

Research on the application of energy storage system in the high proportion of new energy power grid

Wei Wang Wentao Li Hongbo Lv

New Energy Division of Liaohe Oilfield Company (Electric Power Branch), Panjin, Liaoning, 124010, China

Abstract

Based on the classification and development status of energy storage technology, this paper systematically studies the application of energy storage systems on the power generation side, grid side, and user side using the literature analysis method. The results show that power generation-side energy storage is mainly used for peak shaving, frequency regulation, and joint regulation of new energy and thermal power units, significantly improving the absorption of renewable energy. Grid-side energy storage plays a critical role in frequency modulation, voltage support, and delaying grid expansion. User-side energy storage enhances electricity utilization efficiency and cost-effectiveness through distributed energy storage and load management. Energy storage systems have become essential support technologies for high-proportion new energy grids. Their future development should focus on high-efficiency energy conversion, long-lifespan storage technologies, and deep integration with smart grids to further improve the sustainability and economic efficiency of power systems.

Keywords

energy storage system; high proportion of new energy; power grid application; technology development

储能系统在高比例新能源电网中的应用研究

王炜 李文涛 吕泓博

辽河油田公司新能源事业部（电力分公司），中国·辽宁 盘锦 124010

摘要

本文基于储能技术的分类与发展现状，采用文献分析法，系统研究了储能系统在发电侧、电网侧和用户侧的应用。结果表明，发电侧储能主要用于调峰、调频及新能源与火电机组的联合调节，能够显著提高新能源消纳比例；电网侧储能在频率调节、电压支撑和延缓电网扩容等方面发挥了关键作用；用户侧储能通过分布式储能和负荷管理提升了用电效率和经济性。储能系统已成为高比例新能源电网的重要支撑技术，其未来发展需聚焦高效能量转换、长寿命储能技术及与智能电网的深度融合，以进一步提升电力系统的可持续性和经济性。

关键词

储能系统；高比例新能源；电网应用；技术发展

1 引言

传统电网在新能源接入的过程中面临着调节能力不足、功率波动难以平衡、电力供应不稳定等问题，如何有效整合新能源发电并确保电网的稳定性成为了当前电力行业亟需解决的核心问题之一。为了应对这一问题，储能技术的应用被认为是破解新能源瓶颈、实现电力系统稳定运行的关键。电化学储能、机械储能、压缩空气储能等多种储能技术在高比例新能源电网中的应用，为电网的平稳运行提供了技术保障。

2 储能技术概述

2.1 储能技术的基本概念

储能技术是指通过一定的设备和技术手段，将多余的电能存储起来，并在电力需求较高或系统负荷波动时，释放出储存的电能以调节电力供应的一种技术手段。储能的基本原理在于通过转换和储存能量来解决电力供需之间的时间差异。电力系统的电能供给通常受自然资源条件（如风、光等）和负荷需求的影响，供需的非同步性和不确定性成为电力系统运行中的难题。而储能系统则能够在电力过剩时存储电能，待电力需求高峰时再释放出来，以保证电力的稳定供应。储能技术的核心目标是优化能源使用效率，提高电力系统的灵活性与可靠性。储能系统能够平抑风能、太阳能等可再生能源的波动性，弥补其间歇性带来的电网不稳定问题。

【作者简介】李文涛（1988-），男，中国山东青州人，本科，工程师，从事电气工程及其自动化方面研究。

2.2 储能技术的分类

储能技术随着能源转型的推进在电力系统中扮演着越来越重要的角色。根据储能介质的不同,储能技术可分为机械储能、电化学储能、电磁储能、热储能等几类,每种技术具有不同的原理、优缺点和应用场景。锂离子电池作为最广泛应用的电化学储能技术,其工作原理基于锂离子在正负极之间的往返运动来完成充放电过程。锂离子电池具有较高的能量密度、较长的使用寿命和较快的响应速度,适用于需要快速调节电力输出的场景,如电网调频、储能电站等。其主要缺点是成本较高且在高温环境下性能会受到影响,此外,资源的可持续性和回收问题也需要进一步关注;飞轮储能是机械储能中的一种,工作原理是通过电动机将电能转化为飞轮的旋转动能,而后在需要时通过发电机将旋转动能转换为电能。飞轮储能系统的优点是响应速度快,能量输出稳定,且由于没有化学反应,使用寿命长,适用于快速调节电网频率和瞬时负荷波动。其缺点在于能量存储密度相对较低,适合于短时间、高功率的需求,而对长时间、大规模储能的需求则显得不足;压缩空气储能(CAES)是一种机械储能方式,通过压缩机将空气压缩并储存在地下或储气罐中。在电力需求高峰时,压缩空气通过膨胀过程驱动涡轮发电。压缩空气储能的优势在于可以提供大规模的能量存储,适用于长时间和大容量的电力平衡调节,但其能量转换效率较低,且需要大量的地下空间来储存压缩空气,施工和运营成本较高。该技术尤其适用于风能和太阳能发电较为密集的地区,能够有效解决其波动性和不稳定性问题;液流电池作为一种新型的电化学储能技术,采用液态电解质和电极材料,通过电池内部化学反应实现能量存储与释放。液流电池的优点是能够进行大规模、长时间的能量存储,且充放电过程不会造成性能衰减,适合应用于大规模储能项目,如电网调频、负荷调节等。与锂离子电池相比,液流电池的能量密度较低,但其较长的使用寿命和较为稳定的性能使其成为未来储能领域的一个重要发展方向。

3 储能系统在高比例新能源电网中的应用

3.1 发电侧储能应用

3.1.1 调峰与调频

在高比例新能源接入的电网中,储能技术在发电侧的应用尤为重要,特别是在调峰与调频方面。调峰是指通过调节发电机组的出力以应对负荷的波动,而调频则是通过调整电网频率来保持电网的稳定。新能源,如风能和太阳能,其发电具有间歇性和波动性,这使得电网的频率与负荷调节变得更加复杂,尤其是在新能源比例不断上升的情况下。储能系统可以有效缓解这一问题,作为调峰与调频的补充。储能设备(如电池、抽水蓄能等)能够在电网负荷低时储存过剩的能源,并在电网负荷高峰时释放,从而实现负荷的平衡。储能系统能够快速响应电网频率的波动,通过向电网供电或

吸收电能,迅速调整频率,防止频率偏移过大,保障电网的稳定性。特别是在风力发电和光伏发电的输出波动较大时,储能系统的调峰调频能力显得尤为重要,能显著提高新能源电力的消纳能力,并减少对传统火电机组的依赖。

3.1.2 新能源与火电机组联合调节

随着新能源的快速发展,传统的火电机组的调节能力逐渐受到挑战,特别是当新能源占据较大比例时,火电机组在频率调节中的作用逐渐减弱。然而,火电机组在调节大规模负荷波动时仍然发挥着不可替代的作用。为了更高效地利用新能源并减少对火电机组的过度依赖,储能系统可与火电机组联合调节,形成一种新的能源调度模式。通过储能系统在火电机组的调峰调频过程中提供辅助,储能可以在新能源发电不足时提供补充能量,或在风能和光伏发电过剩时吸收多余的电能,调节电力供应与需求的平衡。这种联合调节不仅可以提升系统的调节速度和精度,还能提高新能源的消纳比例,同时减轻火电机组的负担,降低其碳排放。储能系统在这一过程中充当“缓冲区”的角色,有效提高了火电机组的调节效率,并为电力系统提供更加灵活的能源调度解决方案。

3.1.3 调度优化

在高比例新能源电网中,电力调度的复杂性大大增加。传统的调度模式往往依赖于大规模的火电机组,但随着新能源占比的提升,这种方式已难以满足需求。储能系统通过在发电侧的灵活调节能力,能够为电力系统提供更加高效、智能的调度优化解决方案。具体而言,储能系统可以实时响应电网负荷的变化,智能调节储能装置的充放电状态,优化电力系统的调度策略。这种调度优化不仅能提高电网的运行效率,还能减少由于电力波动造成的负荷波动,提高电网的稳定性。储能系统在这一过程中通过为电网提供频率调节、电压支撑以及负荷平衡等功能,增强了新能源发电对电网的支撑能力。例如,在风电或光伏发电较为集中的地区,储能系统可以实时吸收和释放能量,调节电网运行状态,确保电网负荷的平衡。此外,储能的调度优化还能减少传统发电机组的启停频率,提高发电系统的整体效率和经济性,推动电力系统向更加绿色、智能的方向发展。

3.2 电网侧储能应用

3.2.1 电网调频与调峰

在电网侧,储能系统的应用可以显著提高电网的调频与调峰能力。调频是指电网通过调节电网频率来保持系统的稳定,而调峰则是应对负荷波动和供电需求变化的一种调节方式。随着新能源发电比例的不断上升,尤其是风电和光伏的间歇性和不稳定性,使得电网的调节需求不断增加。储能系统能够迅速响应电网频率波动,通过吸收或释放电能的方式调整电网频率,保持电网的稳定性。在调峰方面,储能可以在电力需求较低时储存多余电力,并在需求高峰时释放,达到平衡负荷的目的,减少对传统火电机组的依赖。通过储

能技术,电网的调频调峰能力得以提升,不仅增强了电网对负荷波动的适应性,还能提高新能源的消纳能力,减少弃风弃光现象。

3.2.2 电网支持与功率电压支撑

电网在运行过程中,需要维持功率和电压的稳定,以确保电力供应的可靠性。储能系统作为电网侧的一部分,可以为电网提供必要的功率支撑与电压支撑,增强电网的灵活性与可靠性。储能系统能够迅速响应电网中的功率需求变化,通过吸收或释放电能,及时为电网提供所需的有功功率和无功功率。尤其是在负荷波动较大的时段,储能系统可以充当电网的“调节器”,帮助平衡功率的缺口或过剩,保持电压稳定。储能系统还能够在电网出现突发性电压跌落或频率波动时,迅速补充能量,缓解电网设备的压力,避免大规模停电事故的发生。储能系统通过这种快速响应能力,能够在提升电网稳定性的同时,减少电网对传统发电机组的过度依赖,尤其是在新能源电力比例较高的区域,储能能在电网支撑中的作用尤为突出。

3.2.3 延缓电网扩容与升级

随着电力需求的持续增长,电网的扩容与升级成为一项亟待解决的问题,尤其是在一些偏远地区或电网负荷较大的区域,传统电网设施的扩展成本高昂且建设周期长。而储能系统的引入,为解决这一问题提供了新的思路。储能可以在电网负荷高峰时储存多余电力,并在需求增加时释放,从而减少电网对新增变电站和输电线路的需求,延缓电网扩容和升级的压力。通过合理部署储能系统,电网可以有效平衡电力负荷的波动,减少对传统电力基础设施的依赖,避免大规模的电网扩建,从而降低电网投资和建设成本。储能系统还能在电网出现负荷波动时,提供快速的调节支持,避免电网设施的过载运行,提高现有电网设施的利用效率。

3.3 用户侧储能应用

3.3.1 分布式储能系统

分布式储能系统是指将储能设备直接部署在用户侧的电力需求点,以实现电力需求的本地化调节和管理。这种系统能够在用户需求较低时储存电能,在需求高峰时释放电能,从而提高能源使用效率,降低能源成本。分布式储能的关键特点是其灵活性和可调度性,可以根据用户的具体需求和电力市场的波动灵活调配电力资源。对于居民用户,分布式储能系统可以与家庭太阳能发电系统结合使用,实现能源的自给自足,降低电力购买成本;对于商业和工业用户,分布式储能能够应对电力需求波动,减少低谷电价带来的影响,提升能源使用的经济性和稳定性。分布式储能系统的应

用不仅能够提高用户侧电力的利用效率,还能减轻电网负担。在大规模分布式储能系统的支持下,用户可以在电网出现高负荷或电力供应紧张时,通过局部的储能设备来平衡负荷,降低对电网的依赖。除此之外,分布式储能还可以提高电网的可靠性,在电网发生故障时,分布式储能系统能够独立运行,为用户提供应急电力支持。

3.3.2 负荷管理

负荷管理是指通过调节和优化用户侧电力负荷的使用,实现对电力需求的合理控制和分配,达到节约能源、减少峰值负荷、提高能源利用效率的目的。在用户侧应用储能系统时,负荷管理的作用尤为突出。通过结合储能系统,用户可以在电力需求较低时储存电能,并在需求高峰时释放电能,从而平衡负荷波动,避免在电力供应紧张时过度依赖电网,减少高峰时段的电力费用。负荷管理的核心目标是通过用电需求的精细化调节,确保用户在电力供应紧张或电价高峰时,能够合理调配用电,降低成本。对于工业和商业用户而言,通过优化负荷曲线和使用储能系统,可以避免高峰电价带来的额外费用,提高整体经济效益。对于家庭用户来说,负荷管理可以通过合理规划家电设备的使用时间,降低电力消耗高峰期间的负荷压力,从而减少电力费用;负荷管理还可以与智能电网技术结合,进一步提升储能系统的响应能力和电力调度效率。

4 结论

综上所述,储能在提高系统调节能力、促进新能源消纳、支持电网安全运行及提升用户能源利用效率等方面具有多重优势。展望未来,随着技术的不断进步和成本的逐步下降,储能将更加广泛地应用于各类电力系统中。特别是在智能电网和分布式发电技术的推动下,储能系统将在电力市场中发挥更加重要的角色。

参考文献

- [1] 高志民.多类型新能源机组虚拟惯量协同控制策略研究[D].山东大学,2023.
- [2] 张金平,周强,王定美,等.储能在高比例新能源电力系统中的应用及展望[J].内燃机与配件,2023,(08):97-99.
- [3] 刘衡.储能和高比例可再生能源的联合规划与优化调度[D].上海电机学院,2022.
- [4] 张蔚琦.先进绝热压缩空气储能及现代能源-电力系统应用研究[D].新疆大学,2020.
- [5] 黎淑娟,李爱魁,黄际元,等.储能在高占比可再生能源系统中的应用及关键技术[J].供用电,2020,37(02):3-7+40.