

## 斯达模块门极电阻 $R_g$ 选型表

编写：陈浩

审阅：戴志展

### 前言

门极电阻  $R_g$  影响着 IGBT 开关特性的设定，所以正确的选择门极电阻，让 IGBT 中产生一个合理的开关速度，是在使用 IGBT 时最先要考虑的问题。但门极电阻的选择是一个十分复杂的工作，简单的说减小  $R_g$  会让导通和关断时间缩短且开关损耗也会相应的减小，但引发的门极振荡和高速的  $di/dt$  与  $dv/dt$  可能会对系统带来负面的影响。同样的增加  $R_g$ ，虽然可以避免上述的一些问题，但除了会增加开关的延迟外，对系统保护与 IGBT 自身的保护以及散热设计也会产生程度不一的影响。

### 选型探讨

因为电路中必然存在杂散电感，所以减小  $R_g$  时必须考虑  $di/dt$  所产生的影响，过高的  $di/dt$  除了会在 IGBT 关断时产生过大的峰值电压以致于产存在过压击穿的风险外，在开通时也容易造成二极管反向恢复电流过大及 IGBT 内部的闩锁 (latch-up) 进而导致失效。同时过高的  $dv/dt$  与  $di/dt$  也会引发更高的共模与差模噪声，导致驱动电路甚至其它器件的误动作。当增大  $R_g$  时必须考虑关断延时与门极电压抬升的影响，关断时间延长而造成死区的设置不足，除了会增大上下管直通的可能性，在模块上下管开关断的过程中，产生的飘移电流会通过门极电阻，所以会给关断状态下的 IGBT 提供了更高的误导通的风险。给予足够的负压值作关断以防止误导通是最常见的作法，但是过大的负压除了进一步增加开通的延迟外，同时也会加快 IGBT 关断的速度，增加过压击穿的风险。门极电阻也决定了短路承受电流的时间与门极电压的抬升的高度，过小的  $R_g$  会缩短 IGBT 短路电流可以承受的时间，造成保护不及。但过大的  $R_g$  也会促使短路电流的进一步增加，同样可能会导致 IGBT 的闩锁或瞬间过温进而失效。另外  $R_g$  也影响了 IGBT 切换的损耗，进而会影响模块稳态操作时内部温度升高降低异常操作的余量。



而上述设计的考虑是相互制约的，所以门极电阻的选择和优化事实上是一个比较复杂的技术问题，通常需要实际上机试验和调试，才有机会取得一个较合适的设计，但为了使选用斯达模块的工程师能够较快的调试出合适的  $R_g$ ，所以以下在一定的假设条件基础上提供一个做为初始调试的参考依据。

### 特性关系：

在特定驱动电压下，门极电阻与 IGBT 的动态特性关系简单表示如表一：

表一

主要特性	门极电阻 $R_g$ 增大	门极电阻 $R_g$ 减小
$t_{on}$	增大	减小
$t_{off}$	增大	减小
$E_{on}$	增大	减小
$E_{off}$	增大	减小
开通浪涌电流	减小	增大
关断浪涌电压	减小	增大
导通峰值电流	减小	增大
主要特性	门极电阻 $R_g$ 增大	门极电阻 $R_g$ 减小
二极管关断尖峰电流	减小	增大
$dv/dt$	减小	增大
$di/dt$	减小	增大
EMI	减小	增大

### 门极电阻特性要求：

- 1) 低感或无感电阻；
- 2) 高精度；
- 3) 温度系数小；
- 4) 不同环境下的机械特性稳定。



## 电阻功率的要求:

$$P(\text{turn on}) = F \times \left( \frac{1}{2} Qg \times |+Vge| + \frac{1}{2} Cies \times |-Vge|^2 \right)$$

$$P(\text{turn on}) = P(\text{turn off})$$

$$P(\text{driving}) = P(\text{turn on}) + P(\text{turn off})$$

$$= F \times (Qg \times |+Vge| + Cies \times |-Vge|^2)$$

选用门极电阻的功率等级必须大于计算总功耗的 2 倍以上。

其中

$P(\text{turn on})$ : 开通时损耗在  $Rg$  的功耗;

$P(\text{turn off})$ : 关断时损耗在  $Rg$  的功耗;

$P(\text{driving})$ : 损耗在  $Rg$  的总功耗;

$+Vge$ : 正向偏置电源电压;

$-Vge$ : 反向偏置电源电压;

$F$ : 开关频率;

$Qg$ : 从 0V 到  $+Vge$  为止的充电电荷量;

$Cies$ : IGBT 输入电容;

## 其他注意事项:

1. 驱动引线要尽量短, 如必需用较长的引线时要双绞拧成一体。
2. 驱动引线和 IGBT 的主电路配线尽量要远离, 布线时两者建议正交。
3. 不要和其它信号引线绑扎在一起。
4. 箝位二极管和下拉电阻应尽可能靠近 IGBT 的门极。
5. 在门极处于开路状态下, 必需确保 ESD 的防护措施有效。



### 斯达模块选型推荐表:

以下为斯达在电焊机,变频器 and 电镀电源三个领域内常见的技术条件上,结合实际应用经验对于通用型斯达模块的门极电阻一个选型,具体如下表:  
(以下数据仅供参考)

表一 电焊机 (只使用于硬开关焊机)

模块型号	门极电阻推荐值 (Ω)
GD50HFU120C1S      GD50HFL120C1S	18
GD75HFU120C1S      GD75HFL120C1S GD75HFU120B3S      GD75HFL120B3S	15
GD100HFU120C1S      GD100HFL120C1S GD100HFU120C2S      GD100HFL120C2S GD100HFU120B3S      GD100HFL120B3S	10
GD150HFU120C2S      GD150HFL120C2S GD150HFU120B3S      GD150HFL120B3S	5
备注: 1. +Vge=15V, -Vge=-5—-10V 之间; 2. G—E 之间可加电容微调。。	



表二 变频器

模块型号	门极电阻推荐值 (Ω)
GD10PJK120L1S	75
GD15PJK120L1S	62
GD10PIK120C5S	75
GD15PIK120C5S	62
GD25PIK120C5S	47
GD25PIT120C5S	47
GD40PIK120C5S	43
GD50PIL120C6S	33
GD75PIL120C6S	22
GD75FFL120C6S	22
GD100FFL120C6S	15
GD150FFL120C6S	10
GD50HFL120C1S	33
GD75HFL120C1S	22
GD100HFL120C1S	15
GD150HFL120C8S	10
GD200HFL120C8S	7.5
GD100HFL120C2S	15
GD150HFL120C2S	10
GD200HFL120C2S	7.5
GD300HFL120C2S	5.6
GD400HFL120C2S	4.3
备注： 1. +Vge=15V, -Vge=-5---10V 之间； 2. 2. G—E 之间可加电容微调。	



表三 电镀电源

模块型号	门极电阻推荐值 (Ω)
GD50HFL120C1S	33
GD75HFL120C1S	22
GD100HFL120C1S	15
GD150HFL120C8S	10
GD200HFL120C8S	7.5
GD100HFL120C2S	15
GD150HFL120C2S	10
GD200HFL120C2S	7.5
GD300HFL120C2S	5.6
GD400HFL120C2S	4.3
备注： 1. +Vge=15V, -Vge=-5—-10V 之间； 2. G—E 之间可加电容微调。。	

**结论:**

门极电阻的选择因为与系统的整体设计有很大的关联性,是一个十分复杂的工作,但透过斯达提供的选型建议可以较快速的调试出合适的 Rg。