

新能源发电侧储能技术与应用探究

马牧野¹ 汲 蕾² 路瑶瑶^{3,4} 高 宇^{3,4} 冯嘉宇^{3,4}

1. 沈阳工业大学电气工程学院, 辽宁 沈阳 110870

2. 国网石家庄供电公司, 河北 石家庄 050000

3. 河北鲲鹏电力工程咨询有限公司, 河北 石家庄 050000

4. 河北省分布式能源应用技术创新中心, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着新能源发电的迅速发展, 电力系统的稳定性面临新的挑战, 尤其是风能和太阳能等可再生能源的波动性问题。储能技术作为解决电力供需波动、提升电网稳定性的重要手段, 已成为新能源发电领域的关键技术之一。本文探讨了常见的储能技术, 包括电池储能、抽水蓄能、压缩空气储能、飞轮储能和超导磁储能技术, 通过对储能技术的经济性分析, 评估了不同技术的优势与挑战, 为新能源发电侧储能技术的选择与优化提供参考。

[关键词] 新能源发电; 储能技术; 电池储能; 抽水蓄能; 经济性分析

DOI: 10.33142/ucp.v1i5.14441

中图分类号: TM91

文献标识码: A

Exploration on Energy Storage Technology and Application in New Energy Generation

MA Muye¹, JI Lei², LU YaoYao^{3,4}, GAO Yu^{3,4}, FENG Jiayu^{3,4}

1. School of Electrical Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang, Liaoning, 110870, China

2. State Grid Shijiazhuang Power Supply Company, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

3. Hebei Kunneng Power Engineering Consulting Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

4. Hebei Province Distributed Energy Application Technology Innovation Center, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of new energy generation, the stability of the power system is facing new challenges, especially the volatility of renewable energy sources such as wind and solar energy. Energy storage technology, as an important means to solve power supply and demand fluctuations and improve grid stability, has become one of the key technologies in the field of new energy generation. This article explores common energy storage technologies, including battery energy storage, pumped storage, compressed air energy storage, flywheel energy storage, and superconducting magnetic energy storage. Through economic analysis of energy storage technologies, the advantages and challenges of different technologies are evaluated, providing reference for the selection and optimization of energy storage technologies on the new energy generation side.

Keywords: new energy power generation; energy storage technology; battery energy storage; pumped storage; economic analysis

引言

新能源发电, 特别是风能和太阳能的快速发展, 推动了全球电力系统结构的转型。然而, 这些能源的间歇性和波动性使得电网的运行稳定性面临挑战, 尤其是在电力负荷波动较大时。储能技术能够有效解决这一问题, 通过平衡电力供需、调节电网频率等方式, 确保电力供应的稳定性和安全性。本文将深入探讨各种储能技术的原理、应用及经济性分析, 探讨其在新能源发电侧的实际应用及未来发展趋势。

1 新能源发电侧储能技术

1.1 电池储能系统 (BESS)

作为应用最广泛的储能技术之一, 电池储能系统 (BESS) 在家庭、工业及电网调度等领域中具有不可忽视的作用。该系统将低需求时段的电能转化为化学能进行储存, 并在电力需求高峰时释放, 从而实现负荷调节和电网

稳定性提升。BESS 具有快速响应、精准调节功率的特点, 广泛应用于负荷平衡、频率调节及电网调度等重要任务^[1]。常见的电池类型包括铅酸电池、锂电池和钠硫电池, 其中, 锂电池因其较高的能量密度、较长的使用寿命以及高效的充放电性能, 在市场中占据主导地位。与锂电池相比, 铅酸电池成本较低, 更适用于一些对成本敏感的应用场景; 钠硫电池则因其较高的工作温度和较长的使用寿命, 在特定领域中得到应用。

1.2 抽水蓄能系统

抽水蓄能系统 (Pumped Storage Hydroelectricity, PSH) 作为一种成熟的储能技术, 已经在全球范围内得到了广泛应用。该系统的基本原理是, 通过泵将水从低位水库抽至高位水库进行储存, 并在电力需求高峰时, 通过释放高位水库的水流驱动水轮机发电。抽水蓄能能够为电网提供大规模的储能解决方案, 在负荷调节、频率调节及

应急备用等方面发挥重要作用。该技术的优势在于高效的能量存储与较长的使用寿命,使其在保障电网稳定性方面具有显著优势。与其他储能方式相比,抽水蓄能系统能够提供更大容量的储能,适合用于大范围的电网调度。然而,抽水蓄能系统的应用受到地理条件的限制,通常需要具有较大高差的地区进行建设,这在一些地方可能无法实现。此外,建设成本较高,投资回收周期较长,也使得该技术在一些地区的推广面临一定的挑战。尽管如此,在适合建设的区域,抽水蓄能技术依然是非常有前景的储能技术。

1.3 压缩空气储能系统

压缩空气储能系统(Compressed Air Energy Storage, CAES)通过将多余的电能用于压缩空气,并储存在地下洞穴或高压容器中。该系统在电力需求高峰时,将储存的压缩空气释放,通过涡轮机产生电力。由于其能够提供大规模的储能,CAES 被视为一种非常有潜力的储能技术,特别是在调节电网负荷方面。压缩空气储能的主要优势在于其较高的能量密度和长使用寿命,能够在电力需求波动时有效调节负荷。与其他储能方式相比,CAES 具备较强的调峰能力,可以在较短时间内提供大量的电力,帮助稳定电网。尽管 CAES 系统具有较大的储能容量,其应用仍面临系统效率的挑战。此外,地下储气设施的建设对于选址要求较高,部分地区的地理条件可能不适合此类项目的开展。尽管如此,随着技术的不断发展,压缩空气储能仍然具有较大的发展潜力,尤其是在新能源发电侧储能中将发挥越来越重要的作用。

1.4 飞轮储能系统

飞轮储能系统(Flywheel Energy Storage, FES)通过将电能转化为飞轮的旋转动能进行储能,在电力需求高峰时,飞轮的动能通过发电机转化为电能释放。该系统的响应速度快,具有较长的使用寿命,且不依赖于化学介质,具有较高的运行稳定性^[2]。飞轮储能的显著优点在于其能够提供快速响应,并且系统稳定性强,无需使用有害的化学物质。由于其不依赖化学反应,飞轮储能能够长期高效运行,适用于电网频率调节、负荷平衡等方面。尽管如此,飞轮储能的储能容量相对较小,主要适用于短时间内的负荷调节与频率补偿,难以满足大规模储能的需求。

1.5 超导磁储能系统

超导磁储能系统(Superconducting Magnetic Energy Storage, SMES)利用超导材料的特性,将电能储存在磁场中。由于超导材料在低温环境下可以无电阻地传导电流,SMES 技术具有高效能量转换与极快的响应速度。该技术在电力系统中可用于快速补偿频率偏差,提升电网的稳定性。超导磁储能系统的优势在于其超高功率密度与迅捷的响应能力,能够在短时间内提供大量功率,对于电力系统中的频率调节与负荷平衡具有重要意义。由于 SMES 不依

赖化学反应,其系统稳定性较高,且适用于长时间的高效运行。然而,SMES 的应用受到其高成本及低温冷却需求的限制,这使得其大规模应用面临较高的技术与经济壁垒。尽管如此,在一些对电力质量要求非常高的应用场景中,SMES 仍具备重要的应用价值,随着技术的进步,预计该技术将在未来得到更广泛的应用。

2 新能源发电侧储能技术的应用

2.1 平衡发电波动

新能源发电,特别是风电与光伏发电,往往呈现出较大波动,主要受自然因素的影响,电力输出的稳定性难以保证。对此,储能技术起到了至关重要的作用。当电网负荷较低时,风力或光伏发电量常常处于较高水平,这时储能设备将电力储存。当需求高峰来临,或是自然条件变化导致新能源发电不足时,储能设备便会将储存的电能释放到电网中,以此来平衡电力供需波动。此举不仅能够缓解发电波动对电网的影响,还能确保电力供应的稳定性。

2.2 提高电网稳定性

在新能源发电逐渐取代传统化石能源的大背景下,电网的稳定性面临新的挑战。储能技术通过快速响应电力负荷的变化,能够有效调节电网中的频率波动及电压波动,确保电网运行的安全。当电网发生频率或电压波动时,储能系统可以迅速调节电力负荷,吸收过剩电能或释放储存电能,确保电网的正常运转。特别是在电网负荷突增或发生电网故障时,储能系统提供了宝贵的应急电源,这大大增强了电网的应急响应能力。通过储能技术的有效应用,电网的运行稳定性得到了显著提升,避免了因波动过大而引发的设备损坏或大规模停电事故。

2.3 促进可再生能源的利用

可再生能源,特别是风能和太阳能,作为绿色低碳能源的代表,正逐渐取代传统能源。然而,由于其间歇性和波动性,如何提高可再生能源的利用率是能源转型中的难题。储能系统能够有效将风能、太阳能等多余的电力储存,并在电力需求较高时释放,从而提高了可再生能源的利用率。当天气良好、风力较强或阳光充足时,储能系统储存的电能将被充分利用,而在夜间或阴雨天气时,储存的电能则可供电网使用,确保电力供应不受影响。通过这种方式,储能技术有效减少了新能源发电中的电力浪费,使可再生能源的利用效率大幅提升。此外,储能系统还可以优化电力调度,降低对传统能源的依赖,推动绿色低碳社会的建设。

2.4 微电网与分布式发电系统中的应用

微电网与分布式发电系统是解决传统集中式电网弊端的重要途径。其本地化的电力生产和消费特性,虽然有效提高了能源的利用效率,但也带来了电力供给不稳定的问题。在微电网中,储能系统能够在电力供给过剩时储存电能,在电力需求高峰时释放电能,从而实现电力的平衡。

储能系统的引入,使得微电网具备了应对电力供需波动的能力,保障了电力供应的稳定性。此外,在发生电网故障或自然灾害时,储能系统能提供紧急电力支持,从而保证关键设施的正常运转。同样地,在分布式发电系统中,储能技术能够有效解决发电与负荷之间的不匹配问题^[3]。储能系统不仅可以调节电力供需,还可以提高系统的抗风险能力。在电力需求增加时,储能系统可以提供及时的电力补充,确保电网的稳定运行。通过储能技术的结合,分布式发电系统能够更高效地调度能源,提高了能源利用效率,增强了系统的灵活性和韧性。

3 储能技术的经济性分析与评估

3.1 储能技术的经济性分析方法

储能技术的经济性评估常常依赖于多种分析方法,其中生命周期成本分析法、成本效益分析法以及投入产出比分析法是最为常见的几种方法。生命周期成本分析(LCC)通过评估储能设备在其全生命周期中的所有成本(从设计、建设、运营到最终的报废处置)来衡量技术的经济性。这一方法尤其适用于大规模储能系统的评估,因为其可以揭示长期使用中的潜在成本,帮助决策者了解储能技术的长期投入与回报。成本效益分析(CBA)侧重于量化储能系统在整个生命周期中所带来的经济效益和其所需投入的对比。在新能源发电的背景下,储能系统通过平衡电力供需、提高电力系统稳定性等方面产生的效益,能够有效地为决策提供依据。该方法帮助评估储能技术所带来的综合经济回报,从而确保投资选择的科学性和合理性。投入产出比分析则通过衡量储能系统的投入资金与其产出的经济效益之间的比值来评估技术的性价比。

3.2 新能源发电侧储能的成本效益评估

在新能源发电系统中,储能技术的成本效益评估至关重要,因为它直接决定了选择何种储能技术能够实现最大的经济回报。对不同储能技术的成本效益进行全面评估,能帮助项目方选择最具性价比的储能解决方案。以锂电池为例,虽然其初期投资相对较高,但由于其较高的能量密度、较长的使用寿命及较低的维护成本,长期来看,锂电池储能系统通常具有更高的经济性。而铅酸电池虽然初期投入较低,但由于其较短的使用寿命和频繁的维护要求,其长期成本相对较高。在电力需求高峰时,储能系统能够快速释放储存的电能,减轻电网负荷;在风电、光伏等发电不稳定时,储能技术则能够储存多余电能,避免电力浪费,从而降低电网的运营成本。

3.3 储能技术在新能源发电中的经济应用前景

储能技术的快速发展与广泛应用,特别是在风能、太阳能等可再生能源中,储能技术能够有效解决这些能源的波动性问题,从而为电力系统的稳定运行提供保障。随着技术成本的不断下降,储能技术的应用前景愈加广阔。新

能源发电存在一定的不稳定性,特别是风能和太阳能,其发电量容易受到天气、季节等因素的影响而出现波动。储能技术可以通过在电力生产过剩时储存电能,在需求高峰或发电不足时释放电能,调节电网负荷。随着储能技术成本的降低,其经济效益将愈加显现,尤其是在新能源比例日益增加的背景下,储能技术将在电力系统中扮演更加重要的角色。与此同时,储能技术在提升电网稳定性方面的作用也将逐步显现。储能系统能够快速响应电力负荷的变化,有效调节电网的频率和电压波动,从而避免大规模电网故障的发生。此外,储能技术的应用还可以为电网提供紧急备用电源,增强系统的应急能力,进一步保障电力供应的可靠性。

3.4 政策支持与市场前景分析

在全球能源转型的背景下,政府通过提供财政补贴、税收优惠等政策手段,积极促进储能技术的研发和应用。政策的支持不仅降低了企业的投入成本,还为技术创新提供了有利的环境,推动了储能行业的发展。随着全球对绿色能源的重视,储能技术的市场前景显得愈加广阔^[4]。在各国政府积极推动能源转型的大背景下,储能技术将在全球范围内得到广泛应用。在这一过程中,政府通过制定和完善相关政策,为储能技术的普及和发展创造了良好的条件。政策的支持和市场需求的共同推动了储能市场的发展,未来几年,储能技术将在全球范围内迎来更为广阔的应用前景。储能市场的潜力已得到业界的广泛认同,随着绿色低碳理念的不断推广,储能技术的广泛应用将有助于提升可再生能源的利用率,推动全球能源结构的优化与调整。因此,政策的引导作用和市场的需求趋势将为储能技术的未来发展提供源源不断的动力。

4 结语

随着全球能源转型的加速,新能源发电比重的不断增加,使得电网稳定性面临着愈加严峻的挑战。为应对这一问题,发电侧储能技术变得至关重要。本文详细探讨了电池储能、抽水蓄能、压缩空气储能、飞轮储能及超导磁储能等多种储能技术,分析了它们在新能源发电中的作用及未来的发展前景。电池储能系统(BESS)因其具备高能量密度与快速响应能力,在电网负荷调节与频率控制中得到了广泛应用。由于抽水蓄能具有大容量与长周期的优势,它已经成为电网调度与应急备用的核心技术之一。压缩空气储能与飞轮储能,在电力波动调节及应急供电中,展现了各自的独特优势。而超导磁储能凭借其超高功率密度与快速响应能力,已成为高要求电力系统频率调节的重要手段。尽管这些技术各自具备优势,但在成本、效率及应用场地方面仍面临着诸多挑战。因此,在储能技术的选择上,科学合理的决策应考虑电网需求及地理条件。通过储能技术的应用,新能源发电的波动性得以有效调节,利用效率

也显著提高,同时对传统能源的依赖得到了减少。随着技术不断进步,储能成本正在逐步下降,预计未来在新能源领域的应用将更加广泛。随着政策支持的加强与技术创新的推动,储能技术将在绿色低碳社会建设中发挥着日益重要的作用。发电侧储能技术展现出了广阔的应用前景。尽管仍面临技术与经济上的挑战,但随着技术的不断成熟与市场需求的不断增长,储能技术将在未来的电力系统中发挥更加关键的作用,推动全球能源的可持续发展。

[参考文献]

[1]许嘉雯. 新能源风力发电系统中储能技术的实践应用

[J]. 应用能源技术,2023(11):43-47.

[2]黄兆浩,毕素玲,刁智伟,等. 新能源发电侧储能技术的研究与应用[J]. 电工技术,2023(1):240-242.

[3]区彩娟. 新能源发电系统中储能技术的集成与优化应用研究[J]. 光源与照明,2024(10):225-227.

[4]朱文韬,周杨,徐艺敏,等. 电池储能技术在新能源发电系统中的应用与优化[J]. 储能科学与技术,2024,13(8):2737-2739.

作者简介:马牧野(2005.9—),现就读于沈阳工业大学,电气工程专业本科生。