

# Bodo's 功率系统®

IGBT

## 通过硬件演示装置揭示IGBT5和.XT技术对系统功率密度的影响

当前，增加电源模块的功率密度和延长生命周期均受限于芯片和互连技术。“IGBT5和.XT”技术基于开发一种将实现随着寿命增加模块功率密度的解决方案的想法。  
*At present increase in power density and enhancement of lifetime of the power modules are limited by the chip and inter-connection technologies. ‘IGBT5 and .XT’ technology is based on the idea to develop a solution which will lead to an increase in the module power density along with lifetime improvement.*

作者：英飞凌科技公司Raghavan Nagarajan博士和Hubert Kerstin

这项新技术提高了电源模块的功率循环 (PC) 能力。改进的PC能力可以使用两种不同方式：首先，要提高模块的生命周期。其次，利用PC增强功能通过增加最大工作结温的手段增加功率密度。在这篇文章中，通过硬件演示装置说明了“IGBT5和.XT”技术对系统功率密度的影响。

### IGBT5和.XT——模块功率密度与生命周期权衡的关系

图1描述了功率密度与生命周期权衡三角形的关系。新的第五代模块的延长的生命周期对应于图1中的水平方向运动（沿x轴）。关于现有的解决方案，增加的模块功率密度是通过增加最大工作结温实现的。在图1中，这对应于垂直方向的运动（沿y轴）。

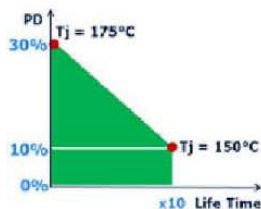


图1：在同一芯片尺寸“IGBT5和.XT”的功率密度和生命周期权衡曲线。

### 采用PrimePACK™ 封装的IGBT5和.XT

在2008年推出的PrimePACK™ 3电源模块外壳已成为兆瓦功率范围电源模块外壳的标准。由于它的成功，不言而喻新的第五代1700 V IGBT的推出将出现在PrimePACK 3+外壳中[1-4]。



图2：两个构建的演示装置堆栈的照片：(左)采用FF1400R17IP4的堆栈，(右)采用FF1800R17IP5的堆栈。

当前，在一个半桥配置中，PrimePACK 3外壳的最大可利用电流额定值是1400 A。

凭借这个新的第五代IGBT半桥模块与新的.XT互连技术的推出，模块的标称电流额定值增加到1800 A。为了实现模块电流的增加，修改了目前的PrimePACK 3封装。它现在包含两个AC母线和端子，而不是一个AC端子。PrimePACK 3封装的通用外部尺寸被保留下来，仅有很小的修改。

### 模块功率密度与系统功率密度的关系

模块的功率密度增加的百分比可能直接转换成系统功率密度。确定模块功率密度对系统功率密度影响的最好方法是构建两个演示装置，一个有现用IGBT4电源模块 (FF1400R17IP4)，另一个用新的第五代模块 (FF1800R17IP5)，并比较两者的系统功率密度。两个演示装置均构建在一个英飞凌堆栈平台上，如图2中所示。

两个演示装置之间的主要区别是FF1800R17IP5有两个输出，而不是单一AC端子。在新构建的演示装置中，额外的AC端子已被考虑到，系统的机械结构进行了相应调整。这种安排用一个圆圈明确标出，如图2（右）所示。这种机械适应可导致基于IGBT5的堆栈长度的变化，从而导致系统体积的变化。但是，应该指出，PrimePACK 3和新的PrimePACK 3+都有相同的模块占位面积（ $H \times W \times L = 38 \times 89 \times 250 \text{ mm}$ ）。

每个硬件演示装置都包含每一相有一个模块的三相逆变器。由3.6 mF DC母线电容器和演示装置的AC输出端子组成了DC母线，有三个霍尔效应电流传感器。

表1列出了开发的演示装置的重要参数。

拓扑结构	B6I
应用	驱动器逆变器和风能转换器
负载类型	电阻式、电感式
DC母线电容器	3.6 mF
散热器	水冷式
每个开关的热敏电阻到周围环境散热片 —— $R_{th,HA}$	30.2 K/kW
传感器	电流、电压、温度
IGBT驱动信号	电气
$R_{g, on}$	1.0 $\Omega$
$R_{g, off}$	0.68 $\Omega$

表1: 演示装置的重要参数。

图3描述了系统体积的变化的总结，并列于表2。

	长度[cm]	宽度[cm]	高度[cm]	系统体积 [dm <sup>3</sup> ]
基于FF1400R17IP4的堆栈	59	33.8	36.4	72.59
基于FF1800R17IP5的堆栈	61	33.8	36.4	75.05

表2: 基于FF1400R17IP4和FF1800R17IP5的堆栈的尺寸和系统体积。

为了获取在有关和典型应用条件下的系统功率密度，根据表3中列出的参数对两个堆栈进行了测试。

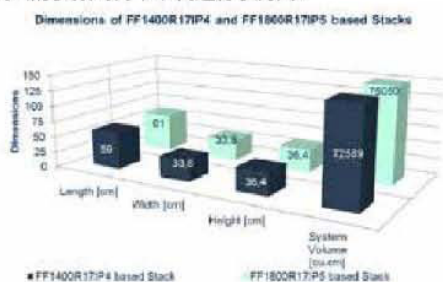


图3: FF1400R17IP4和FF1800R17IP5堆栈的尺寸。

这两个堆栈在相同输出电压和功率因数条件下进行了测试。因此，在这种情况下，系统功率密度只是与输出电流和系统体积相关。例如，如果输出电压和功率因数分别是690 V和1.0，那么系统功率密度如表4所列。

基于IGBT5的堆栈与基于IGBT4的堆栈相比，增加的系统功率密度是26.5%，如图4所示。在上面提到的工作条件下，堆栈的详细温度曲线请参阅[1]。

	输出电流[A] 每 2000 Hz	输出频率[Hz]	DC母线电压 [V]	输出到模块电 流比
基于FF1400R17IP4 的堆栈	780	50	1100	55.71%
基于FF1800R17IP5 的堆栈	1020	50	1100	56.67%

表3: 两个堆栈的测试条件。

	系统功率 [kW]	系统体积 [dm <sup>3</sup> ]	系统功率密度 [W/cm <sup>3</sup> ]
基于FF1400R17IP4 的堆栈	932.16	72.59	12.84
基于FF1800R17IP5 的堆栈	1218.98	75.05	16.24

表4: 系统功率密度的比较。

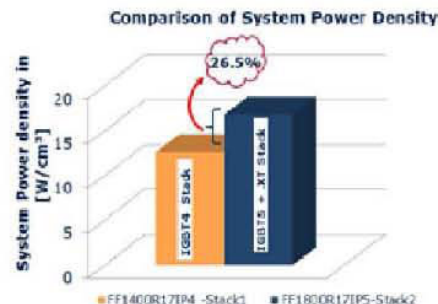


图4: IGBT4和IGBT5堆栈系统功率密度的比较。

## 结论

利用IGBT5和.XT技术增加了电源模块的功率密度和生命周期。两个演示装置的输出电流与模块电流比几乎相同，相比基于IGBT4的堆栈，基于IGBT5和.XT技术的功率堆栈实现了系统功率密度26.5%的增加，在PrimePACK™ 3和新的PrimePACK 3+封装之间没有改变模块占位面积（ $H \times W \times L = 38 \times 89 \times 250 \text{ mm}$ ）。

## 参考文献

- [1] Raghavan Nagarajan and Dirk Brieke: Aspects of increased power density with the new 5th generation IGBT demonstrated by application relevant measurements, PCIM, Nuremberg, Germany, 2015.
- [2] K. Guth et al.: New assembly and interconnects beyond sintering methods, PCIM, Nuremberg, Germany, 2010.
- [3] M. Schulz: Power Semiconductor Development, Bodo's Power Systems, February 2015.
- [4] Andre R. Stegner et al: Next generation 1700V IGBT and emitter controlled diode with .XT technology, PCIM, Nuremberg, Germany, 2014.

[www.infineon.com/PrimePACK](http://www.infineon.com/PrimePACK)