

# IGBT 过流保护的应用研究<sup>\*</sup>

16  
09-51  
江西涤纶厂

伍家驹

王牛保

曾文峰

万金荣

TM771

摘要:分析了 IGBT 驱动块过流保护所存在的问题。提出了一种能精确地设定过流保护临界动作值的方法,并作了详细的介绍。实践证明该方法切实可行。

关键词:IGBT 保护

过流保护, 电力系统

## A Application Research on Over-current Protection of IGBT

Wu Jiaju Wang Niubao et al

Abstract: This article has analyzed the problems which exist in over-current protection of IGBT and proposed a method which can set precisely critical operating value for over-current protection. It is proved through practice that this approach is realizable.

### 1 引言

近年来,集大电流、高电压、高频率诸优点于一身的全新电力电子元件绝缘栅双极型晶体管(IGBT)正日益受到大家的重视,但是人们真正用起来却经常碰到烧管子,炸模块等令人头疼的事,耗费了大量的时间甚至功败垂成。有关资料和我们的应用研究都表明,在 IGBT 的应用中,驱动、保护和吸收这三个问题都是至关重要的。本文介绍的是作者在应用现在流行的进口驱动块来实施对 IGBT 进行过流保护时所发现的问题及其相应的解决方法。

### 2 IGBT 的过流保护

#### 2.1 IGBT 的过流情况简介

我们知道厂家提供的安全工作区(含正偏安全工作区 SOS,反偏安全工作区 RBSOA 和短路安全工作区 SCSOA)有其严格的限制条件,而在实际应用中,由于 IGBT 的拓扑结构和线路条件千差万别,有些分布参数又不好确定,所以实际上难以判断 IGBT 的工作轨迹是否在安全工作区内。IGBT 会因为过大的电流而产生热失效或锁定失效,也会因为  $L(di/dt)$  的增大而过电压击

穿。IGBT 上所标额定电流是指在直流状态下器件长时间运行所能承受的电流。使用时考虑到 PWM 的调制频率,调制系数等因素,IGBT 实际所允许的工作电流并非总是等于其额定电流。如在脉宽小于  $10\mu s$  时,它可以短期承受数倍的额定电流。在此,我们讨论的是以器件的额定电流为临界动作值时的 IGBT 过流保护问题。

#### 2.1.1 IGBT 的电流检测

检测 IGBT 电流的方法有很多种,在此采用的是利用在某一正向栅极电压  $U_{ge}$  下正向通态管压降  $U_{ce}(ON)$  与集电极电流  $I_c$  成正比的特性,通过检测  $U_{ce}(ON)$  来判断  $I_c$  大小的办法。如图 1 表示的是日本东芝公司的 MG100J6ES50 型 IGBT 的  $I_c-U_{ce}$  特性。

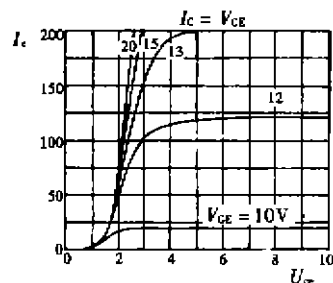


图 1

#### 2.1.2 过流保护

\* 获得国家教委留学回国人员资助费支持项目

对检测到的  $I_c$  过流信号,不同型号的驱动块有不同的处理方法来对 IGBT 进行保护。如立即删除正向驱动电压加上反向驱动电压;或者按某种规律降低正向驱动电压后,再加上反向驱动电压等,我们可以根据不同的需要加以选择。一般来说,选定了某种驱动块之后,是难以改变其在检测到过流保护临界动作电压之后的驱动电压输出特性的。

## 2.2 驱动块与 IGBT 的配合问题

### 2.2.1 IGBT 的通态压降

IGBT 的正向饱和压降值的大小,因生产厂家、产品型号以及使用条件的不同而存在着差异。随着产品的更新换代,饱和压降越来越小。如对日本三菱公司 600V 级的 IGBT 来说,第一代的为 3V 左右,第二代的为 2.5V 左右,第三代、第四代的则更低,如图 2 所示。

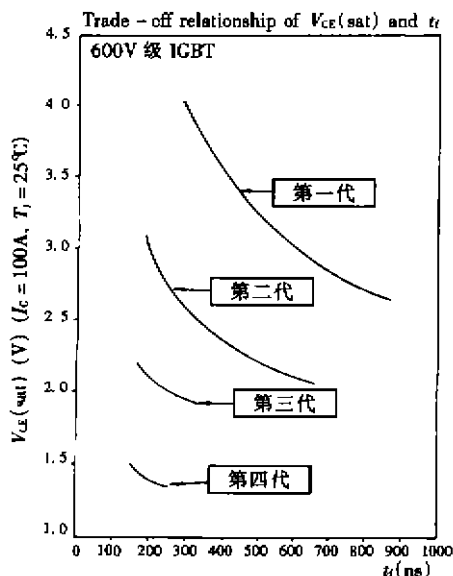


图 2

电阻负载:  $I_c = 100A$ ,  $V_{ce} = 300V$ ,  $V_{GE} = \pm 15V$ ,  $T_J = 25^\circ C$

### 2.2.2 驱动块的临界动作电压

我们对目前国内流行的日本三菱公司的 M57962L 等产品,富士公司的 EXB 系列,英达公司的 HR065 等型号的驱动块的内部结构进行了分析。其共同特点是驱动块本身的过流保护临界电压动作值都是固定的,不可调节的。一般来说为 7~10V。

### 2.2.3 IGBT 与驱动块的配合问题

如何解决两者之间的矛盾呢?通常采用的方法如参考文献[1]所示,其大意是:调整串联在 IGBT 集电极与驱动块之间的二极管 D 的个数,使这些二极管通态压降之和等于或略大于驱动块

过流保护动作电压与 IGBT 的短路电流所对应的饱和压降之差。参见图 3。

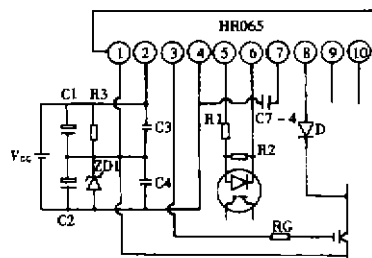


图 3

### 2.3 现行驱动块过流保护动作点调整方法所存在的问题。

我们可以从图 4 的二极管伏安特性曲线看出,通态压降基本上可以说是一个常数,在一定的范围变化并不显著,在使用中通常把硅二极管的通态压降视为 0.7V,锗二极管的通态压降视为 0.3V。这样靠串联二极管来调整过流保护动作点的方法存在的问题是只能一个阶梯一个阶梯地调整,从图 1 我们也可以看出这 0.7V 的动作电压反映在  $U_{ce}$  上,就意味着  $I_c$  将产生很大的变化,所以串联二极管的方法很难做到精确地设定过流保护的临界动作点。

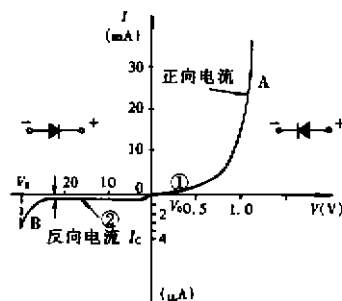


图 4

### 2.4 较为精确的过流保护动作点的调整方法

#### 2.4.1 找出 IGBT 的通态压降 $U_{ce(ON)}$

(1)在厂家提供的 IGBT 测试参数或特性曲线表中,根据选定的正向栅极电压  $U_{ge}$  查出相应的通态饱和压降  $U_{ce}$ 。

(2)自行测试。具体测试线路和步骤不少文献上都有介绍,此处从略。在 IGBT 的额定电流较大而直接测试的条件又不具备时,我们可采用推算的办法来加以弥补。从 IGBT 的输出特性图中可以看出,对正常工作的栅极电压  $U_{ge}$  来说,集电极电流稍大时曲线近似为直线,故可以根据集电极电流较小时的若干个点来推算出额定电流附近的通态管压降。例如我们测得德国西门康的某块

SKM50GB100D 型 IGBT 在栅级电压  $U_{ge} = +15V$  时的一组数据如下:

$I_c$ :	$U_{ce}$ :
24.7A	1.89V
30.1A	2.05V
31.6A	2.11V

由此可以很容易算出在  $U_{ge} = +15V$ ,  $I_c = 50A$  时,  $U_{ce} = 2.85V$ 。

2.4.2 找出驱动块的过流保护临界电压动作值可以采用如下两种办法。

(1) 根据厂家出厂的测试数据或者从有关资料上查出。

(2) 自行测试, 以三菱公司的 M57959L 为例, 所用线路如图 5 所示。

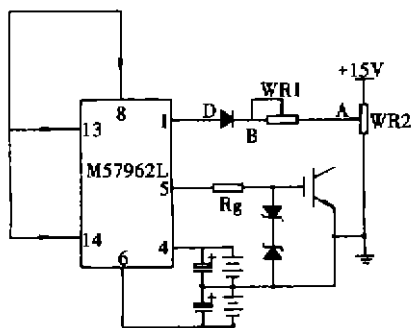


图 5

令可变电阻  $WR1=0$ , 在输入信号端 13-14 之间给定一个使 IGBT 导通的“1”信号, 通过改变  $WR2$ , 逐渐地升高仿真的  $U_{ce}$  电压, 一直到驱动块保护恰好动作 (从监视栅极电压的示波器上即可监视驱动块保护是否动作) 时的电压  $U_A$  即为该驱动块的过流保护临界动作电压。例如我们测得的日本三菱公司 M57959L 型某片驱动块的过流保护临界动作电压值为 7.84V。

2.4.3 在驱动块与 IGBT 集电极之间串联电阻

用此方法来调整过流保护临界动作电压, 使之与所驱动的 IGBT 通态压降相对应, 如图 5 所示, 具体做法如下。

(1) 改变  $WR2$ , 使得  $U_A$  等于前面找出的 IGBT 的通态压降。

(2) 缓慢地加大可变电阻  $WR1$  使 B 点的电压  $U_B$  从  $U_A$  起逐步地升高, 当  $U_B$  达到 IGBT 驱动块过流保护临界动作电压时, 测出  $WR1$  的阻值并换上相应的电阻  $R$ 。如我们在图 6 的电路中,  $R$  为  $18.1k\Omega$ 、 $1/16W$ 。

(3) 测试完后的实际运用线路如图 6 所示,

IGBT 型号为 SKM50GB100D, 栅级电压  $U_{ge} = +15V$ 。二极管 D 的反向耐压, 恢复时间等参数与原来所要求的一样。二极管通态压降与电阻  $R$  两端电压的和应等于驱动块过流保护临界动作电压值与 IGBT 正向管压降  $U_{ce}$  之差。

(4) 实践表明由于电阻  $R$  两端的电压  $U_R$  是经连续调节后而确定的, 所以 IGBT 过流保护的临界动作电压值也可以连续地调整, 从而我们可以根据需要来精确地设定 IGBT 过流保护的临界动作电压值。

(5) 我们还用上述方法对日本、德国好几个型号的 IGBT 和驱动块进行了测试和配合使用, 都取得了很好的效果。使用时原电路板也不必改动, 只需串上一只电阻即可。

(6) 当要求临界动作值不对应于 IGBT 额定电流时, 也可以比照上述步骤进行调试。实践表明该方法可操作性强, 适用面广。

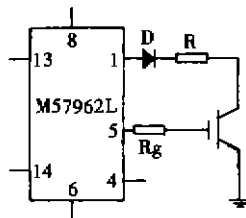


图 6

### 3 结论

(1) 现在广泛采用的在 IGBT 驱动块过流检测回路中串联二极管的方法, 只能一档一档地设定过流保护临界动作电压, 有较大的误差, 从而容易造成过流保护失败。

(2) 用在 IGBT 驱动块的检测回路中串联电阻的办法可以精确地设定过流保护临界动作值。

(3) 本文对改善 IGBT 的过流保护有参考价值, 简单易行。

对我们的研究, 江西省科委以及刘镇欧教授、何湘宁博士、赵岚同志、张永生同志、胡杰华高工、章子明高工都给予了大力的支持, 在此表示由衷的感谢!

#### 参考文献

- 1 钱文明等. 用于 IGBT 的专用集成驱动器 HR065 的设计原理与应用研究. 电气传动, 1995, (2)
- 2 由宇义珍. 马达控制用电力电子技术的现状与未来. 第四届中国交流电机调速传动学术会议论文集. 1995.

收稿日期: 1997-04-28