

考虑新能源消纳率的主动储能优化配置策略

吴国栋^{1,2} 胡殿刚² 王晟³ 包广清¹

1 兰州理工大学电气工程与信息工程学院，甘肃 兰州 730050；

2 甘肃省电力公司，甘肃 兰州 730030；3 甘肃省电力公司电力科学研究院，甘肃 兰州 730070

摘要：随着新能源在全球范围内的迅速发展，如何提高新能源的消纳率已成为亟待解决的重要问题。风能和太阳能等可再生能源的波动性和间歇性使得传统电力系统面临巨大消纳挑战。储能技术作为关键调节手段，为解决这一问题提供了有效方案。本文探讨了在新能源消纳背景下，主动储能优化配置策略的应用与研究，分析了多能互补、时序场景分析、分阶段优化等策略的优势，并结合储能系统的全生命周期成本与经济性提出合理的配置方案。通过这些策略，能够有效降低新能源弃电率、提高电网调峰能力，并保障系统经济性。最后，本文展望了储能技术在新能源消纳中的未来发展趋势。

关键词：新能源消纳率；储能优化；多能互补；经济性；电网调度

Optimal Configuration Strategy of Active Energy Storage Considering the New Energy Absorption Rate

Wu,guodong^{1,2} Hu,dian-gang² Wang,sheng³ Bao,guangqing¹

1Electrical and Information Engineering College, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu, 730050, China

2Gansu Electric Power Company, Lanzhou, Gansu, 730030, China

3Gansu Electric Power Research Institute, Lanzhou, Gansu, 730070, China

Abstract: With the rapid development of new energy globally, how to improve the absorption rate of new energy has become an important issue that needs to be urgently solved. The volatility and intermittency of renewable energy sources such as wind energy and solar energy pose huge absorption challenges to traditional power systems. As a key regulation means, energy storage technology provides an effective solution to this problem. This paper explores the application and research of the optimal configuration strategy of active energy storage in the context of new energy absorption, analyzes the advantages of strategies such as multi-energy complementarity, time-series scenario analysis, and phased optimization, and proposes a reasonable configuration scheme in combination with the full life cycle cost and economy of the energy storage system. Through these strategies, the abandonment rate of new energy can be effectively reduced, the peak regulation capacity of the power grid can be improved, and the economy of the system can be guaranteed. Finally, this paper looks forward to the future development trends of energy storage technology in new energy absorption.

Keywords: New energy absorption rate; Energy storage optimization; Multi-energy complementarity; Economy; Power grid dispatching

DOI: 10.62639/sspis20.20250204

引言

近年来，随着全球范围内对可持续能源需求的增加，风能和太阳能等可再生能源成为主要的能源来源。然而，这些新能源的波动性和间歇性特点，使得电力系统的稳定运行面临巨大挑战。如何提高新能源的消纳率，避免出现弃风弃光的现象，已经成为当前能源领域的重要课题。为了应对这一挑战，储能技术被视为一种有效的解决方案。

主动储能系统通过在电网中发挥调峰、调频等功能，能够有效解决新能源的波动性问题。在储能系统的配置中，如何优化储能设备的容量、位置以及充放电策略，成为了提高新能源消纳率的核心问

题。储能系统的优化不仅需要考虑其技术性能，还要充分考虑经济性、可靠性以及与电网的协同作用。

本文的主要研究目标是探讨如何通过主动储能优化配置策略，提高新能源的消纳能力，并确保系统的经济性和长期可持续性。本文将详细分析当前储能优化配置的研究现状，提出具体的优化策略，并探讨未来的发展趋势。

一、智能化储能技术概述

储能技术是解决新能源消纳问题的关键之一。储能系统通过将多余的电能存储起来，并在电力需求高峰时释放，有效提升了电网的灵活性和稳定性。随着储能技术的不断发展，电池储能、热储能、飞

（稿件编号：IS-25-4-1023）

作者简介：吴国栋（1985-），男，汉族，籍贯：甘肃会宁，兰州理工大学在读博士，甘肃省电力公司高级工程师，研究方向：新能源调度管理。

胡殿刚（1975-），男，汉族，籍贯：甘肃会宁，硕士，教授级高级工程师，研究方向：电力系统自动化级新能源运行管理。

王晟（1995-），男，汉族，籍贯：甘肃定西，硕士，工程师，研究方向：新能源功率特性分析，新能源消纳分析。

包广清（1972-），女，汉族，籍贯：甘肃兰州，教授，博士生导师，研究方向：研究方向为新型电机设计与控制、新能源发电等。

轮储能等多种技术逐步进入实际应用,并在多个领域取得了显著成果。

在智能化储能技术的应用中,电池储能系统(BESS)是最为广泛采用的技术之一。电池储能系统具有较高的能量密度和较长的使用寿命,适用于快速响应的储能需求。热储能系统(TES)则通过将电能转化为热能储存,并在需求高峰时释放,适用于大规模的储能需求。随着多能互补技术的发展,电池储能和热储能的协同应用逐渐成为储能优化配置的重要方向。

储能技术的不断发展,尤其是智能化控制系统的应用,使得储能系统的管理更加高效。通过大数据分析 with 智能调度,储能系统可以根据电网负荷和新能源发电情况,自动调整充放电策略,从而提高新能源的消纳能力和电网的稳定性。

根据相关研究,主动储能系统的优化配置策略是提高新能源消纳率的重要手段。具体而言,储能系统的优化配置不仅要考虑技术性能,还要充分考虑经济性和社会效益。为此,研究者们提出了多种储能优化模型,包括基于双层优化的储能配置模型、时序场景分析模型以及多目标优化模型等。这些模型能够有效平衡储能系统的成本、效益与技术可行性,为储能系统的优化配置提供了有力支持。

二、主动储能优化配置中的问题

尽管储能技术在提升新能源消纳率方面取得了显著进展,但在实际应用过程中,储能系统的配置仍面临诸多挑战。以下是当前储能系统优化配置中存在的主要问题:

(一) 储能系统的经济性问题

储能设备的初期投资较高,且随着使用年限的增加,维护和设备更换成本也显著增加。对于新能源发电系统而言,如何在保证系统性能的同时,降低储能设备的建设、维护以及更换成本,成为当前储能优化配置中的核心问题。部分研究提出,通过采用分阶段优化方法和全生命周期成本(LCC)分析,可以有效降低储能系统的建设和运营成本。这种方法通过在储能系统的不同阶段(如初期投资、运营期间、以及设备更新)进行细化的成本控制,帮助决策者在成本和效益之间找到最佳平衡^[3]。

(二) 多目标优化的挑战

储能系统的优化不仅需要考虑设备的成本、容量和位置等基本因素,还需要综合考虑电网负荷波动、能源浪费率的最小化、储能效率的最大化等多个目标。因此,储能优化过程通常是一个多目标优化问题。如何在多个优化目标之间找到平衡,特别是在经济性和消纳效率之间进行权衡,成为储能配置中的一个难点。为了解决这一问题,研究者们提出了基于多目标优化的储能配置模型。这些模型常常采用先进的优化算法,例如非支配排序遗传算法II(NSGA-II),通过求解 Pareto 最优解,实现在不同目标之间的最佳平衡,从而最大化储能系统的整体效益。

(三) 新能源消纳的时序性问题

风能和太阳能等新能源的发电具有明显的时序性特征。风能的发电量随着风速的变化而波动,太

阳能的发电则受昼夜交替和天气变化的影响,这使得储能系统的充放电策略更加复杂。因此,如何根据不同的风光发电时序场景进行储能系统的合理调度,是当前储能系统配置中亟待解决的重要问题之一。为此,研究者通常基于历史数据生成时序场景,并以此为基础进行储能优化配置。通过这样的时序优化方法,储能系统可以更好地应对新能源发电的不确定性,从而提高电网的调峰能力,减少新能源的弃电现象,确保系统的稳定性和经济性。

(四) 电网结构与需求的差异

储能系统的配置还受到电网结构和需求差异的影响。不同类型的电网具有不同的负荷特点和供电需求,因此对储能系统的要求也不相同。城市电网通常负荷密集、对电力系统的可靠性和稳定性要求较高,因此需要配置高效、智能化的储能系统,以实现快速响应和调节。而农村电网的负荷相对较低,负荷变化较小,对储能系统的需求更多偏向灵活性和低成本性。在此背景下,储能系统的配置策略必须根据不同电网的特点,量身定制。城市电网中的储能设备可能更多地采用高能量密度和快速响应能力的储能技术,而农村电网则可能更加侧重于配置低成本、维护简便的储能解决方案。

三、主动储能优化配置策略

为了提高新能源的消纳率,主动储能优化配置策略需要从技术、经济、环境等多个角度进行综合考虑。以下是几种常见的优化策略,这些策略旨在通过技术创新与优化调度手段,提升储能系统的效能,增强新能源消纳能力。

(一) 多能互补协调提升消纳能力

多能互补是储能系统优化配置中的重要策略,尤其是在消纳新能源时,电储能与热储能的协同运行能够显著提升消纳能力。通过电储能系统直接消纳弃风弃光,储存多余的电能,并在需求高峰时释放,能够平衡电网负荷的波动。而热储能系统则通过电制热技术将多余电能转化为热能,并将这些热能存储以供日后使用,进一步提升了储能的效率。

在这一过程中,电储能与热储能系统的协同作用形成了互补的优势。电储能能够在短时间内快速响应电网负荷波动,而热储能则在较长时间尺度上通过储热应对电网的需求。这种多能互补方案能够突破单一储能技术的调节限制,进一步提高整体消纳效率,尤其适用于风能和太阳能等具有波动性的新能源发电场景。

(二) 分阶段与分层优化模型

在储能系统优化配置中,面对多目标优化问题,双层优化模型是一种有效的解决方案。双层优化模型通过外层和内层两个阶段的优化来协调储能系统的不同目标。外层优化关注储能系统的整体配置,包括位置选择和容量分配,确保储能系统能够在合理的投资范围内满足消纳需求;内层优化则关注储能设备的充放电策略,进一步提升储能系统的调度灵活性和经济性。

通过多次迭代计算,最终可以获得储能配置的最优解。这一方法不仅可以解决储能容量的配置问题,还能够考虑电网负荷波动对储能设备运行的影

响, 从而实现储能系统的优化调度。

(三) 时序场景分析与调峰能力提升

由于风能和太阳能的发电具有明显的时序性, 储能系统的优化调度必须考虑这些时序特征。基于历史数据生成时序场景, 分析不同负荷和风光发电场景下的储能需求, 是提升储能系统调峰能力的有效手段。时序场景分析不仅能够根据实际发电情况预测储能需求, 还能够帮助电网调度人员更精确地了解储能设备的充放电需求, 进而制定出更加灵活的调度方案。

通过储能系统的“削峰填谷”功能, 可以有效减轻电网负担, 并提升电网的调节能力。当风电或光伏发电超出需求时, 储能系统能够吸收多余的电能, 避免弃风弃光现象; 而在电力需求高峰时, 储能系统则能够释放电能, 确保电网的稳定运行。这样一来, 储能系统不仅提高了电网的负荷调节能力, 还能在时序场景的变化中发挥更大的调节作用, 有效平衡电力供应与需求之间的波动。

(四) 经济性分析与全生命周期成本优化

储能系统的经济性是评估其可行性和效益的关键指标。全生命周期成本 (LCC) 分析为储能系统的优化配置提供了科学依据。LCC 分析不仅考虑储能系统的初期投资成本, 还包括系统运营过程中的维护成本、设备更换成本以及最终的退役成本。通过综合分析这些因素, 研究者能够提出更加经济的储能配置方案, 以降低系统的总体费用。

在进行 LCC 分析时, 首先需要对储能设备的运行寿命、效率及维护周期进行详细的建模, 评估不同储能技术在不同运行条件下的经济性表现。其次, 需要考虑储能设备的使用频率与充放电效率, 确保设备能够在长期运行中保持较高的经济效益。结合全生命周期成本的优化模型, 储能系统不仅可以在技术上实现最佳配置, 还能在经济上达到最优成本效益, 确保项目的长期可持续性。

四、新能源消纳率提升的未来趋势

随着储能技术的不断进步, 新能源消纳率的提升策略也在持续发展和创新。储能系统的优化配置将越来越注重技术突破、市场需求的变化和电网结构的演进。以下是储能技术未来发展的几个重要趋势:

(一) 技术发展趋势

储能技术的不断创新是提升新能源消纳率的关键驱动力。未来, 储能设备的能量密度和使用寿命将得到显著提高, 特别是新型储能技术如固态电池、钠硫电池等将逐步进入市场, 并提升储能系统的整体性能。固态电池具有更高的安全性和能量密度, 且可以大幅延长电池的使用寿命, 这使得它成为未来储能系统的一个重要发展方向。同时, 钠硫电池凭借较低的成本和较高的能量密度, 适用于大规模储能, 尤其在高温环境下的表现优异, 能够满足大规模可再生能源消纳需求。

随着智能化技术的融入, 储能系统将更加高效和灵活。通过集成先进的智能控制系统, 储能系统能够根据电网的实时需求和电力市场的价格

波动, 动态调整充放电策略, 以最大限度地提高系统的效能和经济性。智能储能不仅可以减少能源浪费, 还能在电力调度过程中提供更多的调节能力。

(二) 市场发展趋势

随着新能源发电比例的增加, 电力市场对储能系统的需求将逐渐增加。储能系统不仅能够平衡电力供需, 还将参与更多电力市场功能。在未来的电力市场中, 储能系统将发挥更为重要的作用, 帮助电网高效运行。

在电力市场中, 储能系统能够根据市场价格波动进行充放电操作, 在电价较低时进行充电, 在电价较高时释放储存的电能, 从而实现经济效益的最大化。此外, 随着分布式能源的兴起, 分布式储能和虚拟电厂等新型商业模式也将逐步成为市场主流。这些模式不仅能够提高储能系统的灵活性, 还能够实现更多元化的电力资源管理, 使储能系统的部署和使用更加经济和高效。

(三) 电网与储能的深度融合

智能电网的发展为储能系统的深度融合提供了技术支持。智能电网通过实时数据的采集和分析, 能够精准掌握电力系统的运行状况, 并根据电网需求优化电力调度。储能系统将不再是孤立的电力存储设施, 而是电网中不可或缺的一部分。

储能系统将在电网中发挥更为重要的作用, 特别是在电网调峰、调频、电压调节等方面。储能系统将与发电设备、可再生能源、负荷侧管理设备等协同工作, 共同提升电力系统的稳定性和灵活性。储能系统与智能电网的深度融合将实现更加智能、高效的电力调度, 使电网能够实时应对新能源发电的波动性和不确定性, 从而有效提高新能源的消纳率。储能系统的智能化与电网的协同调度将提高系统的响应速度和稳定性, 减少新能源弃电现象, 优化电力供应和需求之间的匹配。

五、结束语

本文从主动储能优化配置策略出发, 探讨了如何提高新能源消纳率, 并提出了多能互补、分阶段优化、时序场景分析等多种优化策略。通过结合储能技术的最新发展, 本文提出的优化方案能够有效提升电网的调峰能力、降低新能源弃电率, 并确保系统的经济性。未来, 随着储能技术和电力市场的不断发展, 储能系统将在新能源消纳中发挥越来越重要的作用。

参考文献:

- [1] 刁涵彬, 李培强, 王继飞等. 考虑电/热储能互补协调的综合能源系统优化调度[J]. 电工技术学报, 2020.
- [2] 王李龔, 王飞, 曹永吉等. 基于两层优化的主动配电网储能优化配置[J]. 山东大学学报(工学版), 2019.
- [3] 熊雄, 叶林, 杨仁刚. 电力需求侧规模储能容量优化和经济性分析[J]. 电力系统自动化, 2015.
- [4] 王学超, 韩永强, 孙永辉等. 面向解决高渗透新能源电网中供需矛盾的分布式储能系统应用研究技术. 国网内蒙古东部电力有限公司经济技术研究院; 沈阳工业大学; 国网内蒙古东部电力设计有限公司, 2020.