

提升电池储能系统效率的碳化硅解决方案

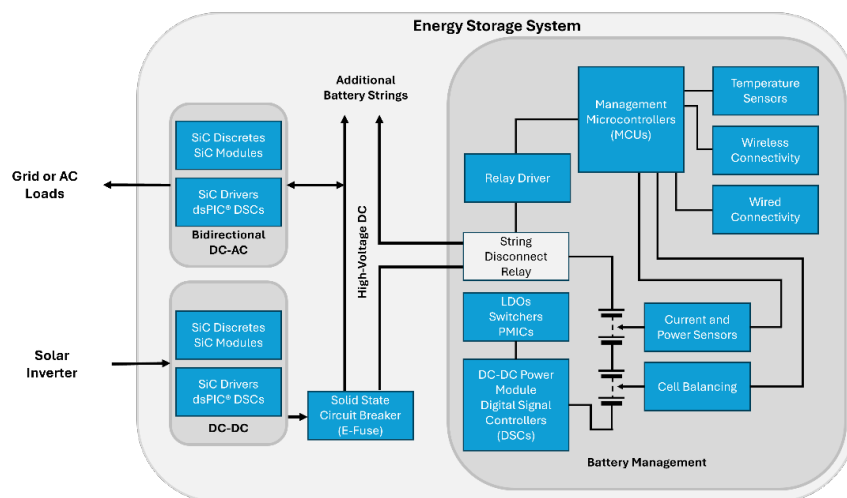
Microchip Technology Inc.

资深数字营销专家

Kevin Dykyj

在现代电力系统快速发展的背景下，能源储能系统（ESS）在保障可靠性、效率和可持续性方面发挥着至关重要的作用。然而，设计高效的储能系统面临诸多挑战，包括成本管理、技术性能优化以及应对监管和环境方面的考量。

碳化硅（SiC）作为电力电子领域的革命性技术，能够帮助解决储能系统设计中的许多难题。凭借其卓越的性能，碳化硅相较于传统的硅（Si）材料具有显著优势，为储能系统带来更高的安全性、效率和整体性能。在本文中，我们将探讨碳化硅如何应对储能系统设计中的关键挑战，以及我们的创新解决方案如何帮助电力系统设计人员顺利将碳化硅集成到下一个项目中。



什么是能源储能系统？

能源储能是指在某一时刻捕获产生的能量，以便在以后使用，从而平衡能源的需求与生产。储能过程将难以储存的能量形式转化为更便于或更经济储存的形式。

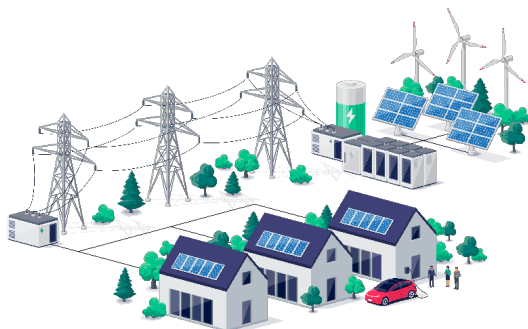
电池储能系统（BESS）是一种利用电池阵列储存电能以备后用的能源储能系统，在现代电力系统中提升了可靠性、效率和可持续性。其关键组成部分包括电池、功率转换系统（PCS）、能源管理系统（EMS）以及辅助系统。电池（如锂离子电池或铅酸电池）用于储存能量，而功率转换系统则根据需要在直流（DC）和交流（AC）之间转换能量。

核心组件包括：

- 电池
- 功率转换系统（PCS）
- 能源管理系统（EMS）
- 各类其他辅助系统

电池储能系统（BESS）在用电需求低或发电量高的时段捕获多余的能量，并将交流电（AC）转换为直流电（DC）进行储存。能源管理系统（EMS）负责监控电池健康状况并优化储能过程。当用电需求超过供给时，BESS 会释放储存的能量，将直流电（DC）重新转换为交流电（AC），以平衡供需。

电池储能系统（BESS）可为电网提供削峰填谷、负载平衡以及停电时的备用电源等服务。能源管理系统（EMS）通过实时数据与控制，确保系统高效运行，延长电池寿命，并最大化经济效益。BESS 对于可再生能源的接入至关重要，能够平滑发电波动，实现能量的时移，从而支持电网的稳定与可持续发展。总之，BESS 在能源管理、电网稳定以及可再生能源整合方面具有不可或缺的重要作用。



BESS 电力系统的挑战

经济可行性

BESS 的经济因素是一大难题。其初始资本成本较高，包括电池、功率转换系统以及安装的费用。高品质电池由于原材料和制造工艺的成本，价格尤为昂贵。此外，在系统生命周期内，运营成本（如持续的维护、管理以及可能的电池更换）也可能相当可观。

要确保经济可行性，需要进行全面的分析，以证明投资回报。诸如削峰填谷、负载平衡以及参与电力市场等机制，必须经过精心规划，才能合理化高昂的初始和运营支出。

技术性能与可靠性

选择具有高能量密度和高效率的技术至关重要。然而，电池在充放电循环过程中会因化学反应而逐渐衰减。确保长期可靠性需要有效管理这种衰减，并采取延长电池寿命的策略。与现有电网的无缝集成则需要强大的工程解决方案，以管理电能质量并确保与电网标准的兼容性。

法规与环境考量

遵守安全标准、电网并网要求以及环境法规是必不可少的。电池在生产、运行和处置过程中可能对环境造成显著影响。安全方面的关注，尤其是热管理和化学稳定性问题，需要配备先进的监测系统和应急预案，以降低相关风险。

碳化硅在储能系统设计中的优势

双向功率流与高效率

与传统的硅（Si）或绝缘栅双极型晶体管（IGBT）技术相比，碳化硅（SiC）MOSFET 的一个关键优势在于其能够在第一象限和第三象限导通，实现真正双向功率流。这对于现代储能系统（ESS）应用至关重要，尤其是在如图腾柱或半桥等先进拓扑结构中，这些结构依赖于低损耗的双向运行。

SiC 器件具有低二极管反向恢复电荷，这是在高频开关过程中降低损耗的关键特性。这使得 SiC 在效率方面优于基于硅的 MOSFET 和 IGBT，因为后者的反向恢复损耗更高，在此类拓扑结构中会导致效率降低。例如，硅超结（SJ）器件由于反向恢复损耗较高，不适合用于图腾柱拓扑结构，会影响系统效率。

IGBT 配备反并联二极管也能实现双向功率流，但在反向时只能以非受控整流模式工作，导致功率因数较差和谐波较高。相比之下，SiC MOSFET 能够实现受控且高效的双向运行，从而提升系统整体性能。

欧姆导通损耗特性

在储能系统（ESS）常见的部分负载工况下，SiC MOSFET 的欧姆导通损耗显著低于 IGBT。这一特性尤为重要，因为储能系统经常在部分负载下运行，而 IGBT 由于其双极型导通特性，在此情况下会产生更高的导通损耗。在 ESS 的整个生命周期内，这些效率提升将带来可观的能量节省，从而有效抵消 SiC 器件较高的初始成本。对于电动汽车（EV）应用而言，这种效率提升还能延长电池续航时间，使 SiC 成为牵引逆变器的热门选择。

紧凑且具成本效益的设计

SiC 器件能够在更高的开关频率下工作，从而允许使用更小型的无源元件，如电感和电容。再加上由于热损耗降低而减少的散热需求，这使得系统设计更加紧凑且具成本效益。虽然 SiC 元件的初始价格较高，但在辅助元件成本节省和系统全生命周期内能效提升的作用下，这一溢价往往能够被抵消。



集成 SiC 的工具与解决方案

如果您此前没有接触过 SiC，刚开始相关设计项目时，可能会感到好奇、兴奋，甚至有些担忧。我们为您提供了一整套集成碳化硅到储能系统设计中的工具和解决方案。

为了便于 SiC 在 ESS 设计中的集成，我们提供多种设计与开发工具。这些工具包括先进的设计软件和仿真工具，如我们的 [MPLAB® SiC 电源模拟器](#)，工程师可在实施前对系统进行建模和优化。此外，我们的[评估板和参考设计](#)为开发基于 SiC 的解决方案提供了实用的起点，简化了设计流程并缩短了产品上市时间。

我们还通过丰富的[技术资源和支持服务](#)为您保驾护航。这包括 FET 和 SBD 的 SPICE 和 PLECS 模型、详尽的应用笔记、信息丰富的网络研讨会以及专属客户支持，帮助您解决设计和实施过程中遇到的各种挑战。这些全面的工具和资源，将为您开发下一代尖端 SiC 储能系统提供有力支持和价值。

总结

采用碳化硅（SiC）器件进行储能系统设计带来了诸多优势，包括显著的成本节约、卓越的技术性能以及强有力的法规合规性。SiC 器件通过降低散热需求和减小无源元件尺寸，降低了整体系统成本；其优异的效率则减少了运营支出并延长了系统寿命。SiC 元件提升的能量密度、耐用性和可靠性也进一步增强了其吸引力。SiC 的高开关频率和强大的功率处理能力确保了与电网的无缝集成，能够满足严格的安全和性能标准。

我们鼓励电力系统设计人员在下一个储能系统项目中考虑采用 SiC，以充分利用这些优势。通过集成 SiC，您可以实现更高效、更可靠且更具成本效益的储能解决方案，满足现代电网的需求。

欢迎您探索我们丰富的 [mSiC™产品与解决方案](#)。我们提供全面的 MOSFET、二极管和模块产品组合，以及先进的设计软件、评估板和技术支持，助您轻松、高效、自信地采用 SiC 技术。