

基于光储一体化设计的储能技术探讨

孙小玲

(中国轻工业长沙工程有限公司, 湖南 长沙 410000)

【摘要】分布式光伏储能系统是一个系统工程, 结合光伏发电和储能等系统, 一方面满足所在地的市电供电需求, 另一方面满足可再生能源的电能转换, 并在需要时提供备用电源, 在电网供电中起到充当储能和调峰的作用, 实现对可再生能源的高效利用。

【关键词】分布式; 多能源系统; 储能和调峰; 高效利用

引言

由于市场环境和社会可持续发展战略的影响, 传统的火力和水力发电站已经不能满足当代社会发展的需求。为了更好地实现环境资源全面、协调、可持续发展, 大力开发和利用可再生资源以及新型能源已经势在必行。光伏发电作为可再生资源利用, 在我国已经得到了广泛的应用^[1]。

一、太阳能资源概况

(一) 我国太阳能资源概况

我国属太阳能资源丰富的国家之一, 全国总面积 2/3 以上地区年日照时数大于 2000h。我国太阳能资源的年分布, 总的来看具有高原大于平原、内陆大于沿海和气候干燥区大于气候湿润区等特点。我国太阳年总辐射量最大值可达 8820MJ/m² 以上, 凭借太阳能的年水平面总辐射量为研究屋顶光伏的指标, 对屋顶光伏项目当地太阳能的总辐照量分析划分为四大等级, 如表 1 所示:

太阳总辐射年总量	资源丰富程度	等级符号
6300MJ/(m ² ·a)/G≥1750	资源最丰富	A
5040~6300MJ/(m ² ·a)/1400≤G<1750	资源很丰富	B
3780~5040MJ/(m ² ·a)/1050≤G<1400	资源丰富	C
<3780MJ/(m ² ·a)/G<1050	资源一般	D

表 1 中国太阳能年水平面总辐照量 (GHR) 等级

二、光储一体化系统架构

(一) 系统基本架构

光伏发电具有很强的波动性和不确定性, 受自然环境条件影响大, 如果不能合理地接入电网, 将会给电力系统带来冲击。同时, 负荷侧功率变化在一天内也具有波动性, 可将太阳能等分布式能源与储能设备相结合, 通过控制调度装置, 直接为负荷侧提供电能^[2]。

直流侧为光伏发电单元, 光伏发电单元由多路组合的 PV 组件构成, PV 组件经过 Boost 变流器进行升压, Boost 变流器通过 MPPT 跟踪, 最大限度实现对太阳能的利用。两路 PV 组件进行组合发电, 与储能单元协同作用, 目的是使直流侧发电功率与负荷用电功率相适配, 减少光伏发电系统产生的电能直接并网时, 对市政电网产生冲击和谐波等不利因素。交流侧采用三电平并网逆变器, 将直流电压转换为交流电压, 并将其与电网相连接^[3]。如图 1 光储设计一体化系统结构:

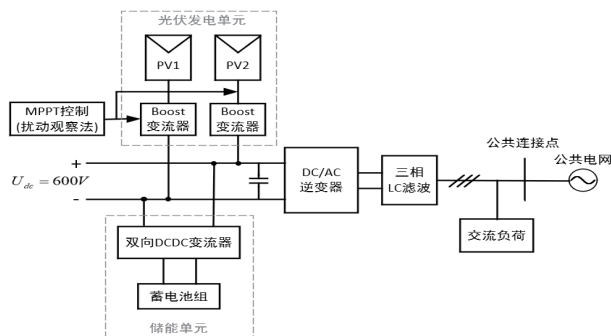


图 1 光储设计一体化系统结构

(二) 光储一体化设计与运营优势

1. 解决光伏发电波动性问题: 光伏发电受到天气和日照强度的影响, 会产生波动性, 因此需要储能系统来平稳输出电能, 以确保电网的稳定性。
2. 提高光伏发电利用率: 储能系统可以将电能光伏发电峰值时储存, 等到夜晚或光伏发电低谷期向电网供电, 提高光伏发电的利用率。
3. 提高光储系统的经济性: 储能系统的投资和运营成本虽然较高, 但是可以通过光储系统的多种运营模式实现更高的经济效益, 如通过储能系统的负荷平衡和电力市场调度等方式, 提高光储系统的经济性。

三、光伏组件与选择

(一) 光伏太阳能板组件

目前市面上有单晶硅和多晶硅组件，他们的价钱和性能较为接近，但多晶硅组件的效率、衰减率等比多晶硅组件更优。且目前设计主流为 580Wp 级单晶硅组件，尺寸为 2278*1134*30mm。

相较晶硅刚性组件，轻质柔性组件能有效降低承载载荷限制，且高度柔韧的组件曲面适应不同屋顶、墙壁等复杂环境，与建筑主体同时设计同时施工同时投产，与建筑主体融合。

（二）太阳能电池组件

屋顶光伏太阳能的电池的组件的选择应考虑技术可靠，以及市场主流并满足兼容性依据，并依据屋顶光伏电站其所在地的太阳能的分布和所其选用的太阳能组件和装配类型类型，结合当地的供需关系，综合估算光伏电站的发电量，选择太阳能电池组件的最佳类型和配比。单晶硅多晶硅太阳能电池具有成熟的制造技术、较高的光电转换效率、更具稳定的产品性能以及使用周期长等优点，因此它们在各类型光储一体化设计架构系统中得到更加广泛的应用。

（三）逆变器的选择

普遍存在集中式逆变器、组串式逆变器和集散式逆变器三种类型。集中式逆变器方案通常采用直流汇流、集中逆变升压的方式；组串式逆变器方案则采用分散 MPPT 跟踪、分散逆变、交流汇流升压的方式；集散式逆变器方案介于前两者之间，通常采用分散 MPPT 跟踪、直流汇流、集中逆变升压的方法。考虑组串式直流端具有多路 MPPT 功能，交流端并联并网，不受组串间模块差异和阴影遮挡的影响，同时减少光伏电池组件最佳工作点与逆变器不匹配的情况，最大程度增加了发电量，组串式还具有自耗电低、故障影响小、更换维护方便等优势，推荐采用组串式逆变器方案。1500V 直流系统的逆变器选型对比见表 2。

（四）光伏组件串并联设计

1、光伏组件串联数

光伏方阵中同一光伏组件串中各光伏组件的电性能参数宜保持一致，光伏组件串的串联数应满足以下两个公式：

$$S \leq \frac{V_{dc\ max}}{V_{oc} \times [1 + (t - 25) \times K_v]} \\ \frac{V_{mpptmin}}{V_{pm} \times [1 + (t' - 25) \times K_v']} \leq S \leq \frac{V_{mpptmax}}{V_{pm} \times [1 + (t - 25) \times K_v']}$$

- Vmpptmin——逆变器电压最小值（V）；
- Vmpptmax——逆变器电压最大值（V）；
- Vpm——光伏组件的工作电压（V）；
- t——光伏组件工作条件下的极限高温（℃）；
- Kv——光伏组件的工作电压温度系数；
- Voc——光伏组件的开路电压（V）；
- Kv——开路电压温度系数；
- S——光伏组件的串联数（S 应就近取整）；
- Vdcmx——逆变器允许的最大 DC 输入电压（V）。

四、储能系统

（一）储能方案

储能设备是储能系统的核心组成部分，用于将电能或其他形式的能量转换为可储存的能量形式，以便在需要时释放。

磷酸铁锂电池优良的循环性能、耐高温性能、高倍率放电、更好的安全性能等方面的突出优势，对比传统的铅酸蓄电池和等具有明显优势：

- 1、耐高温安全性能，在 400-500℃ 高温下，任然可以保持电池内在的高安全性，不会因为碰撞、短路、过冲或者高温等问题发生燃烧或者爆炸。
- 2、使用寿命周期较长，循环充放电 1000 次，容量任然保持在 85% 以上。

比较参数	组串式	集中式	集散式	优劣性比较
产品输出容量	175kW	3.125MW	2.5MW	/
功率因数	±0.8	±0.9	±0.9	组串式优
过载能力	1.1 倍，持续	1.1 倍，短时	1.1 倍，短时	组串式优
中国效率	98.437%	98.2%	98.2%	组串式优
01 最大效率	99.016%	99%	99%	持平
最大功率点跟踪（MPPT）	9 路 / 台 162 路 / 方阵	2 路 / 台 2 路 / 方阵	120 路 / 方阵	组串、集散优
输入输出电压	1500V/800V	1500V/550V	1500V/800V	组串和集散优
运行可靠性	IP66，最可靠	IP54，一般	IP54，一般	组串式最优
1500V 应用	已规模应用	已规模应用	无应用	组串、集中优

表 2 集中式逆变器和组串式逆变器性能比较

3、环保有利于生态环境。该电池不含稀有或者有毒性金属元素，不会导致资源过度开发或者废弃后污染生态环境。而且在生产和使用中也不会造成环境污染，并通过了CE认证。其次他还有重量轻，体积小，单体电成高等优点。

3、磷酸铁锂电池的无记忆效应，可充电电池在经常处于充满不放完的条件下工作，容量会迅速低于额定容量值，无论是充电多久不用电都不会影响电池性能，这种效应叫无记忆效应，而且它充电速度快，自放电率小。

基于以上优点，磷酸铁锂电池适合于发电量大的电能储存，在光伏分布式电站、电网调峰和调频、应急电源UPS电源、系统等领域有着良好的应用前景^[4]。

锂电池是一种常见的电化学储能技术，具有高能量密度、长寿命、低自放电等优点，适用于高能量密度和长周期的储能需求。锂电池可以用于电动汽车、储能系统、移动通信、航空航天等领域。

超级电容器是一种电容储能技术，具有高功率密度、快速充放电、长寿命等特点，适用于高功率密度和短周期的储能需求。超级电容器可以用于UPS系统、新能源车辆、轨道交通、军事装备等领域。然而，在实际应用中，单一的储能技术往往无法满足复杂多变的储能需求。因此，综合利用不同的储能技术，采用混合储能方案，可以更好地满足实际需求^[5]。

（二）屋顶光储仿真系统搭建：

在搭建光储仿真系统时，需要注意以下几点：

1. 系统模型的准确性：在搭建过程中，选择合适的光伏组件、储能设备（如蓄电池）以及逆变器等关键部件的模型，以确保整个系统的仿真结果可靠。

2. 环境因素：在仿真过程中，需要考虑实际运行环境的影响，如地理位置、气象条件（太阳辐射、温度等）以及光伏阵列安装方式等。

3. 合适的仿真时间步长：在选择仿真时间步长时，应权衡仿真精度和计算时间，合理设定仿真时间步长以确保计算效率和结果准确性。

4. 能源管理策略：在搭建光储仿真系统时，需要设计合适的能源管理策略以实现光伏发电和储能设备的协同作用，优化系统性能。

搭建光储仿真系统的目的主要是：

1. 发电系统与储能设备的综合性能，以优化系统设计。

2. 同场景下的系统运行特性，为实际运行提供参考。

3. 能源管理策略的有效性，提高系统运行效率。

（三）储能蓄电池容计算示例

以湖南某县城厂房分布式光储一体化架构设计为例，屋顶设计 2228 块单玻单晶硅 585wp 组件（光伏发电单元），固定支架方阵每 12~20 块组件串联为 1 个光伏组串，每 8~9 个光伏组串（MPPT）接入 1 台 110KW 组串式逆变器，每 5~6 个光伏组串接入 1 台 50KW 组串式逆变器。屋面设检修道路、交叉于及环绕光伏场区边缘。总装机容量直流侧 1303.38kWp，按照 5% 装机容量存储约 7.2KWP。

蓄电池能放电到其额定容量的 75%~80%，性能正常，并保证具有 5 年使用寿命，逆变器的转换效率为 0.95，蓄电池效率 0.96，电池的 80% 利用率计算。蓄电池额定容量 $C^* = 7200 / (0.8 \times 0.95 \times 0.96 \times 0.75) \approx 13000\text{AH}$

蓄电池方案：用 8 组 1500Ah 电池并联使用。AGM1500Ah 的电池容量比较富余，其 10h 容量平均可以达到 1700Ah，如果采用 8 组并联，容量可以达到 13600Ah 以上，可以满足要求。这一方面的优点是容量可以达到要求并有点富余，只需要 8 组电池，维护相应较少，电池占的空间要少。

五、结束语

本课题仅分析了光储一体化设计架构的各个组件选型，以及一定存储容量估算蓄电池容量，储能仿真软件初步探讨储能技术，未涉及实际工程案例计算、发屋面仿真发电系统、光电特性分析、能量收益分析、系统优化等方面。在未来，光伏发电和电池技术的进一步发展，将为人们提供更加可靠、高效、环保的电力解决方案。

参考文献：

- [1] 郭桂兰. 分布式光伏发电系统的电气设计与分析 [J]. 化工管理, 2018(18):25-26.
- [2] 张雨曼, 刘学智等. 光伏 - 储能 - 热电联产综合能源系统分解协调优化运行研究 [J]. 电工技术学报, 2020, 35(11):2372 - 2386.
- [3] 李大虎, 方华亮, 孙建波, 等. 平面分布式光伏系统结构及经济性研究 [J]. 电源技术, 2019, 43(2):286-289.
- [4] 柯翔, 肖仁贵, 廖霞, 等. 磷酸铁正极材料的研究进展 [J]. 电子元件与材料, 2017, 36(7):8.
- [5] 赵鹰, 崔云. 基于分布式光伏系统下的储能配置优化设计分析 [C]//. 中国环境科学学会 2022 年科学技术年.

作者简介: 孙小玲(1987.01-) 女, 汉族, 四川富顺, 大学本科, 中级职称, 主要从事新能源技术与设计。