

光伏加储能电池智能调控分布式储能电站的研究与应用

吴 峰, 上官贝贝, 房 露, 许志远

(国网江苏省电力有限公司泗洪县供电分公司, 江苏 宿迁 223900)

摘 要 本文根据分布式储能电站的具体技术要求, 研究一个分布式集成储能电站箱, 该装置包括光伏面板、光储逆变一体机(含PCS、光伏并网逆变器、DC-DC单元)、储能电池、自动控制模块、户外箱体及光伏支架, 此装置集成组装现场安装方便, 原理是在太阳能发电上网用电低谷时段利用台区富余容量经分布式光伏电能表正相为储能电池充电, 负荷高峰时再通过逆变器经分布式光伏电能表反相, 向供电线路送电, 因此可以削峰填谷, 提高电力负荷利用率, 解决供电线路末端用户负荷较大导致的用户端低电压问题。研究表明, 通过光伏发电上网和储能电池的充、放电可消除季节性用电台区空载问题, 提高台区经济效益, 在用电负荷高峰期线路损耗偏大时利用太阳能发电储能获取的额外电能补偿线路损耗, 可达到降低台区线损的目的。

关键词 分布式储能电站; 光伏面板; 光储逆变一体机; 储能电池; 自动控制模块

中图分类号: TM615

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.09.012

0 引言

在国家支持三农政策、国家电网放开业扩配套、优化营商环境电力现行的背景下, 农村地区业扩配套小动力用户逐渐增多(大多数是季节性用电), 由于农村地区地域面积大, 用户不集中, 综合变供电半径普遍过大, 造成了变压器首端电压符合标准^[1]。但是在线路末端用户负荷增加时造成电压过低无法正常满足客户用电需求, 季节性用户暂停使用期间综合变出现过轻载、空载现象造成电力资源的浪费, 严重影响单位台区线损经济运行率, 由于此类台区供电半径一般较长, 同时也造成线路损耗大, 影响公司线损指标^[2]。在这样的环境下, 我们迫切地需要对现有状况给出合理的解决方案, 既要保证客户季节性用电需求, 又要兼顾台区线损指标和尽量减少电力投资。该方案的实施恰好能够满足目前该领域的供电需求, 且安装方便, 对现场地理环境要求不高, 无需架设供电线路, 只需安装在原有供电线路电杆旁边, 即可解决供电半径较长末端用户低电压、季节性用电台区轻、空载造成的台区经济运行率低等问题, 同时在台区突发停电时可为附近的特殊客户提供临时应急电源, 减少因停电给客户造成的经济损失。

1 光伏加储能电池智能调控分布式储能电站运行原理

该装置是利用太阳能加谷时段供电线路电能对储能电池组充电, 在该装置监测到线路低电压或高峰时

段通过储能电池经逆变器通过余额上网电能表反相向供电线路供电的一套装置。

太阳能板发电直流通过逆变器对储能电池充电, 储能电池满电的情况下通过余额上网电能表直接向供电线路供电。(1)当太阳能发电不能满足储能电池组充电的情况下, 由智能负荷监测控制器在低谷时段控制开关合闸为储能电池组充电。(2)当末端用户负荷突增, 导致供电线路低电压时, 智能负荷监测控制器监测到线路电压降, 控制器控制开关合闸使储能电池直流输出到逆变器, 再经过余额上网电能表反相上网合格电压的电能解决末端低电压问题和补偿线路损耗的降低台区线损率。(3)当该台变处于季节性小电量时, 每天通过光伏反相上网和储能电池谷时段充电峰时段反相上网产生一定的供、售电量解决了台变小电量影响的经济运行问题。

2 光伏加储能电池智能调控分布式储能电站结构组成

光伏加储能电池智能调控分布式储能电站装置主要由以下几个部分构成: 储能电池、光储逆变一体机(含PCS、光伏并网逆变器、DC-DC单元)、光伏面板、自动控制模块、户外箱体及光伏支架, 系统整体框架图如图1所示。

2.1 光伏面板部分

装置户外箱体顶部以及电杆两侧各可以固定光伏面板, 其余可以固定在杆子底部。同时单块光伏面板

技术参数为：590 W/44 V，长宽为：2 278*1 134；同时根据实际方案需求，需要 8 块上述规格光伏板，合共 4 130 W。

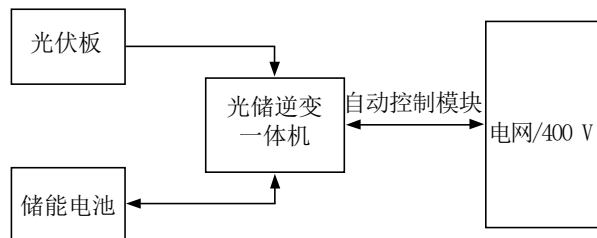


图 1 系统整体框架图

2.2 光储逆变一体机部分

光储逆变一体机与传统分离式光伏系统（光伏逆变器与储能系统分开）相比，具有一些显著的优点：

1. 集成度高，空间节省：光储逆变一体机将光伏逆变器和储能系统的核心功能集成到一个设备中，大大节省了安装空间^[3]。

2. 安装简便，减少施工成本：一体化设计减少了电缆连接、设备布线和安装复杂性。用户只需安装一台设备，相比传统方案减少了接线和调试的复杂性，从而降低了施工和安装成本。

3. 更高的系统效率：由于光储逆变一体机内部组件（如逆变器、储能电池管理系统等）优化集成，系统效率通常较高。电池充放电的能量损失较低，能量转化和存储过程更为高效。

4. 智能管理与优化：一体机通常配备智能控制系统，可以根据电网电压、负荷需求、光照情况等实时调节，进行最优化的电能调度。这使得系统在高负荷或者低光照环境下能实现更好的能量管理；同时考虑到光伏面板装机容量为 4 130 W，并结合上述光储逆变一体机的诸多优点，最终选择固德威的 GW30K-ET 光储逆变一体机。

2.3 储能电池部分

储能电池部分是设计光储系统中的一个关键环节，选择合适的电池可以显著提高系统的效率、寿命和经济性。根据系统需求、环境条件和预算等因素，储能电池的选型需要综合考虑多个参数。以下是储能电池选型时需要考虑的几个重要方面：

1. 电池类型：锂离子电池、铅酸电池、钠硫电池、磷酸铁锂电池、固态电池等。

2. 容量选择：根据使用场景的负荷需求来计算储能电池的容量。

3. 循环寿命：电池的循环寿命是指电池在充放电过程中能够承受的循环次数。

4. 放电深度：指电池在每次充放电过程中可以使用的电量比例。

5. 充电与放电效率：充电效率是指电池充电时输入的电能与输出的电能之比。

6. 工作温度范围：不同类型电池的适应温度范围不同，根据地区气温选择适合的电池。

7. 安全性：选择不易膨胀、起鼓爆炸的电池。

2.4 自动控制模块

自动控制模块是光伏储能系统中的核心部分，负责实时监控和调节系统中各个组件的工作状态，确保系统高效、稳定、安全地运行。该模块通常包括硬件部分：如控制器、传感器、接口和软件部分：如算法、控制逻辑。以下是自动控制模块的详细阐述。

1. 自动控制模块的主要功能：（1）电网电压与频率监测：在并网模式下，自动控制模块监控电网的电压和频率，确保并网操作符合法规和技术要求^[4]。（2）充放电控制与优化：自动控制模块根据系统的实时状态和用户设定的参数，智能调节储能电池的充放电过程。充电控制是指根据电池电量、电网电价、光伏发电量等信息，优化电池的充电时机和速度。

2. 硬件组成：自动控制模块的硬件部分通常包括微处理器 / 微控制器（MCU）和通信模块。微处理器 / 微控制器（MCU）主要负责处理传感器数据，执行控制算法，控制各个子系统的工作。通信模块是用于与光储逆变一体机、其他组件及远程设备的通信。

3. 软件组成：自动控制模块的控制逻辑和算法主要通过嵌入式软件来实现充放电策略、负载调度等，确保系统运行高效且符合用户需求。

2.5 功能设计

1. 削峰填谷：光储逆变一体机、储能电池、自动控制模块组成一个整体的系统，能够根据实际自动往电网放电和自动充电^[5]。

2. 电压支撑：光储逆变一体机配置按需调配运行逻辑，当末端用户负荷突增导致供电线路电压低，光储逆变一体机和自动控制模块控制电池放电，使得电压满足要求，提高供电线路末端电压合格率。

3. 线路损耗补偿：台区用电负荷高峰期线路损耗偏大时导致台区线损不达标时，利用太阳能发电储能获取的额外电能补偿线路损耗达到降低台区线损的目的。

2.6 系统模式

1. 自发自用模式：光伏板发电优先给负载供电，多余电量给电池充电，再将剩余的电量出售给电网；光伏板发电不满足负载用电需求时，由电池给负载供电；电池电量也不满足负载用电需求时，由电网给负载供电。

2. 备用模式：当电网断电时，逆变器转为离网工作模式，电池放电给负载供电确保 BACK-UP 负载不断电；当电网恢复时，逆变器工作模式切换至并网工作；为确保电池 SOC 足以维持系统离网时正常运行，系统并网运行时，电池会利用光伏板或电网买电充电。

3. 经济模式：在满足当地法律法规的情况下，根据电网峰谷电价差异，设置不同时间段买卖电。如：在电价谷时段，将电池设置为充电模式，从电网买电充电；在电价峰时段，将电池设置为放电模式，通过电池给负载供电。

4. 延时充电模式：设置峰值功率限值可将超过并网限值的光伏发电用于给电池充电；或设置光伏板充电时段，在充电时段内利用光伏发电给电池充电。

5. 需量管理模式：当负载用电总功率在短时间内超出用电配额时，可以利用电池放电减少超出配额部分的用电量；当逆变器电池 SOC 低于预留 SOC 用于需量管理时，系统根据时间段、负载用电量以及买电峰值限值从电网买电。

当负荷突增导致供电线路电压低时，光储逆变一体机和自动控制模块控制电池放电，使得电压满足要求，提高供电线路末端电压合格率，同时通过光伏储存的额外电能补偿线路损耗。

3 光伏加储能电池智能调控分布式储能电站最终效果

光储系统（光伏 + 储能 + 逆变一体机）通过自动控制模块以及各个系统组件的协同工作，能够提供一系列功能，并且在实践中实现以下效果：

1. 实时能源管理：确保在光伏发电最充足时（如白天）最大化储存电能，并在电力需求高峰时（如晚上）释放在电，减少电网负荷或降低电费支出。

2. 自主充放电与负载管理安全保护功能：在电网电价较低时自动充电，在电网电价较高时放电，从而降低电费支出；在光伏发电不足时或电网断电时，系统自动通过储能电池供电，确保商业负载不受影响。

3. 经济效益提升：系统优化充电与放电时机，避免高电价时段的电网用电，减少电费支出，并通过将太阳能储存起来在需求高峰时使用，减少线路损耗对线损指标的影响。

4. 提高台区经济运行率：通过光伏发电上网和储能电池的充、放电消除季节性用电台区空载问题，提高台区经济运行率。

5. 系统高可扩展性：随着用户负荷需求的增加或

电力使用环境的变化，系统可方便地进行扩展。未来可升级，随着电力需求的变化或技术进步，系统可以通过添加模块或升级硬件来进一步提高性能。

4 光伏加储能电池智能调控分布式储能电站的发展趋势与展望

4.1 技术创新趋势

1. 新型储能技术的研发：未来将不断涌现出新型储能技术，如固态电池、钠离子电池、氢储能等，这些技术有望在能量密度、成本、安全性和循环寿命等方面取得突破，为分布式储能电站的发展提供更有力的支持^[6]。

2. 智能调控技术的升级：随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断发展，智能调控系统将更加智能化和精细化。通过对海量数据的分析和挖掘，实现对分布式储能电站的精准预测和优化控制，进一步提高系统的运行效率和可靠性。

4.2 市场应用前景

1. 分布式能源市场的快速发展：随着分布式能源的广泛应用，分布式储能电站作为其重要的配套设施，市场需求将不断增长。特别是在偏远地区、海岛以及对供电可靠性要求较高的场所，分布式储能电站将具有广阔的应用前景。

2. 电网侧储能需求的增加：为了应对新能源大规模接入带来的挑战，提高电网的灵活性和稳定性，电网企业对储能的需求也在不断增加。分布式储能电站可以通过与电网的协同运行，参与电网的辅助服务，为电网的安全稳定运行提供保障，市场潜力巨大。

参考文献：

- [1] 时璟丽. 分布式光伏发展前景与政策分析 [C]// 上海市太阳能学会. 第十九届中国太阳级硅及光伏发电研讨会 (19th CSPV) 论文集. 中国宏观经济研究院能源研究所, 2023-11-02.
- [2] 林丽蓉. 储能技术在光伏电站并网发电系统中的应用 [J]. 光源与照明, 2023-09-30.
- [3] 单天娇. 基于电池荷电状态的光伏电站储能系统调控的研究 [J]. 自动化应用, 2023-03-25.
- [4] 李国萌. 光伏并网中能源存储技术对电网稳定性的影响 [J]. 光源与照明, 2024-12-30.
- [5] 杨建林, 王伟, 杨思贤. 电池储能系统在并网型新能源发电系统中的应用研究 [J]. 太阳能, 2024(12):79-83.
- [6] 张楠. 智能电网下的能源存储技术及其应用 [J]. 中华纸业, 2024, 45(03):73-75.