

# 向光伏系统添加储能的四大设计注意事项



**Jayanth Rangaraju**

系统经理  
电网基础设施  
德州仪器 (TI)

**TI POWER**

# 白天, 太阳能非常充足, 但电流需求较低。供需平衡需求将促使光伏系统快速整合储能系统。

尽管光伏 (PV) 装置持续增加, 但太阳能电网供需不平衡的限制性已日益凸现。中午前后太阳能极为充足, 但这时需求不高, 这意味着消费者在早晚使用高峰时, 每瓦要支付更高的成本。

用于住宅、商业和公用事业太阳能装置的储能系统 (ESS) 支持逆变器储存白天收集的能量, 或者在需求较低时从电网获取电能, 在需求较高时提供这些储存的能量。通过向太阳能并网系统添加 ESS, 用户可以通过“削峰填谷”的方式降低成本。

在本白皮书中, 我将探讨并网太阳能装置集成储能系统的设计注意事项。

## 内容概览

本文介绍了向太阳能电网添加储能系统时的设计挑战:



### 1 双向功率转换

高级双向电源拓扑可在电网、光伏阵列和电池管理系统之间实现安全高效的功率传输。



### 2 高电压电池

以前使用 48V 电池组的太阳能装置正在采用 400V 电池组, 因此需要电压更高的电池。



### 3 时尚的储能系统设计

为了实现时尚的设计, 工程师需要设计自然对流冷却最小的热优化系统。



### 4 电流和电压感应

在准确感应电流和电压方面, 开关频率较高的系统具有几个设计注意事项。

## 双向功率转换

常规的太阳能装置包括单向直流/交流和直流/直流功率级, 但是单向方法使 ESS 集成面临主要障碍: 它需要更多的元件、模块和子系统, 所有这些都显著增加了向现有的太阳能装置中添加 ESS 的成本。

要向现有的太阳能装置添加储能系统, 需要将电池充电和放电两条路径合并为一条包含功率因数校正 (PFC) 和逆变器功率级的路径。但是, 如何用双向功率转换器取代两个单向转换器呢?

高级**双向电源拓扑**(如下页图1所示)可在电网、光伏阵列和电池管理系统中实现安全高效的电力传输。诸如 **C2000™** 实时 MCU 之类的微控制器 (MCU) 广泛用于此类电源拓扑。这些控制器可以控制一个或多个功率级, 从而为具有 ESS 的光伏逆变器实现数字控制的双向功率转换架构。MCU 控制可为处理直流/交流和直流/直流转换的功率开关提供更复杂的脉宽调制 (PWM) 方案。

混合逆变器可帮助转换级实现更高的效率, 由于会进行多次功率转换, 这在集成 ESS 的微电网中变得越来越重要。电源转换器系统可通过直流/直流转换来对电池充放电, 也可以进行直流/交流和交流/直流转换, 这些操作可将储存在电池中的直流电源转换为交流, 从而将其馈入电网或反之。

## 高电压电池

在集成储能的微电网系统中, 电池的主要功能是储存光伏能量, 并在需要时向电网注入能量。锂离子电池组比铅酸电池组具有更高的储能密度。

随着 400V 电池组在电动汽车 (EV) 领域变得越来越普遍, 太阳能电网装置中的电池电压也在不断增加, 超过 48V 电池组。但是, 如何管理 400V 电池组的功率转换呢?

除了提供系统控制和通信以帮助 ESS 集成到大型系统中的 MCU 外, 低损耗和高效率的功率开关也会使储能系统安全可靠。基于碳化硅 (SiC) 和氮化镓

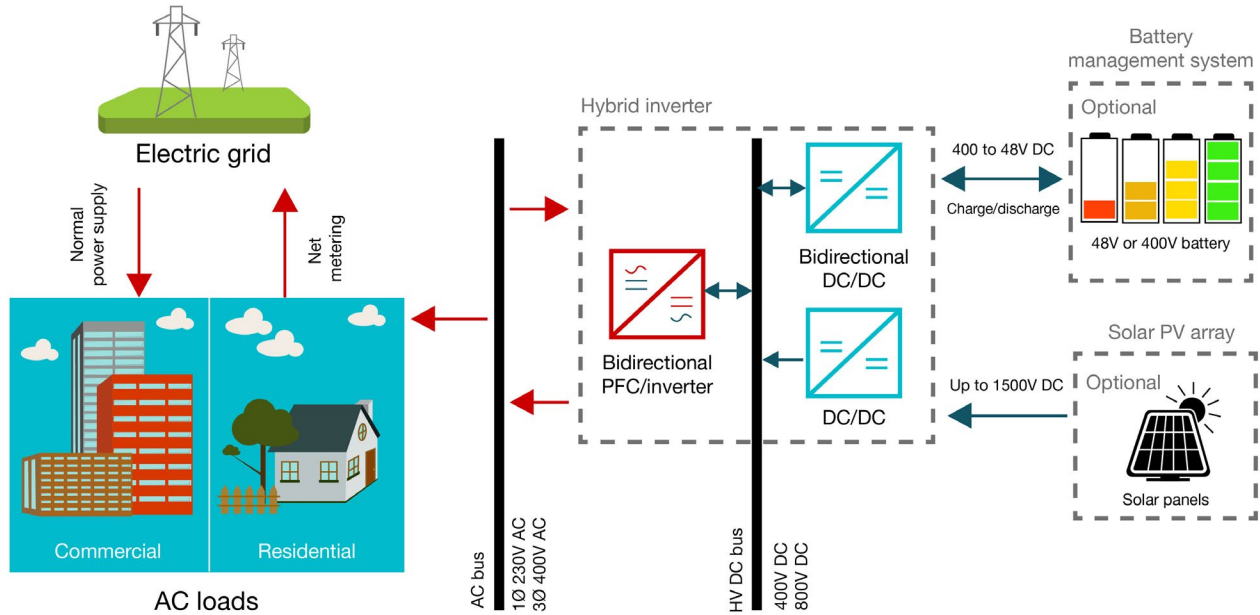


图 1.双向 PFC和逆变器级的方框图

(GaN) 材料的紧凑型电源开关, 以及实时控制 MCU, 有助于确保双向转换器的适用性, 使其可以与各种直流储能单元一起工作。如下页图 2 所示。

随着电池电压的升高, 对于转换器更高功率密度, 更低开关损耗的要求, 宽带隙半导体器件, 例如 SiC 和 GaN, 将扮演越来越重要的角色。功率转换系统还可以帮助电池组更好地管理分布式发电系统中的功率波动, 并使电网在更高和更宽的电压范围内实现智能、弹性运行。

最终, 太阳能装置可能会模仿电动汽车使用的电池组。越来越多的人认为, 电动汽车当前使用的电池组将作为并网 ESS 回收再利用。

## 用于提高效率和实现自然对流的宽带隙材料

为了打造时尚的壁挂式储能系统, 必须确保对逆变器设计进行热优化, 使自然对流冷却最小。分布式电源架构可将热量分散在整个系统中。此类架构还使储能

逆变器支持不同电压下的高电流水平, 并能够对快速变化的负载提供可靠的瞬态响应。

这种系统将需要栅极驱动器, 该驱动器可支持快速开关并在 100kHz 至 400kHz 的开关频率下提供保护。如果开关速度不够快, 那么功率转换级可能会产生巨大的效率损失。

这正是宽带隙材料 (例如 SiC 和 GaN) 的用武之地, 它可提供更快的开关速度和更高的功率密度。这些半导体器件有助于设计无需风扇冷却的系统。[LMG3425R030](#) 是一款 GaN 器件, 具有集成驱动器和保护特性, 可提供紧凑的外形尺寸、更高的功率密度和更快的开关性能。

栅极驱动器将来自控制器的数字 PWM 信号转换为 SiC 或 GaN 场效应晶体管所需的电流。基于 PWM 的控制器可确保在多个功率转换级准确地采样电压和电流。

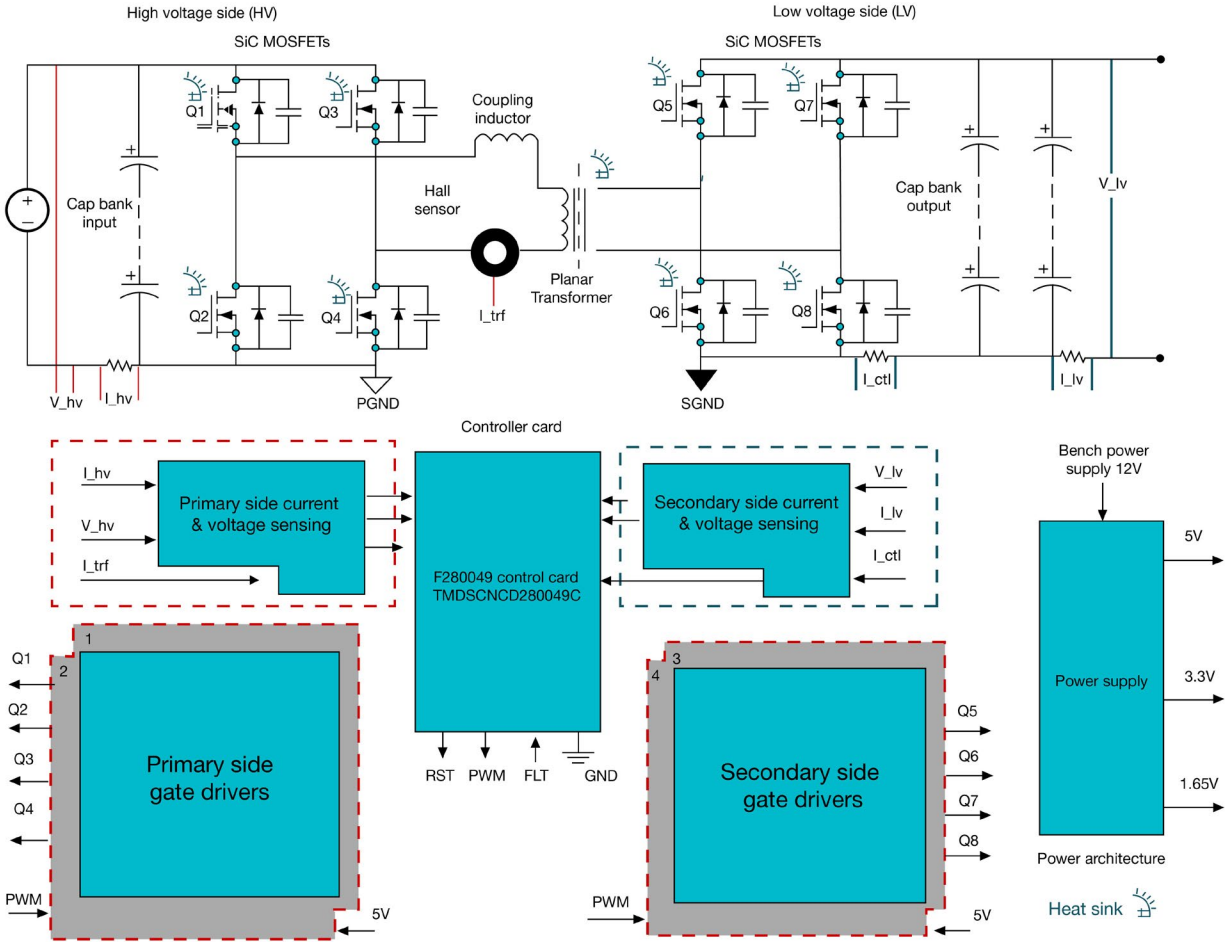


图 2. 双向有源电桥直流/直流转换器设计有助于实现双向运行, 从而支持电池充电和放电应用

### 使用 C2000 MCU 的双向高密度 GaN CCM 图腾柱

**PFC 参考设计** 包括一个双向图腾柱无桥 PFC 功率级, 它采用 C2000 实时 MCU 和具有集成驱动器和保护特性的 **LMG3410R070** GaN FET (图 3)。3kW 双向设计可利用切相和自适应死区时间提高效率, 并借助非线性电压环降低 PFC 模式下的瞬态电压尖峰。

### 电流和电压感应

高频开关的电源设计面临精确感应电流和电压的挑战。基于分流器的电流测量不仅更准确, 而且还提供更快的响应时间, 从而对电网中的任何变化做出快速反应, 并在发生短路或电网连接丢失的情况下关闭系统。以逆变器为中心的设计包含电流测量, 因为控制算法需要通过电流感应进行控制。针对隔离型电流测量, 可采用具有外部分流器和隔离放大器或调制器和

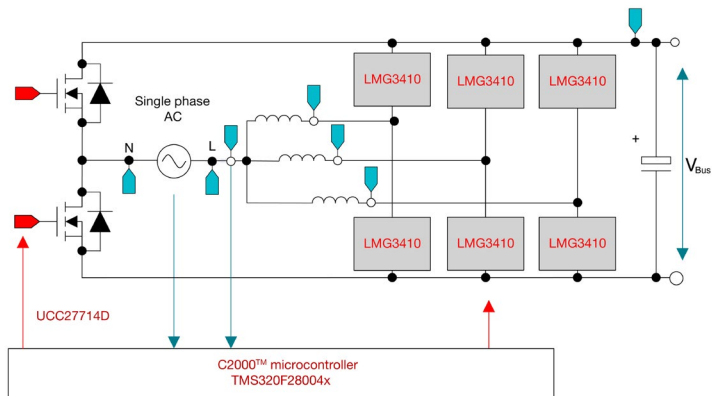


图 3. GaN CCM 图腾柱参考设计采用数字控制, 使用 C2000 实时 MCU 和具有集成式栅极驱动器和保护特性的快速开关 GaN 器件

电源的设计解决方案。例如, [10kW 双向三相 三电平 \(T 型\) 逆变器和 PFC 参考设计](#)采用 AMC1306 隔离调制器进行负载电流监测。[AMC3306](#) 是一款具有集成直流/直流转换器的新一代隔离式调制器, 能实现单电源运行。

对于使用较高电压的逆变器驱动应用中需要跨不同电压域传输数据的任何数字信号, 可以使用隔离器件来克服电压限制。诸如 [ISO7741](#) 之类的数字隔离器支持高频信号跨越电源边界, 同时保护低压数字电路免受高压域的影响。

电源转换器必须测量电网电流, 才能确保电流与电压同相。电流和电压测量还可控制电池充电电流, 确保逆变器可靠运行并提供过载保护。

## 结束语

提供双向交流/直流和直流/直流电源转换的混合逆变器可能会在几年内取代传统的光伏逆变器。混合逆变器支持光伏逆变器设计人员在各种输出功率和电压下实现功率转换。

对于储能型光伏逆变器, 具有更高且更宽的电池电压范围很重要。鉴于对高效率和自然对流的需求, 基本构建块 (例如基于 MCU 的控制和具有集成栅极驱动器 and 保护特性的宽带隙半导体) 可以适应上述更高和更宽的电池电压范围。

C2000 实时 MCU 和 LMG3425R030 GaN 器件能够处理储能型太阳能电网中的双向能量传输。同样, 基于分流器的电流和电压感应可以确保高电压电池和快速开关电源转换器安全可靠地工作。

**重要声明:** 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。TI 建议用户在下订单前查阅全面的全新产品与服务信息。TI 对应用帮助、客户应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不承担任何责任。有关任何其他公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的批准、担保或认可。

C2000 是德州仪器 (TI) 的商标。所有其它商标均是其各自所有者的财产。

## 重要声明和免责声明

TI 提供技术和可靠性数据 (包括数据表)、设计资源 (包括参考设计)、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源, 不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保, 包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任: (1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品, (2) 设计、验证并测试您的应用, (3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。这些资源如有变更, 恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务, TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款 (<https://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com.cn](https://www.ti.com.cn) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼, 邮政编码: 200122  
Copyright © 2021 德州仪器半导体技术 (上海) 有限公司