新型的IGBT短路保护电路的设计

固态电源的基本任务是安全、可靠地为负载提供所需的电能。对电子设备而言，电源是其核心部件。负载除要求电源能供应高质量的输出电压外，还对供电系统的可靠性等提出更高的要求。

IGBT是一种目前被广泛使用的具有自关断能力的器件，开关频率高，广泛应用于各类固态电源中。但如果控制不当，它很容易损坏。一般认为IGBT损坏的主要原因有两种：一是IGBT退出饱和区而进入了放大区使得开关损耗增大;二是IGBT发生短路，产生很大的瞬态电流，从而使IGBT损坏。IGBT的保护通常采用快速自保护的办法?即当故障发生时，关断IGBT驱动电路，在驱动电路中实现退饱和保护;或者当发生短路时，快速地关断IGBT。根据监测对象的不同IGBT的短路保护可分为Uge监测法或Uce监测法?二者原理基本相似，都是利用集电极电流IC升高时Uge或Uce也会升高这一现象。当Uge或Uce超过Uge sat或Uce sat时，就自动关断IGBT的驱动电路。由于Uge在发生故障时基本不变，而Uce的变化较大，并且当退饱和发生时Uge变化也小难以掌握，因而在实践中一般采用Uce监测技术来对IGBT进行保护。本文研究的IGBT保护电路，是通过对IGBT导通时的管压降Uce进行监测来实现对IGBT的保护。

采用本文介绍的IGBT短路保护电路可以实现快速保护，同时又可以节省检测短路电流所需的霍尔电流传感器，降低整个系统的成本。实践证明，该电路有比较大的实用价值，尤其是在低直流母线电压的应用场合，该电路有广阔的应用前景。该电路已经成功地应用在某型高频逆变器中。

1 短路保护的工作原理

图1(a)所示为工作在PWM整流状态的H型桥式PWM变换电路(此图为正弦波正半波输入下的等效电路，上半桥的两只IGBT未画出)，图1(b)为下半桥两只大功率器件的驱动信号和相关的器件波形。现以正半波工作过程为例进行分析(对于三相PWM电路，在整流、逆变工作状态或单相DC/DC工作状态下，PWM电路的分析过程及结论基本类似)。

在图1所示的电路中，在市电电源Us的正半周期，将Ug2.4所示的高频驱动信号加在下半桥两只IGBT的栅极上，得到管压降波形UT2D。其工作过程分析如下：在t1～t2时刻，受驱动信号的作用，T2、T4导通(实际上是T2导通， T4处于续流状态)，在Us的作用下通过电感LS的电流增加，在T2管上形成如图1(b)中UT2D所示的按指数规律上升的管压降波形，该管压降是通态电流在IGBT导通时的体电阻上产生的压降;在t2～t3时刻，T2、T4关断，由于电感LS中有储能，因此在电感LS的作用下，二极管D2、D4续流，形成图1(b)中UT2.D的阴影部分所示的管压降波形，以此类推。分析表明，为了能够检测到IGBT导通时的管压降的值，应该将在t1～t2时刻IGBT导通时的管压降保留，而将在t2～t3时刻检测到的IGBT的管压降的值剔除，即将图1(b)中UT2.D的阴影部分所示的管压降波形剔除。由于IGBT的开关频率比较高，而且存在较大的开关噪声，因此在设计采样电路时应给予足够的考虑。

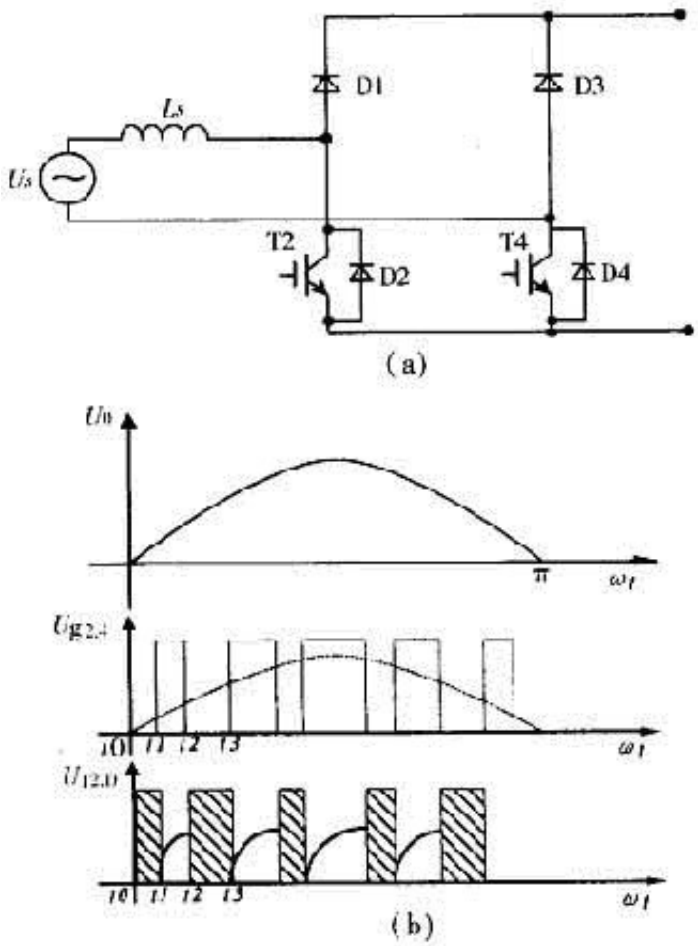


图 1 桥式 PWM 变换电路及相关波形

根据以上的分析可知，在正常情况下，IGBT导通时的管压降Uce(sat)的值都比较低，通常都小于器件手册给出的数据Uce(sat)的额定值。但是，如果H型桥式变换电路发生故障(如同一侧桥臂上的上下两只IGBT同时导通的 “直通”现象)，则这时在下管IGBT的C～E极两端将会产生比正常值大很多的管电压。若能将此故障时的管压降值快速地检测出来，就可以作为对IGBT进行保护的依据，从而对IGBT实施有效的保护。

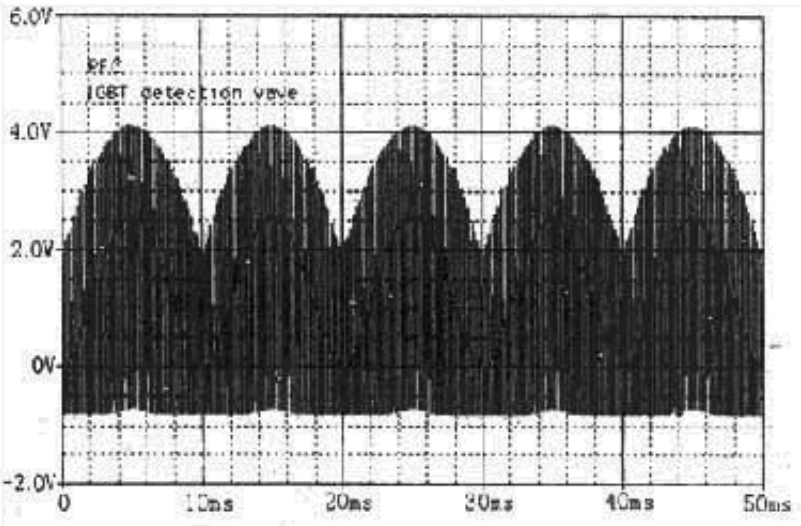
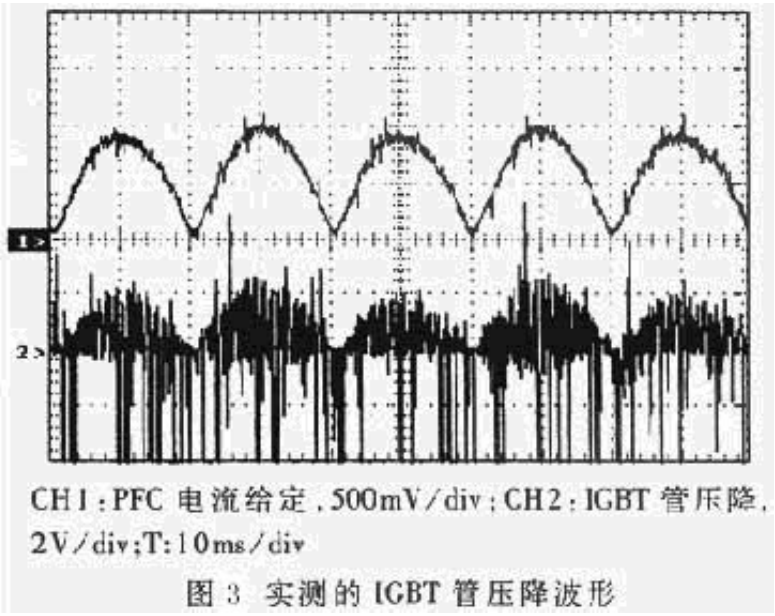


图 2 电路中 IGBT 管压降仿真波形

2 短路保护电路的设计

由对图1所示电路的分析，可以得到IGBT短路保护电路的原理电路图。IC4及其外围器件构成选通逻辑电路，由IC5及其外围器件构成滤波及放大电路，IC2及其外围器件构成门限比较电路，IC1及其外围器件构成保持电路。正常情况下，D1、D2、D3的阴极所连接的IC2D、IC2C及CD4011的输出均为高电平，IC1的输出状态不会改变。假设由于某种原因，在给T2发驱动信号的时候，H型桥式PWM变换电路的左半桥下管T2的管压降异常升高(设电平值为“高”)，即UT2-d端电压异常升高，则该高电平UT2-d通过R2加在D8的阴极;同时，发给T2的高电平驱动信号也加在二极管D5的阴极。对IC2C来说，其反相输入端为高电平，若该电平值大于同相输入端的门槛电平值的话，则IC2C输出为“低”。该“低”电平通过D2加在R-S触发器IC1的R输入端，使其输出端Q的输出电平翻转，向控制系统发出IGBT故障报警信号。如果是由于右半桥下管T4的管压降异常升高而引起IC2D输出为“低”，则该“低”电平通过D5加在R-S触发器IC1的R输入端，使其输出端Q的输出电平翻转，向控制系统发出IGBT故障报警信号。由IC5A和IC5C及其外围器件构成的滤波及放大电路将选通电路送来的描述IGBT管压降的电压信号进行预处理后，送给由IC5B构成的加法器进行运算处理。若加法器的输出电平大于由R22和R32确定的门槛电平，则会使R-S触发器IC1的R端的第三个输入端为“低”，也向控制系统发出IGBT故障报警信号。改变由R22和R32确定的门槛电平，就可以灵活地改变这第三路报警信号所代表的物理意义，从而灵活地设计保护电路。端子T4-d、T2-d，分别接在T4、T2的集电极上，T4-G、T2-G分别接IGBT器件T4、T2的驱动信号。在电路设计时应该特别注意的是，D8、D5、D9、D4必须采用快速恢复二极管。



CH1：PFC 电流给定，500mV/div；CH2：IGBT 管压降，2V/div；T：10ms/div

图 3 实测的 IGBT 管压降波形

3 仿真及实验结果

当图1所示的PWM变换器工作在单相高频整流模式下，应用PSPICE仿真软件对电路进行仿真研究。仿真波形相当于在电路中IC5B的第7脚观察到的信号波形。仿真结果表明，检测电路可以快速、有效地将PWM变换器的下管导通时的管压降检测出来。图3所示波形是实际电路工作时检测到的相关波形。图中，1#通道显示的是单相高频整流电感电流的给定波形，2#通道显示的是实际检测到电路中IC5B的第7脚的工作波形。比较图2和图3可以得出，该检测电路可以快速、有效地检测出IGBT导通时的管压降，从而对IGBT实施有效的保护。

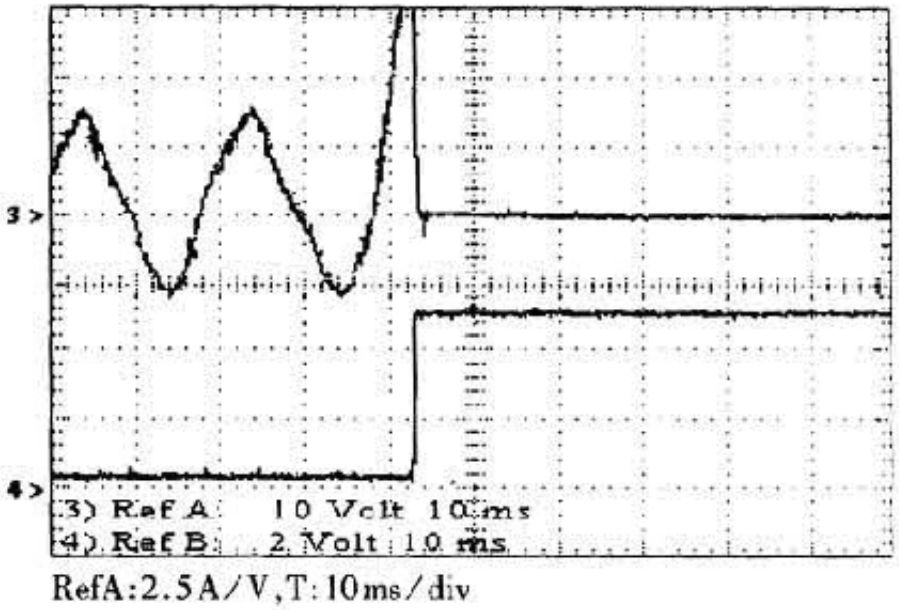


图 4 实测的保护电路动作波形

图4所示为IGBT过流时实际检测到的PFC电感中流过的电流及保护电路动作的波形。

电路实际运行结果证明，本文介绍的IGBT短路保护电路可以有效地对IGBT实施保护，成本低，动作可靠。实践证明，该电路有比较大的实用价值，尤其是在低直流母线电压的应用场合，该电路有广阔的应用前景。该电路已经成功地应用在某型3KVA高频逆变器中。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/147686.html