

IGBT 的并联使用

并联使用 IGBT 组成开关器件可以使整个系统得到更高的额定电流，但是设计并联系统时必须考虑一些重要问题，如模块特性、驱动电路以及电路的布局，这些因素影响着并联支路的电流分配，可能导致并联的每个 IGBT 电流分配不均衡。其中，模块特性中的伏安特性主要影响静态运行时的电流分配，转移特性和驱动电路以及布局主要影响动态运行时的电流分配。由于电流分配的不均衡，使 n 个 IGBT 并联的额定电流并不等于 n 倍的单个模块的额定电流，所以对并联 IGBT 模块必须降额使用。

在设计 IGBT 并联系统时，首先要确定合适的并联模块数目以获得足够的额定电流，同时要保证每个模块工作时不超出安全工作区。另外需要注意的是，并联使用 IGBT 模块有助于减小通态损耗，但是开关损耗不会减小，甚至可能增大，尤其在开关频率比较高的时候。

(1) 并联运行静态均流

静态情况下，并联工作的 IGBT 间的电流分配主要受伏安特性的影响。当多个 IGBT 并联时，由于制造工艺的原因，每个 IGBT 的伏安特性并不完全一样。两个 IGBT 并联时伏安特性对电流分配的影响如图 2.5.5 所示。从图 2.5.5 可以看出，当两个伏安特性不同的

IGBT 并联工作时，它们通过的电流并不相等。

为保证运行时每个模块都不超过安全工作区，必须对并联运行的 IGBT 进行降额使用。若两个同型号但伏安特性不同的管子并联使用，其总的额定电流不等于单个管子额定电流的两倍，这种电流能力下降的系数可称为电流降额系数。电流降额系数可表示为

$$\delta = 1 - \frac{I_T}{n_p I_M} \quad (2.5.1)$$

式中， δ 是降额系数； I_T 是并联模块能提供的总额定电流； I_M 是单个模块的最大额定电流 n_p 是并联模块的数目。

例如，两个额定电流都为 400A 的 IGBT 模块并联，一个承受 400A 电流而另一个为 320A，则可得到 $\delta = 1 - (400 + 320) / 2 \times 400 = 10\%$ 。

另外，如果已经知道了降额系数，则可由下式求出所提供的总的额定电流

$$I_T = (1 - \delta) n_P I_M$$

(2.5.2

(2) 并联运行动态均流

动态情况下，并联工作的 IGBT 间的电流分配主要受转移特性、驱动电路的影响。

1) 转移特性对动态均流的影响：转移特性不同的 IGBT 并联时，开关过程的动态电流分配是不均衡的。图 2.5.6 给出了在相同的 V_{GE} 驱动下，转移特性不同的两个 IGBT 动态电流不均衡的例子。从图 2.5.6 中可以看出，转移特性陡峭的管子，在开关时刻承受比较大的动态电流，因而也会有比较大的开关损耗，这种差异在关断的时候更明显。当开关频率增大时，这种不平衡趋于缓和。选择转移特性接近的 IGBT 模块进行并联有利于动态均流。

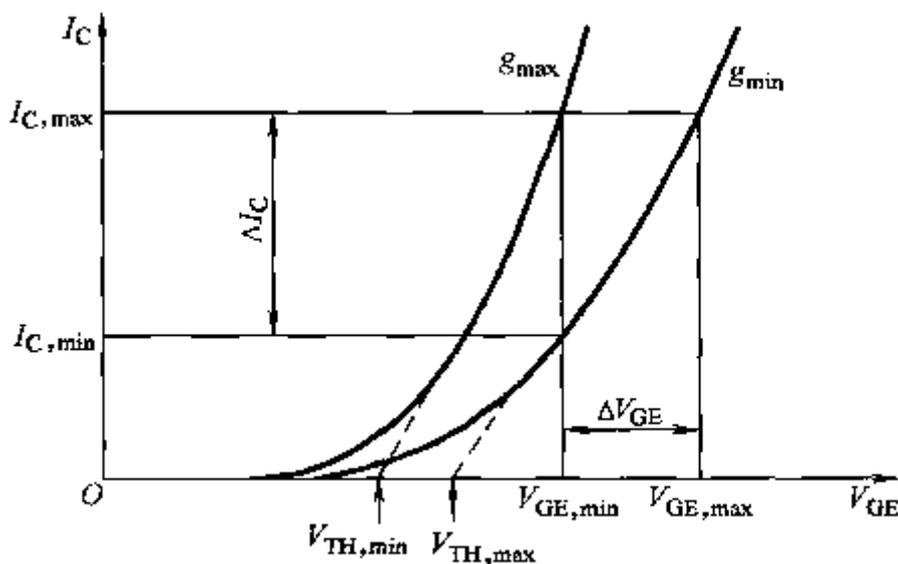


图 2.5.6 转移特性对动态电流分配的影响

2) 驱动电路对动态均流的影响：驱动电路对并联均流的影响也是显而易见的，如果并联工作的 IGBT 驱动电路不同步，则先驱动的 IGBT 要承担大得多的动态电流。因此，并联模块的驱动一定要做到同步，最好选用驱动能力强的驱动器，用同一驱动信号同时驱动并联模块。

S 另外，驱动电路布局要尽量做到对称，驱动电路到模块的栅极、射极引线要尽量短，使回路的等效阻抗一致；主电路中的元器件布局和引线位置应对称，引线长短一致，并尽量短，接线应采用截面积较大的铜排或扁条线；各模块应平行放置，尽量靠近，引线尽量一致，减小回路中寄生电感的不平衡性。