

# 新型结构 IGBT 功率模块-flowPHASE 0

## Intelligent Structure of Power Modules – flowPHASE 0

泰科电子有限公司 陈道杰

Chen Daojie

**摘要:** 现在绝大多数变频器电路的设计，都是基于印制电路板（PCB）进行的。对于小功率变频器，这样的设计可以使得变频器结构更加紧凑，实现小型化设计；对于中大功率变频器，由于现有功率模块的结构特点，通用的方法是通过铜排走线，存在的问题是成本高，寄生电感大，EMI 问题严重。泰科电子（Tyco）针对这些问题，推出了基于完全 PCB 布线的 600V, 1200V IGBT 功率模块，功率范围覆盖了 15KW 到 30KW。

**关键词:** flowPHASE 0 变频器 寄生电感

**Abstract:** Since IGBT's used for frequency control of 3 phase electro motors, most motor drive applications are designed as printed circuit board (PCB) based. Power components are soldered into the system board. For low power an ideal power flow is an advantage to achieve a compact and efficient solution. For high power the power flow is decisive whether a PCB based solution is still possible or expensive alternatives have to be used. PCB integration of drive applications in the power range fro 15KW to 30KW facing the challenge of high current in the power tracks, compensation of line inductance and to achieve a reliable but simple assembly process. The key component for this approach in most instances is the power module. An intelligent structure and a reliable mechanic concept will reduce the expenditure for development and assembly.

**Key words:** flowPHASE 0 frequency inverter parasitic inductance

在中大功率变频器的设计中，IGBT 模块已经得到越来越广泛的应用。但由于现有 IGBT 模块继承了以前大功率晶闸管的结构特点，仍然采用螺栓式的连接方法。造成的问题一是寄生电感大，EMI 问题严重；二是由于必须通过铜排进行连接，成本高。

泰科电子（Tyco）针对以上问题，推出了新型结构的 IGBT 功率模块：flowPHASE 0，如图 1 所示。它是基于 Power flow 的设计理念进行设计，寄生电感小，而且非常方便布线；另外在结构设计上继续采用 Clip in 技术，使得电路板，功率模块和散热器的连接更加简单可靠。flowPHASE 0 家族的模块是半桥结构，现有产品可以覆盖变频器 15KW 到 30KW 的应用。

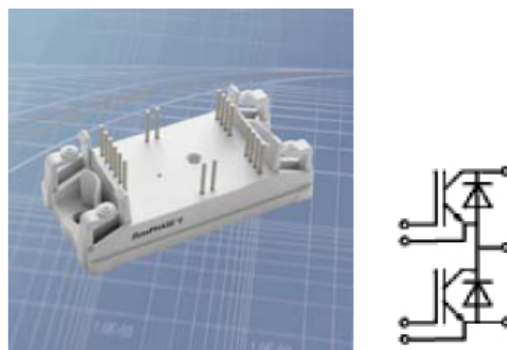


图 1 flowPHASE 0 IGBT 模块示意图

## 1. PCB 布线

对于模块本身的设计，结构的紧凑性很重要，但是更重要的是如何合理的布局模块的管脚。泰科 flowPHASE 0 模块在结构布局上具有以下特点，如图 2 所示：

- 模块内部电流流距短；
- 模块内部强弱电隔离分布；
- 在模块内部芯片布局时，综合考虑了外部 PCB 布线的简易性；
- 模块符合 UL 认证标准。

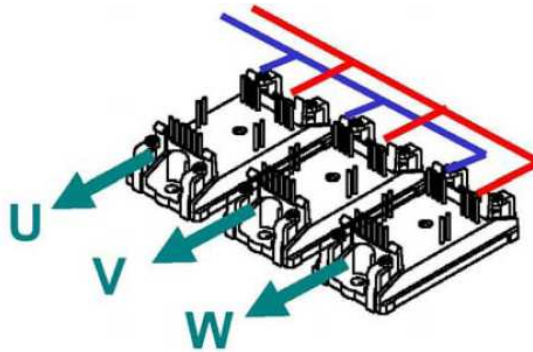


图 2 全桥逆变使用示意图

这些特点使得模块在实际应用时具有以下优点：

- 功率线短，方便布线且寄生电感小；
- 只要两层电路板就可以满足要求；
- 输入，输出功率线没有交叉，电磁兼容性好；
- 门极驱动管脚靠近驱动电路，驱动特性好；
- 使得变频器紧凑结构设计成为可能。

## 2. 寄生电感

在高频应用场合中，寄生电感是造成 IGBT 关断过电压，关断损耗增加的罪魁祸首。因为在关断 IGBT 时，由于电流突变，会在寄生电感上感应出一个电压。这个电压叠加在直流母线电压上造成关断电压尖峰，具体原理如下式所示：

$$V_{CE(\text{Peak})} = V_{CE} + L \times di/dt$$

其中寄生电感 L 是直流母线上电流流过 IGBT 所包围的面积等效电感，如下图 3 所示

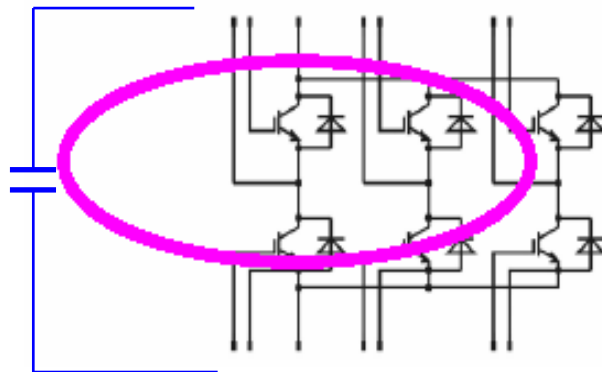


图3 寄生电感示意图

所以对于变频器设计者来说，如何有效降低回路中的寄生电感就显得非常重要。flowPHASE 0 模块由于按照 Power flow 的设计理念进行设计，模块内部寄生电感小。另外它的结构特点使得用户可以在 PCB 正反两面叠加布置直流母线，这样可以大大降低直流母线电压正负端的距离，从而减小回路面积，降低模块外部寄生电感。另外，辅助滤波电容的使用进一步补偿了模块外部寄生电感对电路特性的影响。由于 flowPHASE 0 是半桥模块，所以客户可以针对电路特点对每个半桥模块分别进行电容补偿，具体见下图 4 所示：

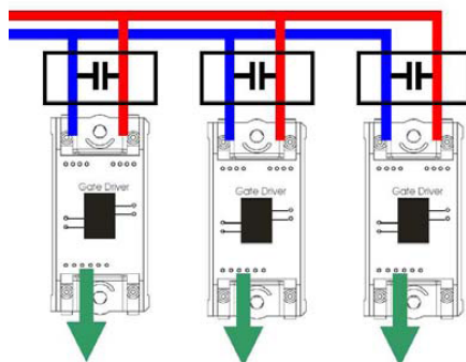
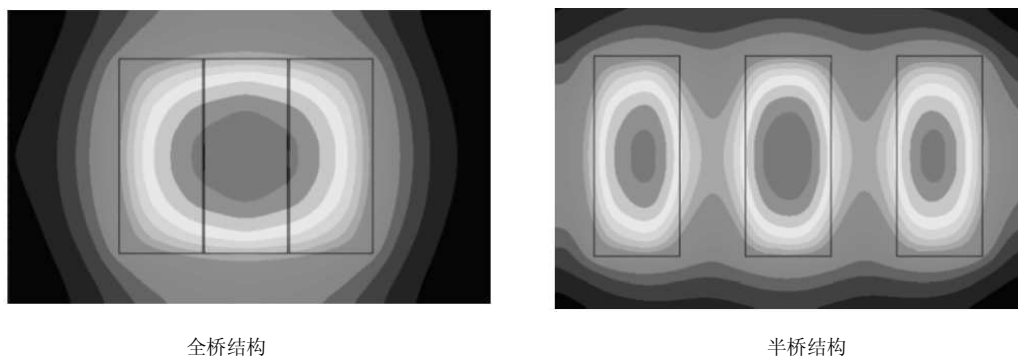


图 4 flowPHASE 0 模块应用布局示意图

### 3. 热特性

考虑到模块应用上的高功率密度，模块内部使用了直接铜熔结（DCB - Direct Copper Bonding）陶瓷基板。对于通用型模块，flowPHASE 0 使用了三氧化二铝（ $Al_2O_3$ ）陶瓷基板，对于高性能产品，使用了氮化铝（ $AlN$ ）陶瓷基板，它的导热性能要比  $Al_2O_3$  好五倍以上。

为了降低整个 IGBT 模块的功率损耗，模块内部使用了最新的低损耗型沟槽栅场终止芯片。另外由于 flowPHASE 0 是半桥结构模块，通过分散放置，可以有效降低中心热点的温度，改善模块的热特性，最大化的利用散热器，具体如下图 5 所示：



全桥结构

半桥结构

图 5 全桥，半桥模块散热热点温度示意图

### 4. 安装

IGBT 模块结构上最脆弱的地方在管脚上，为了有效防止在焊接过程，安装过程以及实际使用时，模块管脚上承受过大的拉力或者震动力，flowPHASE 0 模块在结构上采用了 Clip in 技术，完美的实现了模块，电路板和散热器的有效固定，具体如图 6 所示：

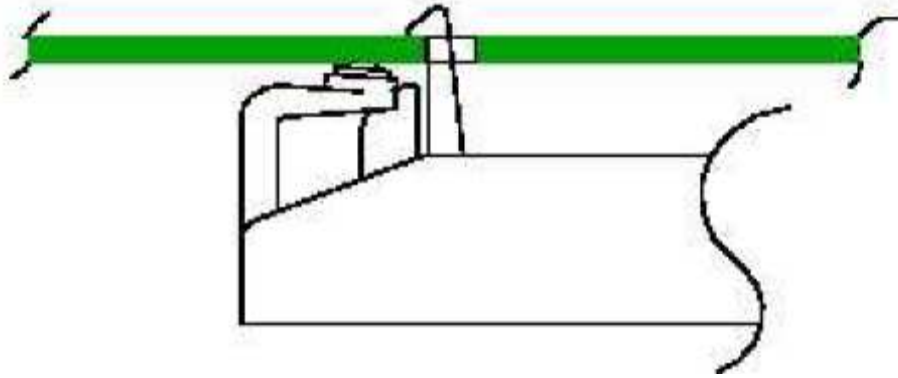


图6 Clip in 原理

## 5. 总结

泰科公司 (Tyco) flowPHASE 0 模块提供了低寄生电感, 较好的热特性以及完美的结构固定方案, 可以满足 15KW 到 30KW 变频器客户的需要。

## 参考文献 (略)

## 作者简介

陈道杰 男 硕士 应用工程师 研究方向: 功率模块的应用