

新能源风电和光伏工程中的储能技术应用

王国宏

中广核（内蒙古）新能源投资有限公司 内蒙古 呼和浩特 010070

摘要：本文综述了新能源风电和光伏工程中储能技术的应用现状，重点分析了电化学储能、物理储能、电磁储能和相变储能等技术的分类及特点，探讨了储能技术在风电输出功率平滑、风电场并网稳定性提升、风电场调峰调频、光伏电能输出平滑、光伏发电系统备用电源以及光伏微电网应用等方面的具体作用。

关键词：新能源；风电；光伏；储能技术；应用

引言：随着全球对清洁能源需求的不断增长，风电和光伏发电在电力系统中的占比逐渐增加。然而，风电和光伏发电受自然条件影响较大，存在间歇性和波动性问题，给电网的稳定运行带来挑战。储能技术作为解决这一问题的关键手段，能够有效平滑功率输出、提升并网稳定性、参与调峰调频，为新能源的大规模并网和高效利用提供了重要支撑。

1 储能技术分类及特点

1.1 电化学储能

电化学储能涵盖锂离子电池、钠硫电池、铅酸电池等多种技术。锂离子电池凭借锂离子在正负极之间的嵌入和脱嵌来实现电能的存储与释放。其储能密度相对较高，能够在较小的空间内存储较多电能，这使得它在便携式电子设备以及电动汽车等领域广泛应用。能量转换效率也较为可观，在充放电过程中能量损失相对较小。锂离子电池的循环寿命较长，经过多次充放电循环后，仍能保持较好的性能。钠硫电池则利用钠离子在固体电解质中的迁移来实现储能。它具备较高的储能密度和能量转换效率，尤其适用于大规模储能场景，不过其工作温度较高，对系统的热管理要求较为严格。铅酸电池是一种较为传统的电化学储能技术，其技术原理基于铅及其氧化物在硫酸溶液中的电化学反应。铅酸电池成本相对较低，但其储能密度有限，能量转换效率和循环寿命也不及锂离子电池等新型电池技术。

1.2 物理储能

抽水蓄能通过在不同高度的水库之间转移水体来存储和释放能量。在电力过剩时，利用多余电能将水从低位水库抽到高位水库，把电能转化为水的势能存储起来；当电力需求高峰时，水从高位水库流下驱动水轮机发电，将势能转化为电能^[1]。抽水蓄能的响应速度较快，能够在短时间内调节电力输出，但其建设成本较高，且对地理条件有较强的依赖性，需要合适的地形来建设上

下水库。压缩空气储能是在电力低谷期，将空气压缩并存储在地下洞穴、废弃矿井等空间中，存储的压缩空气在需要时被释放，驱动燃气轮机发电。其响应速度也较为可观，建设成本相对抽水蓄能较低，但同样受到地理条件限制，需要合适的地下储气空间。飞轮储能则是依靠高速旋转的飞轮存储动能。在充电时，电能驱动电机带动飞轮加速旋转，将电能转化为动能存储；放电时，飞轮带动电机发电。飞轮储能响应速度极快，能够实现瞬间的功率调节，但其能量存储时间相对较短，并且在高速旋转过程中对机械结构和材料要求较高。

1.3 电磁储能

超导储能利用超导材料在超导态下电阻为零的特性，将电能以磁场能的形式存储起来。它具有快速响应特性，能够在瞬间实现电能的存储和释放，适用于对功率调节速度要求极高的场景，如电力系统的暂态稳定性调节。然而，超导储能面临着超导材料成本高、需要低温环境维持超导态等挑战。超级电容器储能则是基于双电层电容和法拉第准电容原理存储电能。它具有极高的功率密度，能够快速充放电，响应速度快，但能量密度相对较低，这意味着其存储的能量有限，不过在一些需要短时间大功率输出的应用中具有独特优势，如电动汽车的启停辅助系统。在电磁储能中，功率密度与能量密度之间存在一定的平衡关系，往往难以同时实现高功率密度和高能量密度。

1.4 相变储能

冰蓄冷储能是相变储能中较为典型的热能存储技术。在夜间等电力低谷时段，利用制冷设备将水制成冰，将电能转化为冰的潜热存储起来；在白天用电高峰且空调负荷较大时，冰融化吸收热量，为建筑物提供冷量。这种技术适用于空调负荷较大且峰谷电价差明显的商业建筑、数据中心等场景，能够有效利用峰谷电价差降低用电成本。在相变储能中，热能转换效率与所使用

的相变材料密切相关,不同的相变材料具有不同的相变温度和潜热,其成本也各不相同。选择合适的相变材料对于提高热能转换效率、降低成本至关重要。

2 储能技术在风电工程中的应用

2.1 风电输出功率平滑

风电输出功率受风速、风向等自然因素影响,呈现出明显的波动特性。这种波动不仅会降低电能质量,还可能对电网的安全稳定运行造成威胁。储能系统在抑制风电输出功率波动方面发挥着关键作用。储能系统对风电输出功率波动的抑制原理基于其充放电特性^[2]。当风电输出功率高于预期值时,储能系统将多余的电能储存起来,避免功率的过度输出;而当风电输出功率低于预期值时,储能系统释放储存的电能,补充功率缺口,从而使风电输出功率保持相对平滑。例如,在风速突然增大导致风电功率瞬间上升时,锂离子电池储能系统可迅速响应,将过剩的电能存储于电池中;当风速下降,风电功率降低时,电池再将储存的电能释放到电网中,维持输出功率的稳定。不同储能方式在风电功率平滑中的效果存在差异。锂离子电池具有较高的能量密度和功率密度,响应速度快,能够快速吸收或释放电能,在平滑风电功率波动方面表现出色,能有效减小功率波动的幅值和频率。铅酸电池成本相对较低,但能量密度和循环寿命有限,在风电功率平滑中虽能起到一定作用,但长期使用效果可能不如锂离子电池。超级电容器则具有极快的充放电速度和高功率密度,在应对风电功率的短期、快速波动时具有优势,可与其他储能方式配合,进一步提升功率平滑效果。

2.2 风电场并网稳定性提升

风电场并网时,其输出功率的不稳定会对电网的电压和频率产生影响,甚至可能导致风电场脱网和电网崩溃。储能技术在提升风电场并网稳定性方面发挥着重要作用。储能技术对风电场并网电压和频率的调节作用显著。当风电场输出功率突然增加,导致电网电压上升时,储能系统可吸收多余的电能,降低电网电压;反之,当风电场输出功率减少,电网电压下降时,储能系统释放电能,提升电网电压,维持电压的稳定。在频率调节方面,当风电功率波动引起电网频率变化时,储能系统可通过快速充放电来调节功率,使电网频率保持在正常范围内。例如,在电网频率升高时,储能系统吸收电能,抑制频率上升;频率降低时,释放电能,阻止频率下降。储能系统在防止风电场脱网和电网崩溃中具有重要应用。当电网发生故障或出现极端工况时,风电场输出功率可能发生剧烈变化,此时储能系统可作为备用

电源,在短时间内提供稳定的功率支持,防止风电场因功率突变而脱网。储能系统能够平抑风电场输出功率的大幅波动,避免对电网造成过大冲击,从而有效防止电网崩溃,保障电网的安全稳定运行。

2.3 风电场调峰调频

在电力系统中,负荷需求随时在变化,风电场需要参与调峰调频以保障电网的负荷平衡。储能技术为风电场调峰调频提供了可行的运行模式。储能技术参与风电场调峰调频的运行模式多样。在调峰方面,当电网处于用电低谷期,风电功率过剩时,储能系统储存电能;在用电高峰期,风电功率不足时,储能系统释放电能,补充电力缺口,实现“削峰填谷”。例如,在夜间工业用电减少,风电功率相对过剩时,抽水蓄能电站可将多余电能转化为水的势能储存起来;在白天用电高峰时,再将水的势能转化为电能输出。在调频方面,储能系统根据电网频率的变化快速调整充放电功率,以维持电网频率稳定。当电网频率偏差超出允许范围时,储能系统迅速响应,通过改变功率输出,对频率进行调节^[3]。储能系统对电网负荷平衡的贡献巨大。通过参与风电场调峰调频,储能系统能够有效调节风电的输出功率,使其更好地匹配电网的负荷需求。这不仅提高了风电的消纳能力,减少了弃风现象,还增强了电网的稳定性和可靠性,保障了电力系统的安全高效运行。在一些风电装机容量较大的地区,储能系统的应用能够显著改善电网的运行状况,促进风电与其他电源的协调配合,推动能源结构的优化升级。

3 储能技术在光伏工程中的应用

3.1 光伏电能输出平滑

日照条件的不断变化,致使光伏发电输出功率波动明显。清晨太阳升起,光照强度逐渐增强,光伏发电功率随之上升;午后光照最强时,功率达到峰值;傍晚太阳落山,光照减弱,功率又逐步下降。遇到阴天、多云等天气,光照强度不稳定,功率波动更为剧烈。储能系统在此发挥关键补偿作用,助力光伏电能输出平滑。当光照充足,光伏发电功率高于负载需求时,储能系统迅速响应,将多余电能存储起来。比如,锂离子电池储能系统可利用自身充放电特性,把过剩电能转化为化学能储存于电池中。当光照变弱,光伏发电功率无法满足负载需求时,储能系统释放储存的电能,填补功率缺口。这样一来,无论日照条件如何变化,通过储能系统的充放电调节,都能使输出到电网或负载的电能保持相对稳定,有效提升电能质量。不同储能技术在光伏电能平滑中各有独特应用策略。铅酸电池成本相对较低,在一些

对成本敏感、对储能性能要求不是特别高的小型光伏系统中应用较多。它可在光照充足时缓慢充电,储存多余电能,在光照不足时放电,为负载供电。但其能量密度低、循环寿命有限,不适用于大规模、高要求的场景。超级电容器则以其高功率密度和快速充放电特性,在应对光伏发电功率的瞬间波动时表现出色。当光照强度短时间内急剧变化,导致功率快速波动时,超级电容器能迅速吸收或释放电能,稳定功率输出。由于其能量密度较低,单独使用难以满足长时间储能需求,常与其他储能技术配合应用。锂离子电池综合性能较为优异,具有较高能量密度和功率密度,循环寿命也较长,在各类规模的光伏电能平滑应用中都有广泛使用,能较好适应不同光照条件下的充放电需求,实现高效的电能输出平滑。

3.2 光伏发电系统备用电源

在光伏发电系统中,储能系统作为备用电源意义重大。其原理基于能量存储与释放机制。正常情况下,光伏发电系统在光照充足时产生电能,除满足负载用电需求外,多余电能存储于储能系统中。当遭遇突发状况,如夜间无光照、恶劣天气导致光伏发电中断,或电网出现故障无法供电时,储能系统迅速切换至放电模式,将储存的电能释放出来,为负载持续供电,保障电力供应的连续性。储能系统作为光伏发电系统备用电源有特定要求。要具备足够的能量存储容量,以满足负载在停电期间的用电需求。例如,对于一个小型家庭光伏系统,若预计停电时间为8小时,负载功率为1kW,那么储能系统至少需具备8kWh的储能容量。响应速度要快,能在极短时间内从充电状态切换到放电状态,确保供电无明显中断。可靠性也至关重要,需保证在各种复杂环境条件下都能稳定工作,不会因温度、湿度等因素影响性能,导致备用电源无法正常供电^[4]。在保障关键负载供电连续性方面,储能系统作用突出。在医疗场所、通信基站等对供电连续性要求极高的场景中,一旦停电可能引发严重后果。光伏发电系统搭配储能系统后,当外部供电中断,储能系统立即启动,为关键设备如医疗设备、通信设备等持续供电,避免因停电造成医疗事故、通信中断等问题,保障社会正常运转。

3.3 光伏微电网应用

在光伏微电网中,储能技术承担着核心的能量管理和调度功能。光伏微电网由分布式光伏电源、储能系统、负载以及相关控制装置组成,其运行状态复杂多变。储能系统可根据光伏电源的发电情况、负载的用电需求以及电网的状态,灵活调整充放电策略。在白天光照充足,光伏发电功率大于负载需求时,储能系统充电存储多余电能;当夜间或光照不足时,储能系统放电为负载供电。若电网电价存在峰谷差异,储能系统还可在电价低谷时从电网充电,在电价高峰时放电给负载,降低用电成本,实现经济效益最大化。储能系统对光伏微电网稳定性和可靠性的提升效果显著。一方面,当光伏电源输出功率因光照变化而波动时,储能系统通过快速充放电调节功率,稳定微电网的电压和频率,防止因功率波动过大导致设备损坏或系统崩溃。另一方面,在电网出现故障与微电网解列运行时,储能系统作为独立电源,维持微电网内负载的正常供电,保障微电网的持续稳定运行,提高了整个系统应对突发状况的能力,增强了供电可靠性。在偏远地区的光伏微电网中,储能系统的应用确保了当地居民和企业能稳定用电,摆脱对大电网的依赖,促进了区域能源的自给自足和可持续发展。

结束语

储能技术在新能源风电和光伏工程中发挥着不可或缺的作用。不同储能技术各有优劣,通过合理选择和优化配置,能有效解决新能源发电的波动性和间歇性问题,提升并网性能和供电可靠性。未来,随着储能技术的不断发展和成本降低,在新能源领域的应用前景将更加广阔,有望推动新能源产业迈向新的发展阶段,为实现能源的可持续利用做出更大贡献。

参考文献

- [1]金阳.探讨新能源电力系统中的储能技术研究[J].低碳世界,2023(11):49-51.
- [2]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.
- [3]徐兴国.新能源风电和光伏发电的储能技术应用研究[J].电力系统自动化,2021,45(3):24-30.
- [4]李冰.新能源风电和光伏发电的储能技术应用与发展趋势[J].科技传播,2023,6(3):87-89.