

储能技术在光伏并网发电系统中的应用

黎力

广西农投安装工程有限责任公司

摘要：随着清洁能源的发展和能源消费结构的转变，光伏并网发电系统成为解决能源短缺和环境污染的重要手段之一。然而，由于光伏发电的不稳定性，需要使用储能技术作为其补充内容，储能技术可以将多余的光伏发电能量储存起来，在需要时进行释放和利用，从而实现光伏发电的平滑输出，满足电网对电力质量、电能调节等方面的要求。本文将介绍储能技术在光伏并网发电系统中的应用及其效益，为推动可持续发展和清洁能源利用做出贡献。

关键词：储能技术；光伏并网；发电系统；应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.21.068

20世纪90年代我国开展了首批分布式光伏发电试点项目，并开始研究储能技术在光伏发电系统中的应用。随着我国清洁能源的快速发展，储能技术在光伏并网发电系统中的应用越来越广泛。近年来，随着储能技术的不断创新和进步，我国的储能技术在光伏并网发电系统中的应用也得到了进一步提升和推广，利用超级电容器、蓄电池等储能技术进行光伏并网发电系统的平滑输出已经成了一种常见的解决方案。

一、光伏并网储能系统的组成

光伏并网储能系统是一种集成了光伏发电和储能技术的系统，主要由光伏发电系统、储能系统、交流配电系统、监测控制系统和其他附属设备组成，它通过将太阳能转换成电能，再使用储能系统将能源变为可控的形式，随时可以用于供电。这种系统能够有效解决光伏发电存在的间歇性和不稳定性问题，提高光伏发电的利用率和经济性，并为电力系统提供调峰和调频等功能，实现对电网的稳定性和安全性的保障。

二、储能技术对光伏并网发电系统的影响

储能技术是指将电能、热能等形式的能量转化为一种或多种可储存的形式，如化学能、机械能、热能等，并在需要时将其释放出来，以满足人们对能源的需求。它可以将光伏发电系统产生的电能储存起来，提高能源利用率，减少能源浪费。还能平衡电网负荷，提高电网的稳定性和安全性^[1]。此外，储能系统还可以为电网提供备用电源，保证电网的可靠性。大大降低光伏并网发电系统的成本，提高电能的利用效率，一定程度上优化了清洁能源存在的间歇性和不稳定性问题，促进清洁能源的发展。

三、光伏并网发电系统中储能技术的应用方式

（一）蓄电池储能

光伏并网发电中的蓄电池储能技术可以将太阳能转

化为电能，并存储在电池中，以备后续使用。在光伏并网发电中，由于天气、光照等因素的变化，光伏发电系统产生的电能有时会超出或无法满足需求，因此需要对电能进行储存和调节。蓄电池储能系统可以为光伏并网发电系统提供稳定、可靠的电能储存和调节功能，提高系统的发电效率和电能利用率。该技术通常由电池组、电池管理系统、充放电系统、逆变器部分组成。其中，电池组是储能系统的核心部分，电池管理系统负责监控和控制电池的状态和运行情况，充放电系统负责控制电池组的充放电过程，逆变器将电池输出的直流电转化为交流电并且并入电网。在光伏并网发电系统中，蓄电池储能技术可以实现自给自足、峰谷电源平衡、电力调峰等功能。特别是在电力调峰方面，通过将电能储存于蓄电池中，可以有效平衡电网负荷和电源波动，提高电网的稳定性和安全性。

（二）超级电容器储能

超级电容器储能技术是一种高效、可靠、长寿命的电能存储方式。它采用双层电容、亚微米级纳米材料等先进技术，将电能以静电场的形式存储在电容器中，以备后续使用。与传统的化学储能方式相比，超级电容器储能技术具有高效、快速充放电、长寿命、无污染等特点。在光伏并网发电系统中，超级电容器储能技术可以为系统提供峰谷电源平衡、电力调峰等功能^[2]。由于光伏发电系统产生的电能波动性较大，超级电容器储能技术可以快速地存储和释放电能，以平衡光伏发电系统的电能供需，提高电能利用效率。

（三）飞轮储能

飞轮储能技术是一种机械式的电能存储方式，它利用高速旋转的飞轮将电能以动能的形式存储起来。在光伏并网发电系统中，飞轮储能技术可以为系统提供峰谷电源平衡、电力调峰等功能。它通常由飞轮、轴承、电机、控制系统等部分组成，而飞轮是整个储能系统的核心部分，其余部件如轴承负责支撑飞轮的旋转运动，电机负责将电能转换为机械能，控制系统负责监测和控制飞轮的旋转速度和运行状态。与传统的化学储能方式相比，飞轮储能技术具有快速充放电、长寿命、高效率等优点。由于飞轮可以在短时间内存储和释放大量的电能，因此可以很好地平衡光伏发电系统的电能供需，实现电力调峰和峰谷电源平衡。

（四）超导储能

超导储能技术是一种利用超导体材料特殊的电学性质储存电能的方法，它具有高能量密度、高效率、长寿命等优点。在光伏并网发电系统中，超导储能技术可以

为系统提供峰谷电源平衡、电力调峰等功能。该技术通常由超导体材料、电感器、变压器、开关器件等部分组成。在储能过程中，电能通过电感器储存在超导体中，当需要释放电能时，通过变压器将电能转换为电压并输出到电网中。与传统的储能方式相比，超导储能技术具有更高的能量密度、更长的寿命和更高的效率^[3]。由于超导体在零电阻状态下工作，因此电能的储存和输出过程中无能量损耗，能够实现高效能量转换。其应用还可以为电力系统提供备用电源，保证电力系统的可靠性。在电力系统负荷增大或者发生突发情况时，超导储能系统可以快速地向电网输出电能，以保证电网的正常运行。

四、储能技术在光伏并网发电系统中应用策略

（一）电网电能质量控制

电网电能质量控制是指对电力系统中的电能质量进行监测和控制，确保电能的稳定和可靠供应，同时保证电力系统的安全和稳定运行。电能质量通常包括电压、电流、频率、谐波、间断等多个方面，这些指标的合理控制和监测对于电力系统的稳定和可靠运行至关重要。

电网电能质量控制通常采用多种技术手段和措施。其中包括使用高精度的电能质量监测仪器和传感器，实时监测电力系统的电能质量；采用电力电子器件和控制系统，对电能质量进行控制和调节；通过对电力系统的规划和设计，优化电力系统的结构和配置。由于光伏发电系统的波动性较大，电压和频率等电能质量参数容易发生波动和不稳定，因此需要通过合理的控制和调节保证电能的稳定供应。

（二）光伏电站层面

1. 负荷响应

负荷响应是指通过调整电力系统的电力需求来适应电网的供需平衡，传统的负荷响应主要采用调节发电机出力的方式，然而随着储能技术的发展，越来越多的人开始关注如何利用储能技术来实现负荷响应。

储能技术可以通过储存电能来平衡电力系统的负荷需求和电力供应之间的差异，从而实现对负荷的快速响应。例如，在高峰时段储能系统可以通过释放存储的电能来满足电网的电力需求，从而减轻电网的负荷压力；而在低谷时段，储能系统则可以通过吸收电网的多余电能来充电，为高峰时段的负荷响应做好准备。

2. 负荷转移

储能技术在电力系统中的应用不仅可以实现负荷响应，也可以实现负荷转移。负荷转移是指将电力系统中的负荷从一个区域或一个电力系统转移到另一个区域或电力系统，以达到更优化的电力资源分配。储能技术可以通过储存电能的方式，将低负荷时段的电能储存起来，然后在高负荷时段释放电能来满足负荷需求，从而实现负荷转移，例如在城市的负荷集中区域，通过储能系统将低谷时段的电能储存起来，然后在高峰时段释放电能来满足负荷需求，可以有效减轻电力系统的负荷压

力，提高电力系统的可靠性和经济性。在国内储能技术在负荷转移方面的应用也逐步得到了推广，例如国内某些地区已经采用了储能系统将低谷时段的电能储存起来，在高峰时段释放电能，实现了负荷转移。此外，在一些新能源发电项目中，储能系统也可以通过储存多余的新能源电力，然后在需求高峰时段释放电能，实现负荷转移和平稳供电。储能技术在负荷转移中的应用有助于实现电力资源的优化分配，提高电力系统的可靠性和经济性。随着储能技术的不断发展和完善，储能技术在负荷转移中的应用将会越来越广泛。

3. 断电保护

储能系统可以在电力系统发生故障或突发事件时，提供备用电源保障关键负载设备的稳定运行，从而保护电力系统的安全性和可靠性。目前国内的大型医院、商业中心等公共场所，已经开始使用储能技术提供备用电源和断电保护，而且储能技术在断电保护方面的应用也得到了政策层面的支持。例如国家能源局在2019年发布的《关于加强储能技术在电力系统中应用的指导意见》中，提出了储能技术在断电保护方面的应用，并提出了相关政策和措施，鼓励储能技术在电力系统中的应用。综上所述，储能技术在断电保护方面的应用正在逐步加强，并且已经取得了一些成功的应用案例。随着储能技术的不断发展和完善，相信储能技术在断电保护方面的应用将会越来越广泛，为电力系统的稳定运行和可持续发展提供有力支撑。

五、储能技术的优化策略

（一）平滑光伏输出

优化储能技术以实现平滑光伏输出的方法包括以下几个方面：（1）精细化控制。利用智能逆变器等电力电子器件，对光伏发电系统的输出电力进行精细化控制。通过设置逆变器参数，实现对光伏发电系统的电力输出进行精确调节，达到平滑光伏输出的目的；（2）多种储能技术的协同应用。采用蓄电池储能系统、超级电容器储能系统等多种储能技术的协同应用，通过不同储能技术的优势互补，实现对光伏输出的平滑调节；（3）储能系统容量和放电深度的优化设计。通过优化储能系统的容量和放电深度等参数，使储能系统在满足平滑光伏输出的前提下，实现最佳经济效益；（4）电网响应能力的提升。在电力系统中增加电容器、电感器等响应能力强的器件，提高电网对光伏发电系统的响应速度，从而实现对光伏输出的平滑调节；（5）利用智能电网技术。采用智能电网技术，对光伏发电系统的输出电力进行实时监测和调节。通过智能监测和控制系统，及时发现和处理光伏输出的波动情况，保证电力系统的稳定运行。

（二）解决光伏限电及弃光问题

目前，国内光伏发电规模迅速扩大，已成为新能源发电的重要组成部分。然而，随着光伏发电容量的不断增加，发电过程中产生的电力波动和不稳定性也越来越

明显，这对电网的安全稳定运行造成了一定的影响。在这种情况下，如何解决光伏限电及弃光问题，成为新能源发展的一个重要议题。针对光伏限电及弃光问题，可以采取以下措施：

首先，增加储能系统容量，储能系统可以对光伏发电系统的波动进行缓冲和调节，实现电网对光伏发电的平稳消纳。在此基础上，不断增加储能系统容量，可以有效解决光伏发电系统波动的问题，提高光伏发电系统的可靠性。

其次，引入灵活电价机制，灵活电价机制是指根据光伏发电系统的实时输出情况，对电价进行动态调节。通过引入灵活电价机制，可以在电力市场中通过动态调整电价的方式，实现光伏发电的灵活消纳。

然后，推广分布式光伏发电，分布式光伏发电可以将光伏发电系统分布在城市或乡村等地，减少输电损失，提高光伏发电的利用率和可靠性。同时，将光伏发电系统与其他能源系统进行整合，可以形成“光电互补”系统，以提高光伏发电的可靠性和经济性。

最后，采用智能控制技术，利用智能逆变器等电力电子器件，对光伏发电系统的输出电力进行精细化控制，根据光伏输出波动情况实时调整储能系统的充放电状态，保证电力系统的稳定运行。通过智能监测和控制系统，及时发现和处理光伏输出的波动情况，保证电力系统的可靠性和稳定性。

（三）配合光伏解决无电区供电问题

随着我国光伏发电产业的迅速发展，越来越多的光伏发电项目被投入到偏远地区和山区，为当地居民提供清洁、可靠的电力供应。目前主要采用按需设计、强化维护力度、加强光伏发电技术的宣贯。实际应用要注意多方面的优化和科学选材，如选用高效的光伏电池组件，确保发电效率的最大化，可大面积使用多晶硅、单晶硅、薄膜等材料的制成品；采用高性能的逆变器技术，确保光伏发电系统的稳定性和可靠性；运用智能化的监控和控制系统，实现对光伏发电系统的实时监测和运行管理。综上所述，只有采用先进的技术手段，确保光伏发电系统的稳定运行和有效发电，才能够实现在无电区域构建可靠、高效的光伏发电系统，为当地居民提供清洁、可靠的电力供应。

（四）配套用户侧多能互补，实现光储能源联网

多能互补是指在不同能源之间相互补充，实现能源的高效利用。通过储能技术，不同能源可以实现互补，从而实现光储能源联网。以光伏储能系统为例，储能技术可以在光伏发电时，将多余的电能储存起来，然后在光伏发电不足时释放电能，保证能源供应的稳定性。同时，在系统中加入风力发电、燃气发电等多种能源，通过储能技术进行整合，实现能源的互补利用，从而提高能源利用效率。因此通过光热联合发电、光电池储能和风电互补、光储能和燃气发电互补、微电网技术等多种技术手段的应用，能够有效实现不同能源的互补利用，

提高能源利用效率，减少能源消耗和环境污染。这些技术手段的应用，将进一步促进无电区域的清洁能源发展，为当地居民提供清洁、可靠的电力供应，同时也为可持续发展的实现提供了重要的支持。

（五）户用储能解决方案

户用储能系统是通过利用储能技术，将光伏发电的多余能量储存起来，以备不时之需，锂离子电池组件是目前最常用的方案之一。锂离子电池组件具有体积小、重量轻、充电时间短、放电效率高等优点，同时还具有长寿命、低自放电率、安全性高等特点。这套系统的另一种方案是超级电容器，超级电容器具有充放电速度快、使用寿命长、高效率等优点。虽然超级电容器的储能容量相对较小，但可以与其他储能技术结合使用，提高储能容量和性能。除了上述两种方案外，户用储能系统还可以采用铅酸电池、液流电池和燃料电池等方案。铅酸电池具有成本低、维护简单等优点，但相对来说储能容量较小、寿命短、使用安全性不如锂离子电池；液流电池具有充电时间快、寿命长等优点，但成本较高，需要专业技术人员进行安装和维护，还有液体泄漏等安全隐患，需要专业技术人员进行安装和维护，还需要配备相应的燃料供应系统。

结束语

光伏发电受到天气、季节等因素的影响，其发电量存在波动性，这会给电力系统的稳定运行带来挑战，而储能技术的应用可以将多余的电能储存起来，当光伏发电不足时释放电能，保证能源供应的稳定性，进而提高光伏发电的可靠性和稳定性。在这一领域我国已经有一些成功的案例，如福建漳州光伏扶贫项目，采用了光伏储能系统，实现了储能电站和光伏电站的高效互补运行，提高了发电系统的利用效率和可靠性。此外，储能技术在光伏并网发电系统中的应用还得到了政策和行业的支持，有望推动储能技术在光伏发电领域的广泛应用。综上所述，储能技术在光伏并网发电系统中的应用具有重要的实际意义和发展前景。随着技术的不断创新和应用，储能技术在光伏发电领域的应用将会越来越广泛，为实现能源的可持续发展和应对气候变化提供有力支撑。

参考文献

- [1] 邢帅. 储能技术在光伏并网发电系统中的应用分析[J]. 电力设备管理, 2022 (2): 180-181.
- [2] 于冬, 李瑶. 储能技术在光伏并网发电系统中的应用研究[J]. 中国设备工程, 2021, (24): 196-197.
- [3] 郭子兴. 储能技术在光伏发电系统中的应用[J]. 电子产品世界, 2021, 28 (11): 83-85.
- [4] 顾素平. 储能技术在光伏发电系统中的应用[J]. 集成电路应用, 2021, 38 (07): 186-187.
- [5] 杨润广. 储能技术在光伏发电系统中的应用[J]. 科技创新与应用, 2021, (10): 188-190.