

# 完善 PV 系统应用中缺失的智能自发自用储能系统及新配置

**Lack of complete PV system application in intelligent spontaneous for energy storage system and the new configuration**

吴康

**摘要** :本文将对基于储能逆变器技术的智能自发自用储能系统的理念架构特征及其新型的 HUB1 和 HUB2 与 HUB3 等系统的配置及孤岛系统的应用方案作分析，并对相关的控制逆变一体机新趋势作说明。

**关键词** :储能逆变器，智能与配置，电力电网

**Abstract:** based on the energy storage will be spontaneous self-used inverter technology of intelligent energy storage system the concept of architectural features and the new HUB1 and HUB2 HUB3 system configuration and the islands of the solutions of system of analysis, new trend and the related control inverter machine instructions.

**Keywords:** energy storage inverters, Intelligent and configuration, The power grid

## 1 新的挑战与应对

太阳能发电系统给人们节能环保带来了福祉，但该新能源在实践的运行中又呈现出新的挑战。

从用户太阳能发电系统得知，太阳能与风能发电系统产生的电力和实际的使用不匹配，解决的方法是当有多余电力则反馈回电网，发电不足则由电网提供额外的电力。当许多独立的太阳能系统往电网送电时，为了保证电网的稳定性则会造成更多的困难和成本的昂贵，而即时的能量存储是电网可控的重要手段，况且，上网补贴（或馈电）的价格在降低，故由此，用家庭的能量存储来提高能源的自用会变得越来越普遍。同时，在电网故障时，还能提供备用电源。

许多房屋和大楼安装了并网太阳系统，传统的安装有一个重要的缺点：它依赖于电网，如果电网中断，并网逆变器关机，整个供电系统中断，尽管安装了太阳能系统，对其他新能源系统如风能、水力、小型热能系统也存在同样的情形，解决的办法是增加储能逆变器（或称双向逆变器）和电池系统。

为面对新的挑战，由此开发出智能自发自用储能系统和孤岛系统，它是基于储能逆变器技术的典型而适用的配置方案。当今已有如 HUB1 与 HUB2 及 HUB3 等系统可以实现这样的功能。

据此本文将对基于储能逆变器技术的智能自发自用储能系统的理念架构特征及其新型的 HUB1 和 HUB2 与 HUB3 等系统的配置及孤岛系统的应用方案作分析说明。为了叙述问题清晰，应先对储能逆变器与 HUB 的理念作说明。

## 2 关于储能逆变器（双向逆变器）与 HUB 的理念

### 2.1 何谓双向逆变器

何谓双向逆变器？即逆变器的范围很大，主要作用就是 DC——AC 或 AC----DC 这个双向的过程。储能逆变器的主要功能和作用是实现交流电网电能与储能电池电能之间的能量双向传递，也是一种双向逆变器（变流器），可以适配多种直流储能单元，如超级电容器组、蓄电池组、飞轮电池等，它不仅可以快速有效地实现平抑分布式发电系统随机电能或潮流的波动，提高电网对大规模可再生能源发电（光伏或风能）的接纳能力，而且可以接受调度指令，吸纳或补充电网的峰谷电能及提供无功功率，以提高电网的供电质量和经济效益。尤其在电网故障或停电时，还具备独立组网供电功能，以提高负载的供电安全性。

为什么要储能呐？因储能可应用于以下主要场合：其一、平抑波动 储能可以抑制风力发电和光伏发电的短期波

动 (min 级或 s 级) 和长期波动 (h 级), 从而提高可再生能源输出的稳定性。或根据电网出力计划, 控制储能电池的充放电功率, 使得电站的实际功率输出尽可能的接近计划出力, 从而增加可再生能源输出的确定性。储能技术是解决具有间歇性、波动性和不可准确预测性的可再生能源接入电网的一种重要方案, 可显著提高电网对大规模可再生能源的接纳能力; 其二、削峰填谷 储能可与电网调度系统相配合, 根据系统负荷的峰谷特性, 在负荷低谷期储存多余的发电量, 在负荷高峰期释放出电池中储存的能量, 从而减少电网负荷的峰谷差, 降低电网的供电负担, 实现电网的削峰填谷。同时利用峰谷差价, 提高电能利用的经济性; 其三、不中断供电 电网故障情况下, 储能可以独立为重要负荷不中断供电, 保证其安全运行。储能也可作为微电网的组网单元, 提供微电网的电压和频率支撑, 实现微电网模式切换过程的快速能量缓冲, 保证微电网的平滑切换。其四、辅助服务 储能集中配置在光伏电站、风电场出口及输电系统中的结构, 各主要单元间通过网络进行信息交互, 专用的远程测量单元实时监测耦合节点信息, 监控系统对电源和储能进行协调控制, 并可接受上级电网调度系统的指令运行。

储能逆变器的主要功能和性能指标。功率平抑主动控制方式, 适于间歇式能源输出功率短时波动平抑; 功率平抑被动控制方式, 接受电网调度系统控制, 参与电网的削峰填谷; 充放电一体化设计, 可根据储能元件的特性选择充放电策略(如恒流充放电、恒功率充放电、自动充放电等); 并网运行, 无功自动或调度补偿功能, 低电压穿越功能; 离网运行: 独立供电, 电压和频率可调; 多机并联组合供电, 多机间功率可自动分配; 具备以太网、CAN 和 RS485 接口, 提供开放式的通讯规约, 便于 BMS(电池管理系统) 和监控系统间的信息交互; 完备的保护功能, 在各种故障情况下能保护变流器及储能元件的安全。

## 2.2 HUB 是何含义?

计算机网络中连接多个计算机或其他设备, 是对网络进行集中管理的最小单元。英文 Hub 就是中心的意思, 像树的主干一样, 它是各分支的汇集点。HUB 是一个共享设备, 主要提供信号放大和中转的功能, 它把一个端口接收的所有信号向所有端口分发出去。一些集线器在分发之前将弱信号加强后重新发出, 一些集线器则排列信号的时序

以提供所有端口间的同步数据, 故 HUB 也是集线器, 是集中多条通讯线缆的装置。

## 3 智能自发自用储能系统与孤岛系统的架构与特征

智能自发自用储能系统(或称智能户用太阳能发电系统)架构: 储能逆变器、并网逆变器及电池系统和电网, 适用于有电网连接的场合, 根据设计要求也可配备应急发电机。可能有几种不同的配置, 当电网供电时, 通过双向逆变器把并网逆变器连接到电网, 如电网中断, 并网逆变器会连接到逆变器输出端, 逆变器取代电网平衡负载和并网逆变器的匹配, 负载电力的短缺通过电池放电由逆变器来补充, 多余的电力用来对电池充电, 当电池充满后, 多余的电力可以反馈回电网。当 PV 电力不足时, 由逆变器从电池逆变或电网提供额外的电力, 在电网故障时, 由电池逆变产生电力对负载供电。系统设计要求尽可能少用电网。当今已有几种典型配置系统如 HUB1 与 HUB2 及 HUB3 等可以实现这样的功能。

### \* 智能自发自用储能 HUB1 系统组成与运行特性

什么是 HUB1 系统? 当电池充满后, 控制器以最大功率发电, 把电力直接送到直流端, 双向逆变器持续与控制器通讯, 直流电力通过逆变器对交流负载供电, 多余的电力通过双向逆变器送回电网。图 1 为 智能自发自用储能 HUB1 系统构建框图

HUB1 系统组成: 由双向逆变器或多个逆变器并联、充电控制器、电池, 最好为管式 OPzS- 或 OPzV 铅酸电池或锂电池等组成, 并设置双向逆变器工作在 HUB1 助手程序模式等。

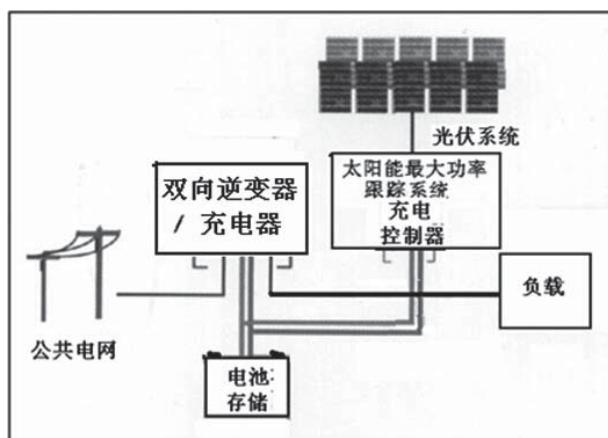


图 1 智能自发自用储能 HUB1 系统构建框图

HUB1 系统运行 :当电池充满后 , 充电控制器通常降低充电电流 , 否则电池会过充 , 这样太阳能电力会浪费。在离网系统 , 可以启动水泵、加热器等其他负载来使用这些多余的电力。在电力上网有补贴的国家 , 最好可以持续以最大功率发电 , 多余的电力可以通过双向逆变器上网。这就是我们所说的 HUB1 系统。

#### \* 智能自发自用储能 HUB2 系统组成与运行特性

什么是 HUB2 系统 ? HUB2 系统是应用电池组、双向逆变器的系统增加 PV 系统的自发自用特性 , 例如 , 典型的家庭居民白天在外工作 : 不是直接在白天把太阳能反馈到电网 , 晚上从电网用电 , 而是多余的电力储存在电池中 , 晚上再从电池放电供家庭用电。与离网系统不同的是 , 该系统可以把多余的能源送回电网。图 2 为智能自发自用储能 HUB2 系统构建框图。

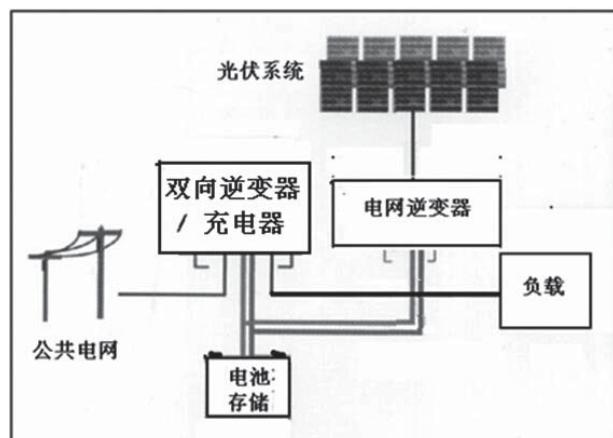


图 2 智能自发自用储能 HUB2 系统构建框图

HUB2 系统组成 : 由双向逆变器或多个逆变器并联、 PV 并网逆变器 , 最好是能通过调整输出频率改变输出功率。电池 , 最好为管式 OPzs 或 OPzv 铅酸电池或锂电池等组成 , 并设置双向逆变器工作于 HUB2 助手程序模式。

#### \* 智能自发自用储能 HUB3 系统特征

HUB3 系统组成 : 逆变器或多个逆变器并联 ;PV 并网逆变器 , 最好是通过调整输出频率可改变输出功率 ; 电池 , 最好为管式 OPzS 或 OPzV 铅酸电池或锂电池等组成 , 并设置的助手只工作于没有其他充电设备或负载直接连接到电池时的情况。

HUB3 工作运行解析 : 逆变充电器可管理 PV 系统的电力和电池电力的运行 , 该功能可通过智能的软件设置来完成对特定环境的用户需求。通常在下面几种情形下获得应用 :

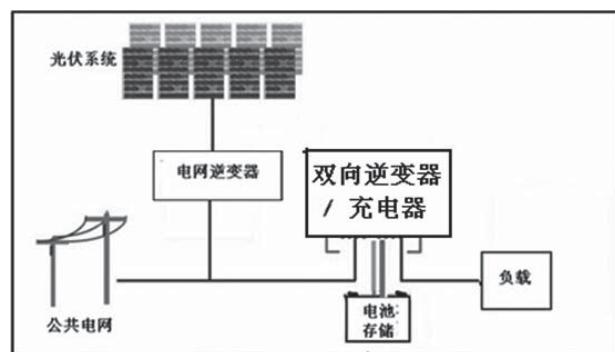


图 3 智能自发自用储能 HUB3 系统构建框图

其一、当 PV 电力足够供负载需求时 :PV 电力产生的电力多于负载的电力需求 , 多余的太阳能电力用于对电池充电 , 不能被电池吸收的电力 ( 电池充满或已用最大电流充电 ) 则反馈回电网。其二、当 PV 电力不够供负载需求时 : 有限的电力不足以由电网提供 , 较多的不足电力由电池提供。其三、当夜晚 , 无太阳能电力时 : 经过几天的 PV 电力的监测 , 逆变器内部时钟将与白天 / 夜晚的周期同步 , 逆变器将与电网切断 , 由电池来对负载供电。电网将保持切断状态 , 直到下面两种情形发生 : 第一种 , 有电流对电池充电 , 说明白天来临 , PV 电力对负载供电 , 多余电力对电池充电 , 这时逆变器恢复与电网连接 ; 第二种 , 电池已放电到预设的电池状态或电池电压 , 逆变器恢复与电网连接 , 切换到备用状态 , 不从电网对电池充电或从电池逆变对负载供电 , 当 PV 电力可用时 , 开始用多余电力对电池充电 , 并保持逆变器在只充电模式 , 直到达到预设的电压值 , 注意 , 电池电压下降可能由大的 AC 负载引起。其四、当一天周期的能源平衡时 : 一天 24 小时的用电情况 , 在晚上负载较轻 , 由电池供电 , 直到电池状态低 , 这时逆变器连接到电网 , 对所有负载供电但不对电池充电 , 当白天阳光照在 PV 板上 , PV 开始对负载供电 , 同时对电池充电 , 直到电池充满 , 多余的电力送往电网 , 当夜晚来临 , PV 逆变器关闭 , 双向逆变器在内部时钟的控制下转到夜晚工作模式 内部时钟避免了由于多云天气遮挡太阳而引起的错误切换 , 切断电网连接 , 转到电池工作模式。

#### \* 孤岛系统架构与特征

孤岛系统由双向逆变器、并网逆变器、电池系统和应急发电机组成。它适用于无电网连接的场合 , 通常备有应急发电机作为长期阴雨天气下的备用电源。该系统在阳光充足时 , 通过并网逆变器直接对交流负载供电 , 多余的电

力对电池组充电，可调整充电电压和电流，避免电池过充，充满后，可减少或停止并网逆变器的电力输出。在长期阴雨天气等太阳能电力不足时，可自动启动应急发电机对负载供电，同时对电池充电。

目前国内已安装了成千上万个离网和孤岛系统，其设计功率已有从几百瓦到 90kW 的系统，这些系统已有全部的系统设备部件。

### 3 控制逆变一体机是趋势

应该说，为弥补 PV 系统应用中的缺失，除了上述应用智能自发自用储能系统新配置（如 VICTRON 公司产的系列化 HBUxxx 系统就是一典例），从 PV 系统内部作结构性的改进也是重要的一步，而其中将控制与逆变为一体机的设计已成为新的趋势。为此从基本架构的特征为重点作说明。

控制逆变一体机的一体式太阳能供电方案结合了 MPPT 太阳能控制器、逆变充电器和交流配电一个箱体中，易于安装，布线极少；而太阳能控制器最多 3 组太阳能 PV 板可连接到接口；而 MPPT 控制器和逆变器共用电池线，电池组可用太阳能或交流市电（发电机）充电；而交流配电：可包括一个 RCD(30mA/s16A) 和四个分别是 2 个 10A 和 2

个 16A 的断路器，一个 16A 输出由 AC 输入控制，只是在有交流输入时才打开；电力辅助：提高电网和发电机的电力供应，当电网电力不足时，可以从电池逆变电力提供额外的负载电力（开网功能）；独特的太阳能应用软件：工厂预设的软件程序可以针对各种离网或并网应用编程。

而基于上述架构特征的 ESS 系列单相离网太阳能控制逆变一体机就是一实用典例。为此作说明。

ESS 系列单相离网太阳能控制逆变一体机采用充电控制器、逆变器和变压器隔离集成一体化设计。太阳能控制器采用 MPPT 控制算法和智能电池管理设计，智能高效，温度补偿功能，系统效率达 92%，LCD 图文显示+LED 状态指示；逆变器纯正弦波输出，工频变压器隔离，保证交流输出安全稳定可靠，适用于各种用电器。系统支持市电/柴油发电机交流输入（可选），对原柴油发电机供电场所，油机可以利旧使用，节约初始投资和运维成本；完善的保护功能，环境适应能力强，带交流旁路输入。图 4 为单相离网太阳能控制逆变一体机构建框图。

该系列一体机中的控制器采用模块化设计，可灵活配置，逆变器输出功率有 10kVA, 15kVA, 20kVA 三个功率，可为无市电供给的偏远山区、牧区、海岛和通讯基站提供电力供应。为帮助用户创造最佳的社会、经济和环境效益。



图 4 单相离网太阳能控制逆变一体机构建框图