

新能源光伏场站储能系统配置规划研究

吴俊文

中国华电集团有限公司甘肃分公司 甘肃兰州 730030

DOI: 10.12238/ems.v7i11.16072

[摘要] 储能系统在光伏功率过剩时可以释放储存的电能、在光伏功率不足时吸收电网中的电能,起到“削峰填谷”的作用,从而平滑光伏输出功率,增强光伏电站与电网的兼容性。合理的储能系统配置规划可以发挥储能的调节作用,提高光伏电站的经济与社会效益。因此,开展新能源光伏场站储能系统配置规划具有重要的理论和现实意义。本文为了解决目前新能源光伏场站储能系统配置规划中存在的问题,综合考虑光伏电站的运行特性、电网的安全稳定运行和储能技术的发展水平,重点探讨储能系统的配置规划方法,为新能源光伏场站储能系统的合理配置提供技术依据,促进光伏产业健康可持续发展。

[关键词] 新能源;光伏场站;储能系统;系统配置

前言:

在全球积极应对气候变化、推动可持续发展的时代大潮下,发展新能源已成为世界范围内能源战略的重点。太阳能是除化石能源外丰产、易得、清洁、可再生的能源,太阳能分布广泛,获取方便,发展光伏等新能源符合能源发展规律,是新能源领域的发展方向。近十年来光伏发展迅速,光伏电站的光伏组件装机容量逐年提高,为优化能源结构,绿色低碳转型做出了巨大贡献。光伏发电具有间歇性、波动性、随机性的特点,光伏发电功率受光照强度、天气情况等自然条件影响大,变化幅度大。光伏功率波动给电网频率和电压带来了不稳定性、给电能质量带来了影响、给电力调度带来了难度。光伏发电的波动性越大,对电网的影响越大,因此消化光伏发电波动、提高光伏能源消纳水平、保证电力系统正常运行是保证光伏电站安全经济运行的关键,储能系统的配置与应用是新能源光伏场站建设的重点。

1 光伏电站储能系统的重要作用

1.1 保证系统稳定

光伏电站的发电量受到太阳光照强度、天气情况的影响,光伏电站的发电功率具有间歇性、波动性的特点。当太阳光照强烈突然减弱时,光伏电站的输出功率会突然大幅下降,储能系统会迅速释放出吸收的电能,弥补光伏电站输出的不足,保持光伏电站输出功率的稳定。反之,当太阳光照强烈造成光伏电站输出的电能过盈时,储能系统会将多余的电能

存储起来,避免光伏电站输出的电能超过系统需要,对电网产生冲击。光伏储能系统平滑了光伏电站的功率波动,使光伏电站的输出更平滑,有利于光伏电站系统的稳定运行。

1.2 能量备用

有时光伏电站无法向电网输出电能,可能受到自然灾害、电网故障等影响,光伏电站有可能无法与电网进行能量交换。光伏电站储能系统就像一个“备用电源”,提前存储一定量的电能,当遇到上述情况时,立即为指定的负荷提供电能。比如偏远地区的光伏电站,光伏电站与电网连接的线路发生故障,与主电网分离,光伏储能系统可以支持当地的基本用电需求,保证医院的医疗设备、通信基站等正常工作,为尽快恢复正常供电争取时间,减小因停电造成的经济损失及社会影响,保证重要设施和用户的正常用电。

1.3 提高电力品质与可靠性

电能质量与用户用电设备和生产、生活紧密相关。光伏电站提供的电能可能存在电压不稳、频率波动等问题,而储能能够解决这些问题。储能可以根据电网情况灵活调节功率输出,稳定电压、频率,使送入电网的电能符合电网高质量标准。有了储能的加持,光伏电站在遇到各种工况时能够更稳定的工作,减少停电次数和停电时间,有利于用户端的用电体验,也有利于整个电网的稳定性和可靠性,为工业生产、居民生活提供稳定的电力保障。

1.4 日常能量储存

白天太阳光照充足时,光伏电站会生产出大量的电能。但是由于白天人们的用电量不一定处于高峰负荷,一些时段可能出现电能剩余现象,而此时恰恰不是用电低谷,电能无法及时消耗。储能可以白天吸收电能,储能起来,在用电高峰时释放,合理利用电能。例如,商业园区光伏电站白天企业办公用电量不大,而在傍晚人们下班回家用电,以及商业照明等用电量较大,储能白天吸收电能储能起来,傍晚高峰时释放,实现电能时间上的合理分配。这样不仅提高了光伏电站电能利用率,减少电能浪费,还减少了电网高峰时刻的供电压力,提高能源综合利用效率。

2 新能源光伏场站储能系统配置规划方案

2.1 物理储能

物理储能目前有抽水蓄能、压缩空气储能、飞轮储能等。新能源光伏场站建议采用抽水蓄能,当光伏电站多发的电将水从低处水库提升到高处水库储存能量;在多用电或光伏电站发电不足的时候,释放高处水库的水,推动水轮发电机发电。这种方式技术成熟,运行可靠,适用于大规模储能。压缩空气储能是在用电低谷时利用多发的电将空气压缩存入地下洞穴等容器中;在用电高峰或光伏发电不足的时候,释放压缩空气,推动涡轮机发电。飞轮储能将电能转化为高速旋转的飞轮的动能,然后在需要的时候释放,其响应速度快,适用于改善电能质量、提供短期功率支持。物理储能系统投资成本较高,但是寿命长、无毒无害、对环境友好地提升光伏场站的稳定和可靠性。

2.2 化学储能

化学储能是目前应用较为广泛的储能方式,常见的有钠硫电池储能、液流钒电池储能以及超级电容储能等等。

① 钠硫电池储能

钠硫电池正极活性物质为硫,负极活性物质为钠,电解质为陶瓷管。优点是能量密度高,能够储存大量的电能,适用于大规模储能项目。充放电过程效率高,能够快速实现电能的存储和释放。其在新能源光伏场站中能够在光伏发电过剩的时候,将电能存储起来,在用电高峰期或光照不足的时候,及时补充充电,平滑功率波动。缺点是工作温度高,需要额外的加热设备保持高温,能耗大,成本高,且钠和硫具

有一定腐蚀性和危险性,对电池的封装和安全性有较高要求。

钠硫电池的高能量密度特性可通过其单位质量储存的电能表示,如公式 1 所示,其中 P 为功率, t 为放电时间, m 为电池质量。这一特性使其适合大规模储能,但需额外能耗维持高温运行。

$$E_{NaS} = \frac{P \cdot t}{m} \quad (WH/kg)$$

② 液流钒电池储能

液流钒电池以不同价态的钒离子溶液作为正负极活性物质,离子交换膜分隔。最大特点是深度充放电,循环寿命长,能够承受上万次的充放电循环,降低了长期使用的成本。电池的输出功率和储能容量可以独立设计,可以根据实际需要,分开设计和配置。液流钒电池在光伏场站中,可以将光伏产生的多余电能进行储存,保证电站稳定运行。此外,液流钒电池安全性好,电解液无毒无害,对环境友好。缺点是能量密度低,占地面积较大,系统比较复杂,维护成本高。

液流钒电池的容量与功率独立设计,如公式 2 中容量 C_v 取决于电解液体积 V 和浓度 c ,而功率 P_v 由电流 I 和电压 V 决定,体现了其灵活配置的优势,但低能量密度导致占地面积较大。

$$C_v = n \cdot F \cdot c \cdot V, \quad P_v = I \cdot V$$

③ 超级电容储能

超级电容储能是基于双电层原理储存电荷,其充放电过程几乎为瞬时完成,功率密度高,能够提供高功率输出,循环寿命长,可达数十万次。应用在新能源光伏场站,超级电容可以与其它储能方式组合使用,其系统的响应速度和稳定性都可以得到提高。超级电容的能量密度低,释放的能量少,不适于长时间大能量的储能,一般被作为短期能量缓冲装置使用,用于改善电能质量及增强系统的动态性能。

2.3 电磁储能

目前超导电磁储能等成本高,不成熟,不可推广使用。当太阳能发电量少时,储能系统必须要有足够的电力,来支持系统的电压,保证电网正常运行。目前,储能系统的逆变器都是电流源的双向逆变器,只能根据系统电压,虚拟系统电压,从而支持其电流,而不能支持系统的电压。所以这里

电磁储能主要指: 铅酸蓄电池储能, 磷酸铁锂电池储能。

①铅酸蓄电池储能

铅酸蓄电池储能是一种比较传统的储能方式, 电极是由铅及其氧化物组成, 电解液是硫酸溶液, 其优点是技术成熟、成本低廉, 应用广泛。当光伏电站产生多余的电能时, 储能系统中的铅酸蓄电池储能设备将其存储起来, 在用电高峰期或者光照不足的时候, 将电能释放出来, 保证电力供应。铅酸蓄电池储能的缺点也很明显, 能量密度低, 简单来说就是同等大小的电池, 磷酸铁锂电池储能能存更多的电; 循环寿命短, 频繁的充放电, 会加速其老化速度; 此外, 铅是重金属, 如果使用不当会造成一定的环境污染, 在环保越来越严格的今天, 对其应用产生一定影响。

②磷酸铁锂电池

磷酸铁锂电池是新型锂离子电池之一(如图1所示), 其正极材料为磷酸铁锂。磷酸铁锂电池能量密度相对较高, 能够在较小的体积内储存较多的电能, 适用于对体积要求的场合。循环寿命长, 可循环充放电, 更低成本长期使用。热稳定性好, 不易发生燃烧、爆炸等危险。磷酸铁锂电池广泛应用于光伏储能系统, 高效存储光伏电能, 稳定输出电能, 提高光伏电站运行效率及稳定性。缺点是磷酸铁锂电池低温性能较差, 在寒冷的气温下充放电性能会受到一定影响, 且其成本比铅酸蓄电池高。



图1 磷酸铁锂电池

2.4 光热储能

光热储能是使用太阳能集热系统收集和转化太阳能为热能, 利用储热介质储存热能, 在需要时将热能转化为电能。常见的储热介质有熔盐、水等。熔盐的比热容高且热稳定性好, 热能储存密度大。新能源光伏场站中, 光热储能系统可以在光照充足期间收集并储存热能, 用于夜间或光照不足期进行发电。光热储能与光伏发电的互补性大, 可以实现持续稳定供电。光热储能不会受到光照间歇性的制约, 可作为光伏电站的稳定电源补充夜间或低辐照时候的发电量, 同时光热储能还可以满足周边地区供热需求, 实现能源梯级利用, 提高能源综合利用效率。光热储能系统投资成本较高, 但是对光伏场站提高能源利用效率、保障稳定具有重要意义。

3 结束语

新能源发展快, 风电、光电等新能源在电网中所占的比例很大, 新能源的发电量具有不可确定性和调度性, 给电网的稳定性的安全措施产生了威胁。因为我国的风、光资源较好, 又处在电力网络最薄弱的地区, 这也使得国内部分地区的新能源开发存在一定的困境, 经过储能对新能源的应用, 国家为了保证电力的运输, 制定了新能源发电政策, 要求新能源的发电量不得超过10%~15%, 并在满足新能源发展的情况下, 满足新能源的发展。

[参考文献]

- [1] 杨迎春, 孙浩然, 马乾光, 等. 一种基于多业态的新能源集控系统建设方案[J]. 电工技术, 2025, (09): 31-36. DOI: 10.19768/j.cnki.dgjs.2025.09.007.
- [2] 张旭. 新能源光伏场站储能系统配置规划研究[J]. 光源与照明, 2025, (03): 142-144.
- [3] 王鹏飞. 分散式储能在新能源光伏场站的应用研究[J]. 中国战略新兴产业, 2024, (30): 79-81.
- [4] 张恒, 王利锋. 新能源光伏场站储能系统配置规划研究[J]. 电气应用, 2024, 43(04): 70-78.
- [5] 张国俊, 薛明华, 林权, 等. 分散式储能在新能源光伏场站的应用研究[J]. 电力与能源, 2023, 44(05): 437-440.