

# 碳化硅器件在光伏功率变换器中应用

李冬黎 博士/芯塔电子

碳化硅功率器件凭借其低损耗、高工作频率、高热导率、高阻断电压等优势，可以有效的提供光伏变换器的转换效率，降低能耗，提高功率密度。碳化硅器件优势可以促使光伏变换器技术更新换代的一个截然不同的水平。

光伏系统分隔离型和非隔离型。非隔离型光伏系统在体积、成本和效率上均比隔离型系统具有更大的优势。因此目前商用光伏系统中多以非隔离系统为主。从功率变化级数而言，光伏系统可分为单级式和多级式。单级式需要在一个环节中实现 MPPT 控制和并网，硬件设计和控制都很困难。因此目前商用光伏系统中以多级式为主，尤其两级式光伏系统。前级 DC/DC 变换器对光伏板输出电压进行升压，并实现 MPPT 功能，后级 DC/AC 实现逆变并网。商用光伏中应用最多的两级非隔离系统如图 1 所示。光伏电池的输出电压一般是低于 50V。为了增加光伏电池电压和输出电流容量，通常将若干光伏电池串并联使用。

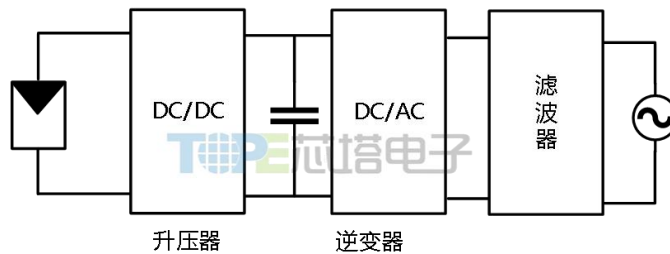
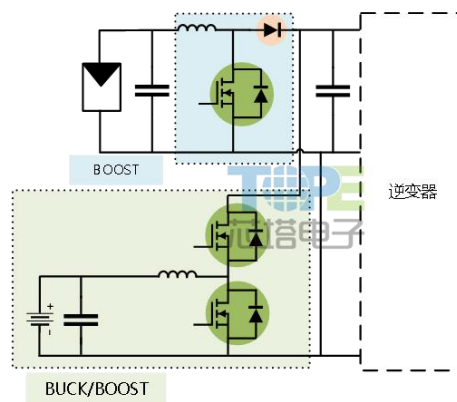


图 1 两级式光伏系统

## 1、DC/DC 功率变换器

光伏领域的 DC/DC 功率变换器用得最多拓扑就是 BOOST。如图 2 所示，BOOST 电路实现光伏电池升压和 MPPT 功能。根据光伏系统功率大小，实际中可以一路或者多路 BOOST 并联使用。

如果来实现太阳能的线下储能功能，可以通过 BUCK-BOOST 变换器挂上电池系统。BUCK-BOOST 可以实现能量双向流动，既可以在用电低峰期间给电池充电，也可以在用电高峰期由电池给负载（逆变器）供电，实现光伏系统供电的削峰填谷。



- SiC MOSEET:TM1GXX120K
- SiC SBD:TDXX120X

图 2 BOOST 和 BUCK-BOOST 拓扑

## 2、光伏逆变器

对于小功率逆变器 ( $\leq 4\text{kW}$ ) 光伏逆变器, 单相 H4 变换器是主流拓扑; 对于中等功率 (4-10kW) 光伏变频器, 单相 HERIC 变换器是主流的拓扑方案, H6 拓扑也有在使用。对于高功率光伏逆变器, 目前主流电路拓扑也是 I 型三电平或者 T 型三电平, 而两电平逆变器很少使用。碳化硅器件的出现, 将会改变逆变器拓扑在市场上的格局。

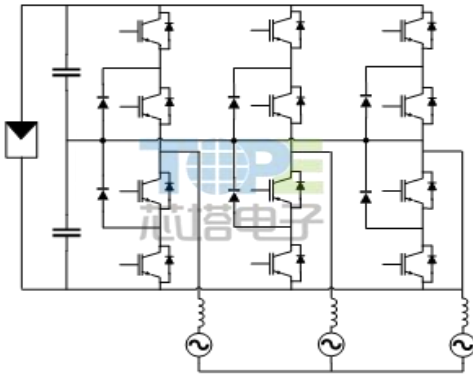


图3 Si 基 IGBT I 型三电平逆变器拓图

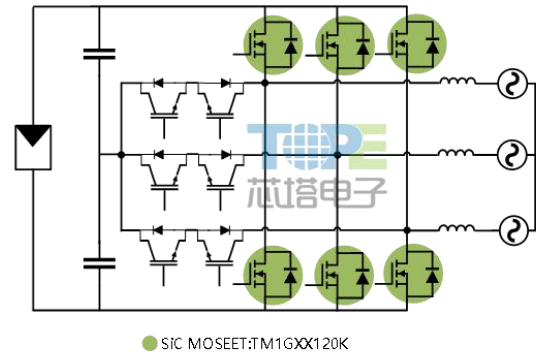


图4 SiC/Si 基 T 型三电平逆变器拓扑

在图 4 所示 T 型三电平电路中, 为了平衡成本和性能, 低电压应力的中点钳位功率器件使用 Si IGBT, 高电压应力的桥臂功率器件使用 SiC MOSFET。这使得高压桥臂的功率器件损耗大大减低, T 型三电平逆变器最高工作频率随之提高。

同样, 碳化硅器件的提升了两电平拓扑的优势。开关频率提高, 减小了滤波器尺寸和输入侧直流母线的电容。甚至可以用小容值的薄膜电容取代大容值的电解电容, 克服电解电容寿命短的问题。碳化硅器件的低损耗和耐高温性能优势使得散热器的尺寸明显减小。碳化硅 MOSFET 可以提高工作频率以减小电流纹波, 减小滤波器尺寸。

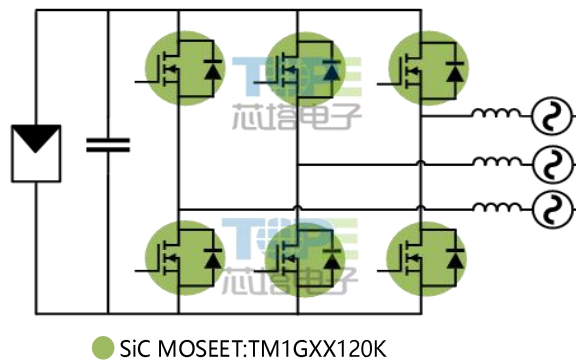


图5 SiC 基两电平逆变器拓扑

Si 基 IGBT 的 I 型三电平, SiC/Si 基 T 型三电平和 SiC 基两电平的主要技术性能对比如表 1 所示。

以 25kVA 光伏逆变器为例, SiC 基两电平 (开关频率 50kHz) 的成本比 SiC/Si 基 T 型三电平 (开关频率 16kHz) 降低 8.8%, 直流母线电容容值降低 70%, 输出滤波电感值降低 40%。同时因为功率器件数目大幅度减少, 热量分布更加均匀, 所以提高了整机的可靠性, 降低了电路和控制的复杂程度。

因此, 新型碳化硅功率器件的优势给两电平光伏逆变器带来整机性能和成本上的优势, 必将改变光伏逆变器的现有格局。碳化硅器件在光伏发电电能变换领域将得到更广泛的应用。

芯塔电子提供光伏系统用的各种高性能和高可靠性的碳化硅功率器件。同时, 我们对客户提供专业的应用支持, 努力为客户创造价值。让我们携手一起推动能源绿色低碳发展!

表 1 Si 基和 SiC 基构成的三相光伏逆变器对比

对比项目	Si 基 IGBT 型三电平	SiC/Si 基 T 型三电平	SiC 基两电平
开关管数量	12+6 个二极管	12	6
栅极驱动电路	12	12	6
效率	中等	高	高
体积和重量	大	中等	小
直流侧电容	大	中等	小
输出滤波器尺寸	中等	中等	小
散热器体积	大	中等	小
开关电压应力	不均衡	不均衡	均衡
脉宽调制算法	复杂	复杂	简单
开关器件功率损耗分布均衡性	不均衡	均衡	均衡



了解更多应用技术支持信息  
 请扫码关注芯塔电子公众号  
 或登录芯塔电子官网：[www.topelectronics.cn](http://www.topelectronics.cn) 查询