



# 功率半导体—电机逆变器的关键组件

文：Michael Ebli 博士

2020 年 7 月



前言

电机改变了世界，并将继续在各个层面改变这个世界！从能自动执行简单家用功能的小型电机，到甚至可以毫不夸张地说能移山填海的重型电机等不一而足。现在使用的电机的数量和种类非常惊人，因此，电机及其控制系统的用电量几乎占全球总用电量的一半也就不足为奇了。

对此进行进一步细分发现，全球约 30% 的电力用于驱动工业应用中的电机。[1]。按绝对值计算，到 2040 年，全球工业领域的能源消耗量预计将翻一番。随着对能源成本和有限资源的认识的提升——这其中包含环境和财务两个方面的考量，提高驱动电机用电效率的必要性变得更加突出！

低压驱动—需求和要求

在低压变频器市场细分为标准和紧凑型，应用有可分为轻型负载或重型。从驱动的角度来看，其主要区别在于，在加速期间，比如风机、泵应用中，轻型电机和控制器通常必须以 110% 的逆变器输出电流保持过载驱动（图 1）；重型电机和控制器通常需要设计成能承受以 150% 的变频器额定电流维持过载驱动。这个更高的过载电流可以支持诸如传送带加速阶段等重载工况。

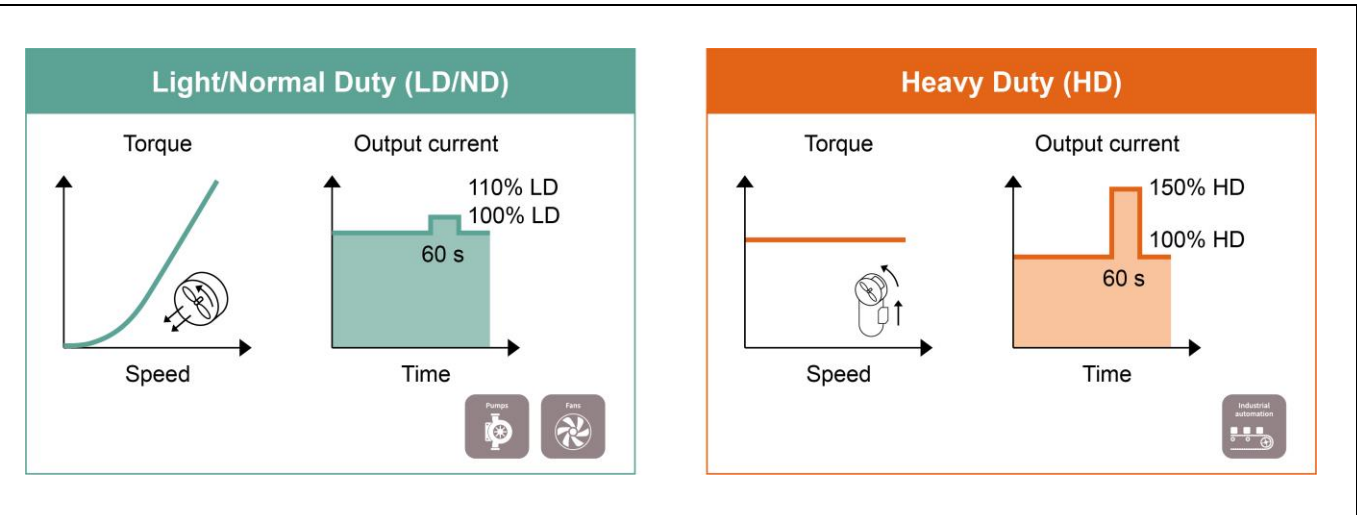


图 1 过载能力确定在 110%（轻载/正常负载）和 150%（重载）加速运行期间电流高于额定值的时间。

IGBT7 用于驱动

电机驱动系统有着独特而具体的要求，需要采用新的 IGBT 设计方法。借助相应的 IGBT 技术，就可以开发能更好地满足这些需求的模块。英飞凌为此采用了最新一代 IGBT 技术：IGBT7。在芯片层级，IGBT7 利用微沟槽栅（MPT）技术，其结构有助于大大降低正向电压并增大漂移区的电导率。对于中等开关频率的电机驱动应用，IGBT7 相比前几代产品而言，可显著降低损耗[2]。

IGBT7 相比上一代产品 ( IGBT4 ) 而言的另一项改进是续流二极管, 针对驱动应用进行了优化。现在, 发射极控制二极管 EC7 的正向电压降比 EC4 二极管的正向压降低 100 毫伏, 反向恢复软度得以进一步提升。

## 碳化硅 MOSFET 用于伺服驱动

随着自动化程度的提高, 对伺服电机的需求也有相应增长。它们能将精确的运动控制与高扭矩水平相结合, 这使其非常适合自动化和机器人技术。

英飞凌凭借其制造专长和丰富经验, 开发出一种碳化硅沟槽栅技术, 该技术比硅基 IGBT 具有更高的性能, 而且具有相当的耐用性, 譬如, 短路时间为  $2\ \mu\text{s}$  [3], 甚至达到  $3\ \mu\text{s}$  [4]。英飞凌 CoolSiC™ MOSFET 也可解决碳化硅器件固有的一些潜在问题, 如意外的电容性导通等。此外, 碳化硅 MOSFET 采用工业标准 TO247-3 封装, 而现在采用 TO247-4 封装, 具有更好的开关性能。除这些 TO 封装外, 碳化硅 MOSFET 还采用 Easy 1B 和 Easy 2B 封装。

1200 V CoolSiC™ MOSFET 的开关损耗比对应硅基的 IGBT 器件低 80%, 并且具有另一个优点, 即损耗不受温度的影响。同时, 与 IGBT7 一样, 开关性能 (  $\text{dv}/\text{dt}$  ) 也可以通过门级电阻进行控制, 从而实现更大的设计灵活性。

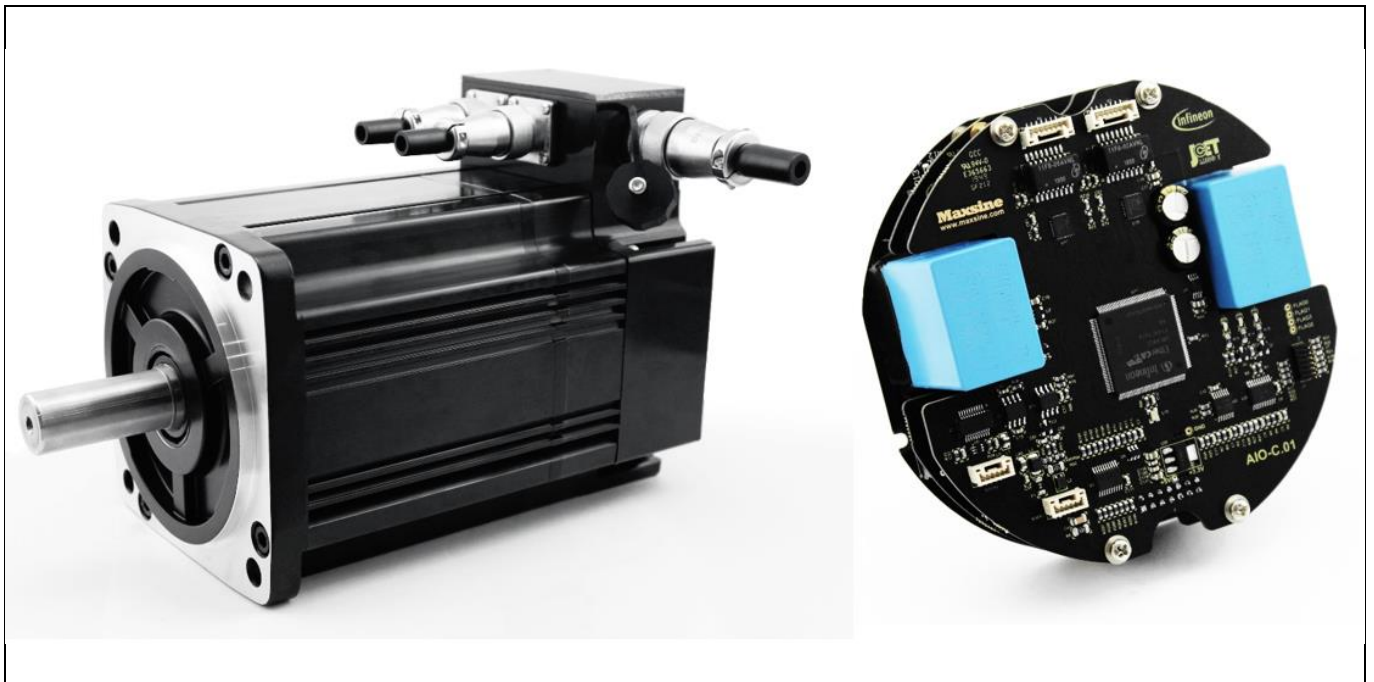


图 2 碳化硅 MOSFET 可简化逆变器结构、实现电机+驱动一体化集成[5]

因此, 采用 CoolSiC™ MOSFET 技术的驱动解决方案有助于降低恢复、导通、关断和通态损耗, 从而将损耗降低多达 50% ( 假设  $\text{dv}/\text{dt}$  相似 )。另外, CoolSiC™ MOSFET 的传导损耗也比硅基 IGBT 低, 特别是在轻载条件下。

除整体效率更高和损耗更低外，由碳化硅技术实现的更高开关频率在更加动态的控制环境下对外部伺服驱动与集成伺服驱动都有直接的好处。这主要是因为在不断变化的电机负载条件下，电机电流的响应更快。

## 全部组合到一起

在将整流器、斩波器和逆变器集成于单个模块时，在功率密度和开关效率方面具有诸多优势，而电机驱动器还需要闭环系统才能正确而高效地工作。

更具体地说，无论使用哪种开关技术，都必须有正确的门级驱动器解决方案。需要门级驱动器将用于打开和关闭开关器件的低压控制信号转换为开关本身所需的高压驱动信号。通常，控制信号来自主机处理器。由于每种开关技术在输入电容和驱动电平方面都有其独特的特性，因此必须将其与正确的门级驱动器相匹配。作为目前使用的所有功率技术的开发商和供应商，英飞凌提供用于硅基 MOSFET、硅基 IGBT、碳化硅 MOSFET 和氮化镓 HEMT 的优化的门级驱动器。

控制回路的最后一个、但同样重要的部分是传感器，该传感器提供电机与控制器之间的反馈。为此通常使用电流传感器。英飞凌开发出一种霍尔效应解决方案，不再需要铁磁集中器，从而使其结构变得更简单，干扰更少。这使它成为高度集成化伺服电机的理想选择。

XENSIV™ 系列电流传感器，如 TLI4971，为差分式霍尔电流传感器，具有高磁场范围和低偏移值。此外，它们无磁滞，具有良好的杂散场抗扰性。由于采用了无芯理念，其紧凑设计有助于实现高水平的集成。同时，超低功耗和功能隔离使其非常灵活、可靠！



## 参考文献

- [1] 网址：<https://www.globalefficiencyintel.com/new-blog/2017/infographic-energy-industrial-motor-systems>
- [2] 应用说明“TRENCHSTOP™ 1200 V IGBT7”，网址：[https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-AN\\_201814\\_Trenchstop\\_1200V\\_IGBT7-AN-v01\\_00-EN.pdf?fileId=5546d46265487f7b01656b173ddc3600](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-AN_201814_Trenchstop_1200V_IGBT7-AN-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d46265487f7b01656b173ddc3600)
- [3] 数据手册 FF45MR12W1M1\_B11 修订版 2.2，2020-03-27，网址：[https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-FF45MR12W1M1\\_B11-DataSheet-v02\\_02-EN.pdf?fileId=5546d46266f85d6301670c714a15315c](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-FF45MR12W1M1_B11-DataSheet-v02_02-EN.pdf?fileId=5546d46266f85d6301670c714a15315c)
- [4] 数据手册 IMW120R030M1H 修订版 2.1，2019-12-10，网址：[https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IMW120R030M1H-DataSheet-v02\\_01-EN.pdf?fileId=5546d46269e1c019016a92fde38b669a](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IMW120R030M1H-DataSheet-v02_01-EN.pdf?fileId=5546d46269e1c019016a92fde38b669a)
- [5] H. Weng 等，“结合采用 SiC-MOSFET 的自冷设计的集成伺服电机驱动”，*Proc. PCIM Asia*，2020 年，新闻稿

英飞凌科技股份有限公司印制  
地址：85579 Neubiberg, Germany

© 英飞凌科技股份有限公司版权所有，2019 年。  
保留所有权利。

**请注意！**  
本文仅用于提供信息之目的，在任何情况下，不得将本文件中提供的任何信息视为就我们的产品的任何功能、条件和/或质量，或产品适合任何特定用途做出的保证、担保或表述。关于我们的产品的技术规格，我们建议您参阅我司提供的相关数据表。我希望客户及其技术部门评估我司产品是否适合既定的应用。

我司有权随时修改本文件及/或本文件包含的信息。

**更多信息**  
若需获得有关我司技术、产品、产品应用、交付条款和条件，及/或价格的更多信息，请联系距离您最近的英飞凌科技办事处（[www.infineon.com](http://www.infineon.com)）。

**警告**  
由于技术要求，我们的产品可能包含有害物质。若需了解相关物质的类型，请联系距离您最近的英飞凌办事处。

除非得到由英飞凌科技授权代表签署的书面文件的明确同意，否则不得将我们的产品用于任何可威胁生命的应用，包括但不限于医疗设备、核设备、军用设备、对生命至关重要的设备，或任何其他产品失效或产品使用可导致人身伤害的应用。