

## 门极触发强度对晶闸管开通特性的影响

晶闸管是一种电流控制型的双极型半导体器件，它求门极驱动单元类似于一个电流源，能向晶闸管的门极提供一个特别陡直的尖峰电流脉冲，以保证在任何时刻均能可靠触发晶闸管。晶闸管的门极触发脉冲特性对晶闸管的额定值和特性参数有非常强烈的影响。我们建议用户应用中采用强触发方式，触发脉冲电流幅值 $I_G$ 大于或等于 $10I_{GT}$ ；脉冲上升时间 $t_r \leq 1\mu s$ 。为了保证器件可靠工作， $I_G$ 必须远大于 $I_{GT}$ 。

但在实际应用中，许多用户触发脉冲电流幅值和脉冲上升时间远未能满足上述要求。尤其在电机软启动领域，许多整机厂给出的触发脉冲非常临界，某些情况下竟无法让元件开通。在中频电源领域，逆变器件的触发脉冲一般陡度较差。针对不同门极触发条件对晶闸管开通特性的影响问题，我们进行了一系列的模拟试验。

### 一. 触发脉冲幅值对晶闸管开通的影响

晶闸管样品：奇亿公司 QY45KKE 实测门极参数  $I_{GT} = 78 \text{ mA}$  ;  $V_{GT} = 1.25 \text{ V}$

在  $V_D = 300 \text{ V}$ ,  $di/dt = 130 \text{ A}/\mu s$  条件下试验。

下图A、B、C分别为触发脉冲幅值 $I_G = 1 \text{ A}$ 、 $200 \text{ mA}$ 、 $80 \text{ mA}$ 时的元件开通电压波形。

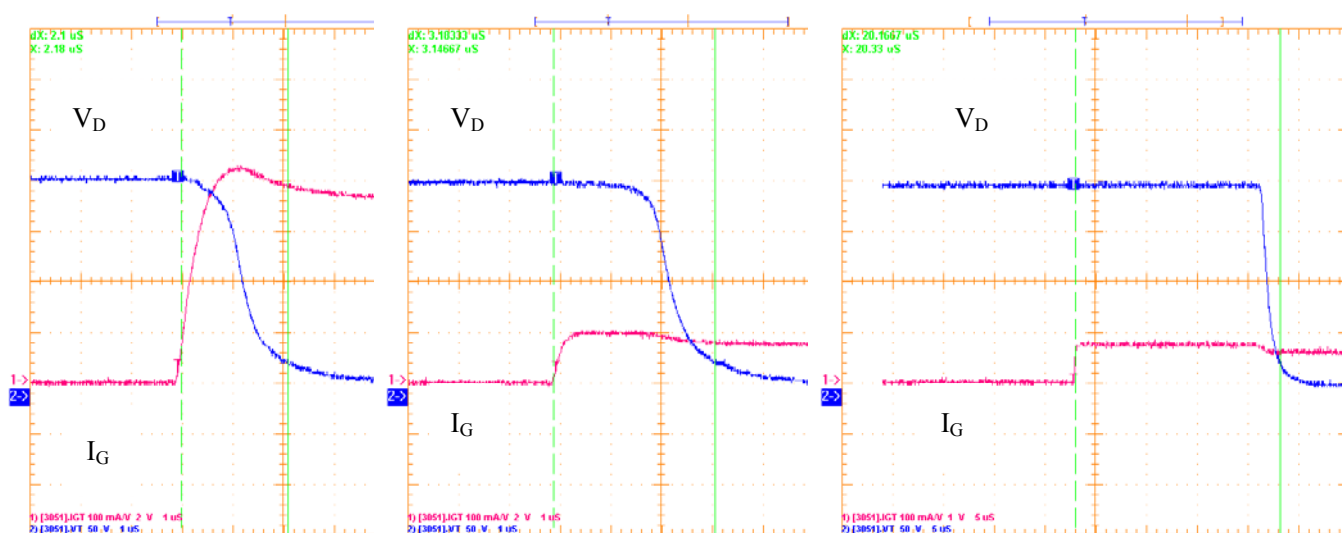


图 A:  $I_{GT} = 1 \text{ A}$

开通时间:  $2.1 \mu s$

图 B:  $I_{GT} = 200 \text{ mA}$

开通时间:  $3.2 \mu s$

图 C:  $I_{GT} = 80 \text{ mA}$

开通时间:  $20.2 \mu s$

由上图可见，晶闸管的门极触发电流幅值对元件的开通速度有十分明显的影响，高的门极触发电流可以明显降低器件的开通时间。下表为不同门极触发电流值下测试所得的器件开通时间值。

$I_{GT}$ (mA)	1000	500	370	280	200	100	80
tgt ( $\mu s$ )	2.1	2.3	2.4	2.6	3.2	6.4	20.2

可见，在触发脉冲幅值接近于器件 $I_{GT}$ 时，器件虽可开通，但器件开通的延迟效应非常明显，可能会高达数十微妙，这对于整机设备的可靠控制、安全运行是不利的。

## 二. 触发脉冲上升时间（陡度）对晶闸管开通的影响

晶闸管样品：奇亿公司 QY70KKG 门极参数  $I_{GT}$  129 mA :  $V_{GT}$  1.69V

在  $V_D$ : 300V,  $di/dt$ : 130A/ $\mu$ s条件下试验。

下图D、E分别为触发脉冲幅值500mA上升时间0.5 $\mu$ s、 1.5 $\mu$ s时的元件开通电压波形。

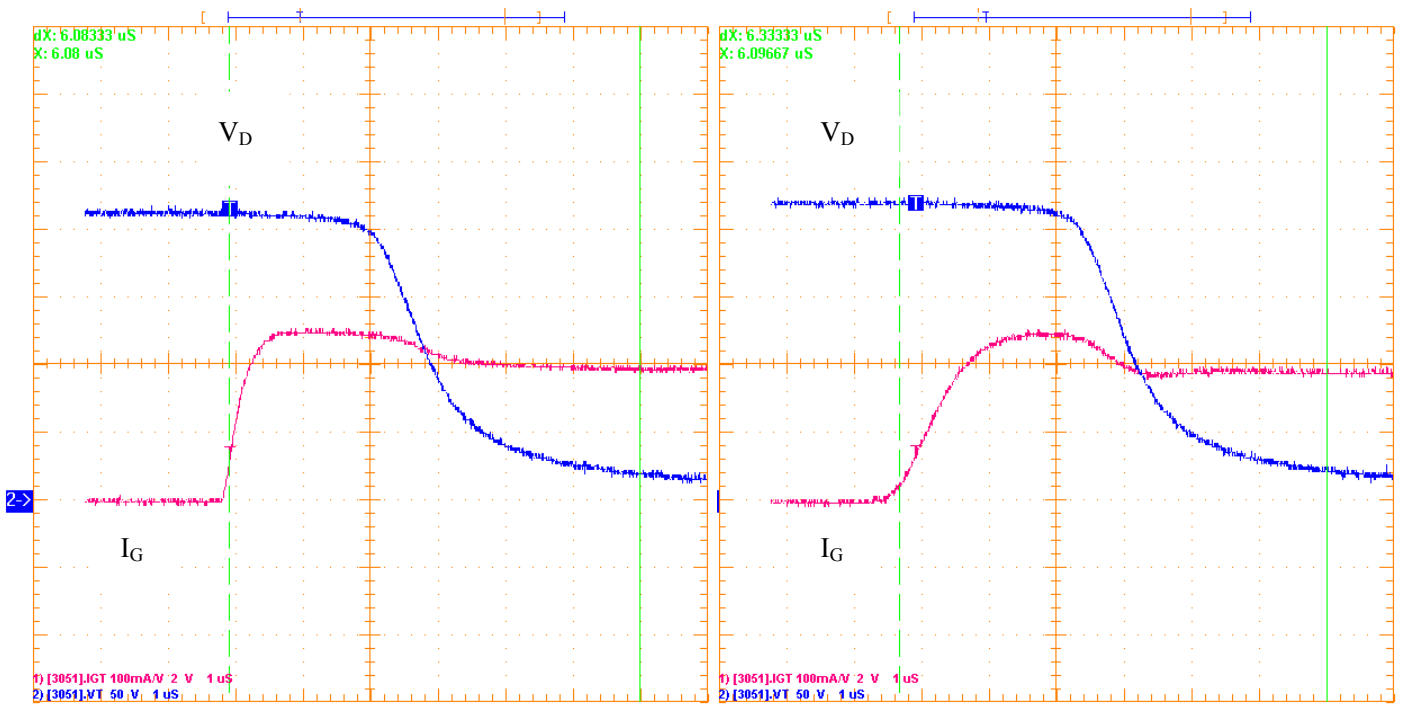


图 D  $I_{GT}$  500mA 上升时间 0.5 $\mu$ s  
开通时间 6 $\mu$ s

图 E  $I_{GT}$  500mA 上升时间 1.5 $\mu$ s  
开通时间 6.3 $\mu$ s

由图可见，触发脉冲上升时间（陡度）对晶闸管的开通速度也有明显的影响，触发脉冲上升时间越长，效果就等于降低了门极触发电流。触发脉冲越陡，上升时间越短的情况下，晶闸管的开通时间也越短。

## 三. 晶闸管可靠触发对门极触发源要求

### 1. 一般要求：

鉴于晶闸管的门极触发脉冲特性对晶闸管开通过程的影响。好的触发脉冲可以使器件的开通时间缩短、开通损耗减小、器件耐受 $di/dt$ 的能力增强。用户应用中应采用强触发方式，

触发脉冲电流幅值： $I_G=10I_{GT}$ ；

脉冲上升时间： $tr \leq 1\mu$ s；

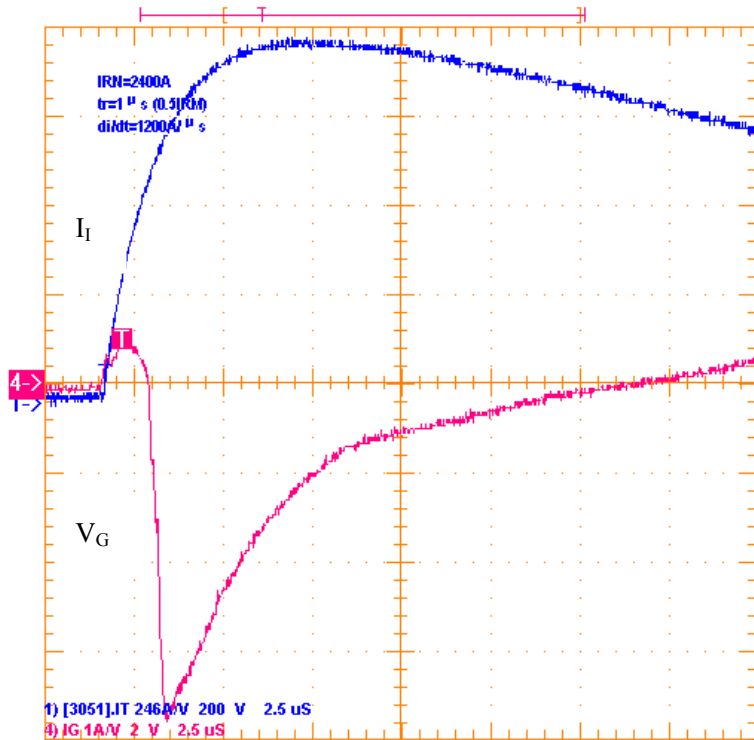
门极脉冲宽度大于10 $\mu$ s；

为了保证器件可靠工作， $I_G$ 必须远大于 $I_{GT}$ 。

### 2. 高 $di/dt$ 下运用：

器件在高 $di/dt$ 下运用时，特别是当晶闸管的阻断电压很高时，在开通过程中门-阴间横向电阻所产生的电压可能会超过门极电压，严重时，甚至会使命门极电流倒流。这种负的门极电流会引起开通损耗增加或器件因 $di/dt$ 损坏。可能会导致器件高 $di/dt$ 损坏。

下图为一只QY50KKE器件在 $V_G 10V$   $di/dt 1200A/\mu s$ 条件下的 $I_G$ 波形 可见在器件开通 $1\mu s$ 后，出现了门极电流倒流的现象。



因此，我们要求在高 $di/dt$ 下运用时：

门极触发电源电压 $V_G$ 不低于 $20V$ ，或在门极线路上串联二极管，防止门极电流倒流。

### 3. 晶闸管串并联使用

晶闸管的串联：晶闸串联管应用时，要求其相互串联的每个晶闸管应尽可能地一致开通，这是因为较慢开通的器件可能承受过电压，这就要求同组相串联的晶闸管之间有最小的门极开通延迟时间偏差 $\Delta t_d$ ，而强的门极触发脉冲能使这个延迟时间偏差 $\Delta t_d$  降到最小。

晶闸管的并联：陡而强的门极触发脉冲能使并联晶闸管开通特性的不平衡降至最小，从而使有最佳的均流效果。

在晶闸管串并联使用时，要求：

$$I_{GM} \approx 1-3A$$

$$di_G/dt \geq 1A/\mu s$$

$$tr \leq 1 \mu s$$

$$tp(I_{GM}) = 5-20 \mu s$$