

光伏并网发电系统中储能技术的应用

化希波

张掖市绿动建业光伏电站 甘肃 兰州 730000

摘要：储能技术在光伏并网发电系统中发挥着关键作用，通过平抑功率波动、提高电能质量和实现“削峰填谷”，增强了系统稳定性，促进了能源高效利用，并降低了电网升级成本。锂离子电池和铅酸电池等电池储能技术，以及抽水蓄能和压缩空气储能等物理储能技术，各具特色，为光伏储能提供了多样化选择。实际应用案例展示了储能技术在提升电力系统性能和经济效益方面的显著成效。

关键词：光伏并网；发电系统；储能技术类型及原理；应用模式

引言：随着可再生能源的快速发展，光伏并网发电系统已成为重要的电力来源。然而，光伏发电的间歇性和不稳定性给电网运行带来了挑战。储能技术的引入，为光伏并网发电系统的稳定运行和能源高效利用提供了解决方案。本文综述了储能技术的类型、原理及其在光伏并网发电系统中的应用模式，并探讨了其带来的应用优势，旨在为储能技术的进一步应用和推广提供参考。

1 光伏并网发电系统中储能技术重要性

在光伏并网发电系统中，储能技术扮演着至关重要的角色。这一技术关乎系统的稳定运行，更对提升能源利用效率、优化电力资源配置具有深远影响。储能技术能明显增强光伏并网发电系统的灵活性与适应性。由于光伏发电受自然条件，尤其是日照强度的影响显著，其输出功率往往呈现波动性和间歇性。储能系统的引入，如同为系统配备了一个“能量缓冲池”，能够在光照充足时储存多余电能，而在光照不足或用电高峰时释放电能，有效平抑功率波动，确保系统向电网输送稳定、可靠的电力。储能技术对于提高电能质量同样具有不可忽视的作用。光伏发电系统并入电网后，会因谐波、电压波动等问题影响电能质量。而储能系统通过其快速响应的充放电能力，能及时对这些问题进行补偿，维持并网点电压和频率的稳定，保障电网的安全运行，储能技术还是实现能源高效利用和优化电力资源配置的关键手段。通过精准控制储能系统的充放电过程，将光伏发电产生的多余电能储存起来，在需要时释放，避免能源浪费，提高太阳能的利用效率，储能系统还能够根据电网负荷情况，灵活调整电力输出，实现“削峰填谷”，优化电力资源配置，降低用户用电成本，减轻电网峰谷差压力。

2 储能技术类型及原理

2.1 电池储能技术

2.1.1 锂离子电池

锂离子电池工作原理依托于独特的离子迁移进程，充电时，正极材料晶格内的锂离子，在电场的驱动下脱离原有位置，穿越富含离子传导成分的电解质，嵌入到负极的晶格间隙之中，此过程实现了电能向化学能的高效转化与存储。放电时，锂离子则逆向迁移，从负极脱出并返回正极，同时电子在外电路定向移动，产生可供使用的电流。从性能层面看，锂离子电池的能量密度明显高于其他常见电池类型，在相同体积和重量条件下，能存储更多电能，这一特性使其在空间有限的场景中优势尽显，尤其契合分布式光伏发电系统对储能设备的严苛要求；其充放电效率极高，能有效减少能量损耗，在多次充放电循环中，性能衰减缓慢，循环寿命长，降低了长期使用成本。且锂离子电池自放电率低，可长时间稳定保存电量，有力保障了储能系统的稳定性。在实际应用中，城市的屋顶光伏发电项目常采用锂离子电池作为储能设备。由于屋顶空间有限，对储能装置的能量密度和循环寿命要求极高，锂离子电池能够精准匹配这些需求，白天光伏发电过剩时存储电能，夜间或光照不足时释放电能，为电力稳定供应提供坚实保障。

2.1.2 铅酸电池

铅酸电池作为储能技术中的一种经典类型，在光伏储能领域拥有其独特地位。其工作原理基于铅及其氧化物在硫酸溶液中发生的电化学反应，通过化学反应实现电能与化学能的相互转换。在充电阶段，正极的二氧化铅与负极的铅在硫酸的催化下转化为硫酸铅，存储化学能；而在放电阶段，硫酸铅又逆向转化为二氧化铅和铅，释放出电能。铅酸电池因成本低廉，在小型光伏储能项目中占据一定优势，尤其适用于对成本较为敏感的应用场景，铅酸电池经过长期的技术改进和应用实践，其安全性在正常使用条件下得到了充分验证。然而，铅酸电池也存在一些短板，如能量密度较低，相同电量存

储需要更大体积和重量,不适用于空间和重量要求严苛的场景;循环寿命相对较短,经过多次充放电循环后性能会大幅下降,需频繁更换,增加了使用成本和维护工作量。

2.2 物理储能技术

在储能技术领域,物理储能技术以其独特的优势占据了一席之地。物理储能技术主要通过物理过程实现能量的储存与释放,其中抽水蓄能和压缩空气储能是两种主要形式。(1)抽水蓄能是一种广泛应用的物理储能方式。其工作原理在于,利用电网负荷低谷时段的电能,驱动水泵将水从下水库抽至上水库,储存重力势能。当电网负荷达到高峰时,释放上水库中的水,使其流经涡轮发电机,进而转换为电能。抽水蓄能技术以其大容量、长寿命以及技术成熟性著称,是当前大规模储能的重要手段。值得注意的是,抽水蓄能电站的建设受到地理条件的严格限制,且建设周期较长。(2)压缩空气储能是另一种值得关注的物理储能技术。该技术利用低谷电时段的多余电能,驱动压缩机将空气压缩,并储存于地下洞穴等密闭空间内。在用电高峰时段,释放储存的压缩空气,驱动燃气轮机发电。压缩空气储能具有储能容量大、成本相对较低的优势。其能量转换效率相对较低,且对储气条件有着一定的要求,这是未来需要研究和改进的方向。

3 储能技术在光伏并网发电系统中的应用模式

3.1 平抑功率波动

在光伏并网发电系统中,太阳辐照强度时刻变化,致使光伏发电输出功率呈现显著的波动性。这种波动给电网的稳定运行带来极大挑战,会引发电压不稳、频率偏差等问题,影响电网中其他用电设备的正常工作。而储能技术的介入有效缓解了这一困境。储能系统宛如一个灵活的电能“缓冲器”,当光伏发电输出功率过高,超出电网可承受的波动范围时,储能系统迅速响应,自动开启充电模式。通过将多余的电能存储起来,避免了过剩电能对电网造成冲击,维持电网功率平衡。相反,当光伏发电功率因光照减弱等原因降低,无法满足负载需求时,储能系统则及时放电,将之前存储的电能释放到电网中,补充电力缺口,使输出功率保持在相对稳定的水平。以某大型集中式光伏电站为例,在没有配备储能系统时,其输出功率在晴天的午后时段,会随着云层的移动而频繁波动,波动幅度可达额定功率的30%-50%,严重影响电网稳定性。在接入储能系统后,当功率波动超过设定阈值时,储能系统依据预设的控制策略,在毫秒级时间内完成充放电切换。经过实际监测,输出

功率波动范围被有效控制在5%以内,提升了电网的稳定性和可靠性,减少了因功率波动引发的电网故障风险,保障了电力供应的持续性。

3.2 提高电能质量

(1)光伏并网发电系统在运行过程中,由于大量电力电子设备的接入,伴随着谐波、电压波动和闪变等电能质量问题。这些问题影响电网的稳定运行,还能对电网中的其他设备造成损害,降低其使用寿命。(2)储能系统以其快速响应的充放电控制策略,成为解决上述电能质量问题的有效手段。储能系统能实时监测并网点电压、频率和电流等关键参数,如果检测到电能质量问题,如电压波动或频率偏离额定值,储能系统便能迅速调整其充放电状态,向电网注入或吸收适量的有功功率和无功功率,实现对电能质量的补偿。特别是在谐波问题上,储能系统能利用其灵活的电力调节能力,生成与谐波电流幅值相等、相位相反的补偿电流,有效抵消谐波,净化电网电流。(3)通过实际案例验证,储能系统在提升电能质量方面表现出色。在某分布式光伏发电项目中,储能系统的安装明显降低了电网中的总谐波畸变率,同时有效抑制了电压波动和闪变,确保了电网中各类设备的正常运行,提高了电力供应的质量和可靠性^[1]。

3.3 削峰填谷

在电力需求中,存在明显的峰谷差异,白天尤其是中午时段,光伏发电量大,但用电需求可能相对较低;而在傍晚和夜间,用电需求达到高峰,光伏发电量却大幅减少甚至为零。储能技术的“削峰填谷”功能能够有效优化电力资源配置,提升电力系统的运行效率。当光伏发电量大于用电量时,储能系统自动启动充电过程,将多余的电能存储起来,避免了能源浪费。而在用电高峰时段,如傍晚居民用电集中或工业企业生产用电高峰,以及光伏发电不足的夜间,储能系统迅速放电,向电网补充电能,满足负载需求。这样一来,降低了用户在高峰时段的用电成本,还减轻了电网在高峰时段的供电压力,缓解了电网峰谷差过大的问题。以某城市的居民小区光伏并网项目为例,在夏季用电高峰,白天光伏发电量充足,但居民用电量相对较少,多余电能被储能系统存储。到了傍晚,居民开启空调、照明等设备,用电需求激增,储能系统释放存储的电能,与光伏发电共同为小区供电。小区居民高峰用电减30%,降低成本;电网负荷减压,提升效率稳定性,优化电力资源配置,实现双赢。

4 应用优势

4.1 增强系统稳定性

(1) 光伏发电的间歇性和不稳定性可能引发电网功率失衡,造成电压骤升或骤降、频率波动等问题,严重影响电力供应的可靠性和质量。(2) 储能技术的引入为光伏并网发电系统提供了强有力的稳定性支持。储能系统如同一个“能量缓冲区”,能在光伏发电功率过高时储存多余电能,避免过剩电能对电网造成冲击;而在光伏发电功率不足时,储能系统则释放储存的电能,补充电力缺口,确保电力输出的连续性和稳定性。这种精准的充放电调节机制,有效缓解了光伏发电的间歇性问题,提升了光伏并网发电系统的整体稳定性。(3) 通过实际案例的验证,储能技术在增强系统稳定性方面的作用得到了充分展现。以某偏远地区的光伏电站为例,在未配置储能系统前,电网结构相对薄弱,光伏发电功率的波动常导致电网电压大幅波动,影响居民用电和工业生产的正常进行。而在接入储能系统后,系统能依据实时监测的功率数据自动进行充放电操作,有效应对了光伏发电功率的急剧变化,明显降低了电网故障风险,增强了整个电力系统的稳定性^[2]。

4.2 促进能源高效利用

传统的光伏并网发电系统在运行过程中,常因发电与用电在时间和空间上的不匹配,导致大量电能被浪费。储能技术的应用,为解决这一难题提供了有效途径,促进了能源的高效利用。在白天光照充足时段,光伏发电量往往超过实际用电量,若没有储能装置,这些多余的电能将白白流失。而储能系统能将这部分过剩电能存储起来,实现电能的跨时段转移。当夜晚或光照不足时,储能系统释放存储的电能,满足负载需求,确保太阳能得到充分利用,避免了能源的浪费,储能技术还能使光伏发电系统更好地匹配电力需求的动态变化。通过对历史用电数据和光伏发电数据的分析,结合智能控制算法,储能系统提前预判电力需求,合理调整充放电策略,实现能源的优化配置。如某商业园区的分布式光伏项目,在配备储能系统后,对园区内的用电负荷进行实时监测和分析。根据不同时段的用电需求,储能系统在光伏发电过剩时存储电能,在用电高峰时段释放电能。经过一年的运行统计,该园区的太阳能利用率提高

了35%,能源成本降低了20%,有效实现了能源的高效利用和优化配置,为可持续能源发展做出了积极贡献^[3]。

4.3 降低电网升级成本

(1) 大规模分布式光伏电源的接入,使得电网需要更强的调节能力和更高的承载能力,否则将对电网基础设施进行大规模升级改造,这将带来巨额的资金和时间成本。(2) 储能技术的应用为降低电网升级成本提供了有效途径。储能系统通过精准的充放电调节,能够维持电网在光伏发电功率波动时的稳定运行,减轻了对电网调节设备的依赖。在光伏发电功率骤增时,储能系统吸收多余电能,避免电网电压过高,减少了对调压设备的频繁操作和扩容需求;储能系统的“削峰填谷”功能,有效减轻了电网高峰时段的供电压力,降低了对输电线路和变压器等关键设备的扩容需求。(3) 通过合理配置储能系统,电网在现有基础设施条件下,能更好地接纳光伏发电,提高可再生能源的消纳能力。以某城市电网为例,采用储能技术后,电网升级成本显著降低,实现了经济效益和环境效益的双重提升^[4]。

结束语

储能技术在光伏并网发电系统中的应用,不仅增强了系统的稳定性和可靠性,还促进了能源的高效利用,降低了电网升级成本。随着技术的不断进步和成本的逐步降低,储能技术将在未来能源体系中发挥更加重要的作用。未来,应继续加强储能技术的研究和开发,推动其在光伏并网发电系统中的广泛应用,为可持续能源发展做出更大贡献。

参考文献

- [1] 马瑞瞳.光伏并网发电系统中的储能技术应用[J].中国科技纵横,2024(19):22-24.
- [2] 王泽辉.光伏并网发电系统中储能技术的应用优化[J].通信电源技术,2023,40(20):126-128.
- [3] 郑立明,叶骏,丛建鸥.光伏并网发电系统中储能技术的应用探讨[J].通信电源技术,2022,39(6):124-126.
- [4] 周晓菁,赵斌.光伏并网发电系统中储能技术的应用策略分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(8):236-238.