

风电与光伏系统的能量管理与储能优化策略

王健壮 宋召迪

中国电建集团河北工程有限公司，河北石家庄，050000；

摘要：随着可再生能源的快速发展，风电和光伏系统成为了现代电力体系的重要组成部分。然而，这些能源源自自然环境，具有较强的波动性和间歇性，给电力系统的稳定性和供需平衡带来了挑战。本文探讨了风电和光伏系统的能量管理与储能优化策略。通过分析其发电特性，结合储能技术的应用，提出了一种综合的优化策略，以提高可再生能源的利用效率和电力系统的稳定性。重点讨论了风光互补、智能调度及多种储能技术的协同优化。最后，提出了进一步研究的方向，以推动风电和光伏系统的可持续发展。

关键词：风电；光伏系统；能量管理；储能优化；电力系统

DOI：10.69979/3041-0673.25.11.011

引言

风能与太阳能作为重要的可再生能源，已成为全球能源转型的重要推动力。然而，风电和光伏系统具有较强的波动性和间歇性，这使得电力系统在接纳这些能源时面临稳定性和可靠性挑战。为了解决这些问题，开发有效的能量管理与储能优化策略成为当前研究的热点。本文将重点探讨如何通过储能技术的集成与优化，实现风电和光伏发电的平稳接入，确保电网的安全稳定运行。

1 风电与光伏系统的能量管理问题

1.1 风电与光伏发电的波动性与间歇性

风电和光伏发电的波动性与间歇性是可再生能源在电网中广泛应用时的主要挑战之一。风电发电量与风速密切相关，而风速本身具有时变性和不确定性，这使得风电的发电量难以精确预测。特别是在风速较低的情况下，风力发电几乎没有电力输出，导致电网负荷不稳定。而在风速过高的情况下，发电量可能大幅增加，超出需求，从而导致电网电压和频率的波动。光伏发电则受日照强度和天气变化的影响较大。白天阳光充足时，光伏发电能够达到较高的输出，但在阴天、雨天或夜间，发电量将急剧下降，甚至为零。此外，光伏发电的波动性还受到云层遮挡和气象变化的影响，尤其是云层的快速移动或天气系统的变化，会在短时间内导致电力输出的剧烈波动。这些波动性与间歇性特征使得电网在高比例可再生能源接入的情况下，面临着电力供应不稳定和频率波动的问题，尤其是在电力需求高峰期或电网负荷较重时，容易导致供电不足。因此，如何平衡风光发电

的波动性，保障电网稳定运行，是实现可再生能源高效利用的关键。

1.2 储能技术在风光发电中的应用

储能技术在风电和光伏系统中发挥着至关重要的作用，它可以缓解风光发电的波动性和间歇性带来的挑战。通过储能装置，系统可以在风力强或阳光充足的时段，将多余的电能储存起来，以备未来需求较高或发电不足时使用。常见的储能技术包括锂电池、抽水蓄能、压缩空气储能等。锂电池作为一种高效的储能技术，具有能量密度高、响应时间短的优势，可以迅速释放电能，适应风光发电的短期波动。抽水蓄能则通过利用低谷电力将水从低处抽到高处储存，在电力需求高峰时释放水能，转换为电能，起到调节电网负荷的作用。压缩空气储能则通过压缩空气存储能量，在需要时释放压缩空气驱动发电机发电，这种方式适用于大规模储能，能够平衡长时间的风光发电波动。储能系统不仅有助于平衡电力供需，还能够缓解风电和光伏发电带来的电力质量问题，如电压波动和频率波动。在电力系统中，储能设备的合理部署和优化调度能够提高电网的灵活性和可靠性，确保风光发电的高效利用，促进可再生能源的普及。

1.3 能量管理系统的智能调度

能量管理系统（EMS）作为一种智能调度工具，在风电和光伏发电的集成应用中起到了至关重要的作用。EMS通过实时监测和分析电网的运行状况、风光发电的输出以及负荷需求，能够精确调度各类电源和储能装置，以实现电力供需的平衡。智能调度的核心在于优化各个能源系统的运行，以应对风电和光伏发电的波动性。EM

S 结合天气预报、负荷预测和电力市场信息，可以提前预测风速、日照强度等变化因素，制定最优的电力调度策略。在风光发电较强时，EMS 能够将多余的电能储存起来，而在风光发电不足时，系统可以及时调度储能设备或其他备用电源进行补充，确保电网的稳定运行。通过这种智能调度，EMS 能够有效减少风光发电的不稳定性对电网的影响，同时降低电力供应的风险，提升电力系统的可靠性和经济性。此外，EMS 还能够根据实时电价和市场需求，优化发电调度，以提高经济效益和能源利用效率。随着人工智能和大数据技术的发展，未来的能量管理系统将更加智能化、精准化，为风光发电的高效利用提供更强有力的支持。

2 风电与光伏系统的储能优化策略

2.1 风光互补发电模式的优化

风电与光伏发电各自具有的波动性，使得其单独应用时存在较大的电力输出不稳定性。风光互补发电模式利用两者的互补特性，从而平衡了这种波动性。具体来说，风能与太阳能的发电时段不同，风力发电在夜间和阴天时的发电效率较低，而光伏发电则在白天阳光充足时有较好的表现。因此，风光互补模式能够在白天与夜间、晴天与阴天之间实现发电的有机配合，减少单一能源所带来的不稳定性。然而，要实现风光互补发电模式的优化，还需要合理配置风电与光伏发电的比例。具体而言，风能资源丰富的地区应提高风电的比重，而在日照资源较为充足的地区，则可以增加光伏发电的比例。此外，储能系统的配置也需要与风光发电的比例匹配，以最大限度地发挥两者的互补作用。例如，在光伏发电较强时，储能系统可以储存多余的电力，以备风电不足时使用。通过这些措施，风光互补发电模式能够显著提高系统的发电效率和稳定性，使得储能系统得到充分利用，优化了发电和储能资源的配置。

2.2 储能系统的多层次优化

储能系统的优化不仅仅是选择适当的储能容量，更关键的是在不同时间尺度和运行条件下对储能装置的调度和管理进行全面优化。在大规模风电和光伏发电系统中，储能系统的调度和管理尤为重要，因为风电和光伏的发电模式存在较大的波动性，且其间的电力供需不平衡可能导致电网的频率和电压波动。因此，储能系统必须具备快速响应能力，以应对电力负荷的波动，保证

电网的稳定运行。对于储能容量的优化，必须考虑电力需求的波动性以及风电和光伏发电的变化，合理确定储能设备的大小和充放电策略，避免因储能容量过大或过小而影响系统的整体效能。在调度策略方面，可以通过采用分布式储能与集中式储能相结合的方式优化电力的平衡和调度。分布式储能系统可以实现区域内电力需求与供应的平衡，提高供电的可靠性与灵活性，而集中式储能系统则能够在全局范围内进行大规模的电力调度与优化，提高系统的响应效率。通过这些多层次的优化措施，储能系统能够更好地适应风电与光伏发电的不确定性，提高电网的稳定性和效率。

2.3 智能调度与预测优化算法

智能调度与预测优化算法的应用，为风电和光伏系统的储能优化提供了强有力的支持。随着大数据与人工智能技术的发展，结合气象预报、负荷预测和历史数据，智能调度系统能够对电网进行实时调节，优化储能系统的充放电策略。具体而言，智能调度系统通过实时监测电网负荷和发电情况，动态调整储能设备的充放电过程，以保证电网在不同负荷情况下的平稳运行。同时，基于机器学习和深度学习的预测算法，可以更精确地预测风速、日照强度以及电力需求的波动，为储能系统的优化提供更加精准的数据支持。通过这些预测算法，系统可以提前预见到未来的风电和光伏发电情况，及时调整储能策略，最大限度地减少电力浪费和供应不足的情况。例如，在风电发电量不足时，储能设备可以提供补充电力；而在光伏发电充足时，储能系统则可以储存多余的电力，为后续的用电需求做好准备。通过智能调度与预测优化算法的结合，不仅提高了储能系统的响应速度和效率，还有效提高了风电和光伏发电系统的整体稳定性与可靠性。

3 风电与光伏系统的能量管理挑战

3.1 风电和光伏系统的波动性控制

风电和光伏系统的波动性控制一直是可再生能源领域中的重要挑战，尽管储能技术和优化策略可以在一定程度上缓解这种波动性，但依然无法完全消除其对电力系统的影响。风电的输出功率受风速变化的影响，而光伏发电则受太阳辐射强度变化的影响，这些因素大多是不可预测和难以控制的。风速和太阳辐射的不稳定性带来了可再生能源发电的不确定性，进而对电力系统的

稳定性和可靠性构成威胁。要应对这一挑战,气象预报技术的进步显得尤为重要。先进的气象预报能够提高对风速和辐射强度变化的预测精度,从而为电力调度提供更为精确的数据支持。此外,调度优化方法的改进也至关重要,通过对系统负荷、发电输出和储能资源的精确调度,可以在一定程度上平衡风电和光伏系统的波动性。当前,随着储能技术的不断发展,储能系统被视为缓解波动性的重要手段,通过实时充放电调节,可在发电不稳定时提供电力支持,提升系统的稳定性。然而,如何将这些技术有效结合,形成协调一致的系統,依然是实现风电和光伏系統波动性控制的关键所在。

3.2 储能技术的经济性问题

储能技术在风电和光伏发电系统中扮演着至关重要的角色,尤其是在平衡发电与需求之间的差异时。然而,储能技术的经济性问题一直是其广泛应用的瓶颈。储能装置的建设和运行维护成本较高,这对于大规模推广储能技术构成了挑战。尤其是在建设大规模储能系统时,储能设备的初期投资和长期维护费用使得其经济性无法与传统能源系统相匹敌。为了降低储能成本,当前的研究重点之一是开发成本更低、效率更高的储能技术。例如,随着锂电池、钠硫电池等新型电池技术的进步,储能装置的性能和成本逐渐得到优化。与此同时,其他类型的储能方式,如压缩空气储能、抽水蓄能等,也在寻找经济可行的解决方案。除了技术创新外,政策支持和市场激励措施同样不可忽视。通过政府补贴、税收减免、绿色信贷等政策措施,可以在短期内降低储能技术的投入成本,促进其快速应用。此外,储能技术的规模化应用也有助于通过产业链的成熟与优化,降低生产成本,从而提升整体经济性。因此,储能技术的发展不仅需要技术突破,还需要政策环境的支持和市场需求的推动。

3.3 电网基础设施的适应性问题

随着风电和光伏发电比例的不断增加,电网基础设施的适应性问题日益凸显。传统电网主要是基于稳定、可预测的发电方式进行设计和建设的,而风电和光伏发电的接入要求电网具备更强的适应性和灵活性。电网智能化和分布式能源系统的建设被认为是应对这一挑战的关键。智能电网通过集成先进的通信技术和自动化控

制系统,可以实时监测和调度电网中的电力流向,确保电力供需平衡,并有效应对风电和光伏发电的波动。此外,分布式能源系统能够在更广泛的区域内进行能源生成和分配,有效减轻局部电网负担,提高整体电力供应的稳定性和可靠性。智能电网还能够通过储能与需求响应机制,缓解风电和光伏发电的波动性,为电网提供实时调节能力。这些措施能够使电网在面对可再生能源波动时更加灵活,减少因波动造成的电网故障和能源浪费。然而,电网基础设施的改造和升级需要巨大的投入和技术支持,特别是在一些老旧地区,更新电网以适应现代可再生能源系统需要较长的时间周期和较高的资金支持。因此,在推进电网基础设施适应性的过程中,必须加强政策引导,提升资金投入,同时加大技术创新力度,确保电网的稳定和高效运行。

4 结论

风电与光伏系统作为重要的可再生能源,在现代电力系统中扮演着越来越重要的角色。面对其波动性与间歇性带来的挑战,能量管理与储能优化策略成为提高系统可靠性与稳定性的关键。通过合理配置储能系统,采用风光互补模式,结合智能调度与预测优化算法,能够有效地缓解风电和光伏发电的波动问题。尽管目前仍面临一定的技术和经济挑战,但随着储能技术的发展和电网基础设施的升级,未来可再生能源将进一步推动能源转型与可持续发展。

参考文献

- [1]张振波.风电与光伏并网对电力系统频率动态特性的影响分析[J].中国机械,2024,(27):77-80+84.
- [2]蒋梅笑.风电与光伏新能源项目安全管理研究——以关键因素分析与优化策略为例[J].中国科技投资,2024,(22):11-13.
- [3]曾桢,王溥,朱童.海上风电与光伏发展现状、趋势与未来策略研究[J].科技促进发展,2024,20(Z1):750-760.
- [4]荆捷,董砚,杨富荃.孤岛风电制氢系统日前及实时能量管理[J].科学技术与工程,2025,25(01):210-218.
- [5]韩路路,张会广.基于风电机组大部件温度的风电场能量管理优化[J].电工技术,2024,(02):94-96+100.