波动,提高系统的供电可靠性和经济性。研究表明,该系统能够有效整合风能和太阳能资源,提高能源利用效率,降低电力供应的波动性。本文为可再生能源的集成利用和能源管理提供了新的思路和方法,对于推动可再生能源产业的发展和应对能源危机具有重要意义。

**关键词:** 多能互补; 光伏集成; 能源管理; 技术探究

## 引言

随着全球能源消耗的不断增长和环境问题的日益突出,能源结构转型和可持续发展已成为国际社会的共同目标。风能和太阳能作为两种清洁、可再生的能源,具有巨大的开发潜力和广阔的应用前景。然而,由于风能和太阳能的间歇性和波动性,其直接并网使用会给电网带来不稳定因素,甚至影响电力系统的安全稳定运行。因此,如何有效整合风能和太阳能资源,提高能源利用效率,并保障电力系统的稳定运行,成为了当前能源领域的重要研究方向。而风能和太阳能的互补性为解决上述问题提供了可能。风能通常在夜间和冬季较为丰富,而太阳能则在白天和夏季更为充足。通过集成风电场和分布式光伏电站,实现风能和太阳能的互补利用,不仅可以提高能源利用效率,还可以降低电力供应的波动性。此外,随着储能技术的不断发展,储能系统已成为平衡可再生能源出力波动、提高供电可靠性的重要手段。

基于以上背景,本文提出了基于多能互补的风电场与分布式光伏集成能源管理研究。本研究旨在通过深入分析风电场和分布式光伏电站的运行特性,设计合理的集成能源管理策略,并探讨储能系统在其中的作用,以实现风能和太阳能的高效利用和电力系统的稳定运行。本研究不仅具有重要的理论价值,还能为可再生能源的集成利用和能源管理提供实践指导,对于推动可再生能源产业的发展和应对能源危机具有重要意义。

## 1 背景分析

### 1.1 可再生能源的发展现状

可再生能源是指能够自然更新的能源,如太阳能、风能、水能、地热能等。随着全球能源需求的不断增长和环境问题的日益严重,可再生能源的利用已成为全球能源发展的重要方向。目前,全球可再生能源的利用已经取得了显著进展,尤其是在风能和太阳能领域。据国际能源署的数据显示,2022年全球可再生能源的装机容量已经达到了2,799GW,其中风能和太阳能的装机容量分别为651GW和627GW,占比较大。在国内,我国可再生能源的利用也取得了快速发展。截至2023年,我国可再生能源的总装机容量达到了1450GW,占全国发电总装机超过50%。这一数据相比往年有显著增长,体现了我国能源绿色低碳转型步伐的加快。此外,我国还在积极推进其他可再生能源的利用,如水能、生物质能等。

尽管可再生能源的利用已经取得了显著进展,但仍然存在着一些问题和挑战:可再生能源的不稳定性和间歇性使得其在电力系统中的大规模利用面临着一定的技术和经济难题;可再生能源的利用需要大量的投资和政策支持,这对于一些发展中国家来说可能会面临

一定的困难;可再生能源的利用还需要解决与传统能源的协调和衔接问题,以确保能源的供应安全和稳定性。

### 1.2 风电场和分布式光伏电站的特点和优势

在能源结构转型和可持续发展的浪潮中,风电场和分布式光伏电站各自以其独特的特点和显著优势崭露头角。风电场,作为一种依赖风能资源的可再生能源发电方式,凭借其无限的再生性和环境友好性,为电力供应提供了长期的、稳定的保障。风电场的建设选址灵活性极高,能够根据风能资源的分布进行精确布局,以最大化地利用风能资源。随着风电技术的不断发展和进步,风电场的发电效率和可靠性也得到了显著提升,而运营成本则逐渐降低,使其在经济性上更具竞争力。而分布式光伏电站以其规模灵活、土地占用少的特点,在能源利用上展现了卓越的高效性。分布式光伏电站能够利用屋顶、墙面等闲置空间进行安装,无需大规模占用土地,实现了能源的有效利用。这种发电用电并存的模式,不仅提高了能源利用效率,还降低了对电网的依赖,增强了能源供应的可靠性。

### 1.3 集成能源管理的研究现状和意义

集成能源管理的研究正成为能源领域的一大热点,其市场增长迅速,并受到全球范围内的广泛关注。随着能源紧缺、价格上涨和环境问题的日益突出,越来越多的企业、组织乃至国家开始重视能源管理系统的建设与应用。当前,集成能源管理的研究不仅涵盖了工业、商业和居民等多个细分市场,而且还在技术上取得了显著进展,如大数据分析、人工智能和物联网等技术的应用,使能源管理系统能够更准确地监测、分析能耗数据,从而制定更科学、高效的能源使用方案。

这一研究领域的深入发展,对于提高能源利用效率、促进节能减排、提升企业竞争力以及推动能源结构转型都具有重要意义。通过集成能源管理,企业能够实时掌握能源消耗情况,精确分析能源使用数据,优化能源配置和使用方案,进而降低能源成本,减少温室气体排放,为环境保护贡献一份力量。同时,高效的能源管理也能使企业在竞争激烈的市场环境中更具优势,增强其在市场中的竞争力。

## 2 风电场和分布式光伏电站的运行特性分析

### 2.1 风能和太阳能的时空分布特性

风能和太阳能作为可再生能源的代表,其独特的时空分布特性对能源开发和利用策略的制定至关重要。从空间分布来看,风能资源主要集中在特定的地理区域,如中国的“三北”地区及东南沿海地带,这些地区拥有高风速和优质的风质,成为风能开发的热点区域。而太阳能资源的空间分布则更为广泛,但受到纬度、地形地貌

和气候等因素的影响,其资源量在不同地区存在显著差异。

在时间分布上,风能资源展现出明显的季节性和日周期性变化。受季风气候影响,风能资源的丰富程度在冬季和夏季之间存在显著差异,而在一天之内,风能出力与负荷需求的变化可能呈现出反调峰的特性。而相对来看,太阳能资源的时间分布特性更为确定,其出力随日照强度的变化而变化,具有明确的波动性和间歇性。然而,太阳能的日周期变化与负荷需求的变化高度吻合,这为太阳能发电的并网运行提供了有利条件。

### 2.2 风电场和分布式光伏电站的出力波动特性

风电场和分布式光伏电站作为可再生能源的重要组成部分,在能源供应领域发挥着日益重要的作用。但它们的出力波动特性也给电力系统的稳定性和可靠性带来了一定的挑战。风电场的出力波动主要源于风能的随机性。由于风速的不可预测和不稳定,风电出力会随风速的变化而产生大幅度的波动,其波动范围通常在 0%~100% 之间。这种波动性使得风电场在电力系统中难以保持稳定的出力供给。尽管风电机械转动部件的惯性作用会在一定程度上缓冲这种波动,但较小的时间尺度内仍会存在明显的出力变化。分布式光伏电站的出力波动则主要受光照强度、天气、季节和温度等自然因素的影响。光伏出力的小时级波动可以达到装机容量的 50%,且出力主要集中在白天,夜晚出力几乎为零。这种时段性特点使得光伏电站的出力与负荷需求的变化可能不完全匹配,增加了电力系统调度的难度。

## 3 基于多能互补的集成能源管理策略

### 3.1 风电场和分布式光伏电站的出力配比优化

风电场和分布式光伏电站作为可再生能源的重要组成部分,在能源供应领域展现出巨大的潜力和互补性。在优化两者的出力配比时,需要综合考虑风能资源和太阳能资源的特性、电站的设备配置、控制系统以及储能系统等多个因素。

风电场的出力优化需要基于详细的风能资源评估,选择适合的机组类型和布局,确保风电机组能够在不同风速条件下高效运行。同时,通过优化控制系统,实现风电场的最大功率追踪,以及限电时段内的出力平滑调节,确保风电场出力与电网需求相匹配。分布式光伏电站的出力优化同样重要。在选择光伏组件时,应充分考虑当地的太阳能资源情况和组件的性能参数,以最大化利用太阳能资源。通过优化光伏组件的布置方式,减少阴影遮挡对发电效率的影响,同时合理配置电池储能系统,提高光伏发电系统的稳定性和自供电能力。

风电场和分布式光伏电站的出力配比优化需要充分利用两者的互补性。通过预测和调度技术,实现对风电和光伏出力的精准控制,根据电网需求和能源资源状况,合理调整两者的出力比例,实现能源的最大化利用。同时,配置储能系统可以有效平衡风电场和分布式光伏电站的出力波动,提高能源供应的稳定性和可靠性。

### 3.2 储能系统在集成能源管理中的作用

储能系统在集成能源管理中起着相当重要的作用。由于风电和光伏发电的波动性,储能系统可以平抑这些波动,提高系统的供电可靠性和经济性。储能系统可以在风电和光伏发电量较高时储存多余的电力,以备不时之需。而在风电和光伏发电量较低时,储能系统可以释放储存的电力,以满足电力需求。这种储能系统的运行方式可以有效地平衡风电和光伏发电的波动性,提高系统的供电可靠性。其还能够通过提高系统的功率因数,改善电力质量。这是由于风电和光伏发电的波动性,系统的功率因数可能会降低,导致电力质量下降。而储能系统可以通过控制电力的输出,提高系统的功率因数,改善电力质量。

在集成能源管理系统中,储能系统还可以通过参与电力市场交

易,实现电力的价值最大化。当电力市场价格较高时,储能系统可以将储存的电力出售,获取更高的收益。而当电力市场价格较低时,储能系统可以购买电力,以补充系统的电力需求。这种参与电力市场交易的方式可以进一步提高系统的经济性。

## 4 集成能源管理系统的优化算法设计

### 4.1 数学模型的建立

在集成能源管理系统中,优化算法的设计依赖于精准且高效的数学模型,这是确保系统能够高效利用和管理能源的关键。首先需深入分析并确定系统中的关键组件,如能源供应设备、转换设备、存储设备以及使用设备,并明确这些组件之间的相互作用和能量流动关系。随后为这些组件定义关键的状态变量,如输出功率、转换效率、存储容量和充放电状态等,以准确描述它们的运行状态。基于这些组件的物理特性和运行规律,我们建立各组件的数学模型。这些模型可能是基于物理原理的物理模型,通过分析环境参数来预测能源产量;也可能是基于历史数据的统计模型,通过数据分析来预测能源需求;或是基于专家知识和经验的经验模型,适用于数据不足或模型复杂性较低的情况。

在构建了各组件的模型之后,将它们整合成一个完整的能源管理系统数学模型,并通过实际数据或模拟数据进行验证和校准,以确保模型的准确性和有效性。这个模型将成为优化算法设计的基石,帮助我们实现能源供应、需求和存储的优化配置。

### 4.2 优化算法的设计和实现

集成能源管理系统的优化算法设计是确保系统高效运行、实现资源优化配置的核心环节。首先应依据系统各组件的物理特性和相互关系,构建精确的数学模型,以准确反映系统运行情况和性能,为优化算法提供坚实的基础。并且深入分析并明确系统中的约束条件,如能源供应能力、设备容量等,以确保优化算法在符合实际限制条件下运行。在优化算法的实现过程中,应以收集和整理系统的实时数据为优先,并进行预处理,以便算法使用。接着将预处理后的数据输入到优化算法中,进行迭代计算。在每一轮迭代中,算法根据当前状态和约束条件,寻找并输出最优的能源配置方案。这些方案详尽地涵盖了各种能源的供应、转换、存储和使用计划,并附有成本效益的详细分析。最终再将优化方案转化为控制指令,发送给系统的各个组件,指导它们进行相应操作,以实现能源的高效利用和管理。整个优化算法的设计和实现过程不仅确保了系统的高效运行,还显著提高了能源利用的经济性和环境友好性。

## 结语

在深入探讨基于多能互补的风电场与分布式光伏集成能源管理研究后,我们得以全面审视这一领域的挑战与机遇。随着可再生能源技术的不断发展,我们需要进一步优化集成能源管理系统的设计和算法的实现,以适应更加复杂多变的能源环境。我们也需要关注能源市场的变化和政策导向,以确保系统的经济性和可持续性。

### 参考文献:

- [1]提高风电并网价值最优储能容量配置研究[J].董文博;顾秀芳;罗振鹏;陈艳宁.热力发电,2021.
- [2]基于数据驱动的双馈风电场经 VSC-HVDC 并网次同步振荡影响因素分析[J].徐鑫裕;边晓燕;张骞;常喜强;黄阮明;孙开宁.电力系统保护与控制,2021(21).
- [3]大规模风电汇集系统小干扰稳定性研究综述[J].王一珺;杜文娟;王海风.电网技术,2022(05).
- [4]基于多因子的太阳辐照度预测方法研究进展[J].兰昆;吴战波;赵泽妮;贾凌云;杨柳;云斯宁.太阳能学报,2024.
- [5]光伏智能电站建设与运维管理策略[J].黑文智.中国高新科技,2023(18).