

# IGBT 驱动保护电路的改良设计

王 强, 刘 皓, 陈 军

(1. 东华理工学院, 江西省抚州市 344000; 2. 华北电力大学, 北京市 102206;  
3. 临川供电局, 江西省抚州市 344000)

**【摘 要】** 在实际应用电力电子技术过程中, 绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 驱动保护电路的合理设计应根据具体器件的特性, 选择合适的参数, 使之实现最优驱动和有效可靠的保护。文中针对具体工程, 对 IGBT 驱动保护电路的难点进行了分析, 采用连续调节 IGBT 保护整定值的办法实现精确检测及使用延时判断电路用以判断真假过流的设计思想, 对常用的 IGBT 驱动保护电路进行改进, 克服了在使用中无过流自锁功能、过流保护的阈值过高、无法对真假过流进行判断的缺陷, 获得令人满意的实验结果, 已安全应用于有源电力滤波器装置中。

**关键词:** 驱动保护电路, IGBT, 延时真假判断

**中图分类号:** TN710.2

## 0 引 言

绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 是由大功率晶体管 (GTR ——giant transistor) 和 MOSFET 组成的复合全控型电压驱动式电力电子器件。它集两者的优点于一身, 自 20 世纪 80 年代开发以来倍受人们青睐, 在许多领域获得广泛应用。但在应用 IGBT 的过程中, 发现了一系列问题, 例如过流保护、过压保护和驱动等。这对 IGBT 器件的应用水平、装置工作的稳定可靠, 很大程度上有直接影响。因此, 在应用电力电子技术过程中, 一个关键问题就是驱动保护电路的合理设计和应用。因而, 实际应用中应根据具体器件的特性, 设计合适的参数, 以实现最优驱动和有效可靠的保护。

本文针对实际需要, 设计了一套适合于 1 200 V/400 A IGBT 的驱动保护电路, 并对其进行了实验测试。与集成驱动芯片相比, 克服了在使用中无过流自锁功能、过流保护的阈值过高、无法对真假过流进行判断的缺陷。

## 1 IGBT 驱动电路的难点与对策

一般说来, IGBT 的栅源特性呈非线性电容性, 并工作于高频开关状态, 其快速通断导致过高的电流尖峰, 在控制回路中产生干扰, 引起振荡。因此, 选用的驱动电路必须有足够的瞬时电流吞吐能力及快速光耦作为隔离器件。

栅极串联电阻  $R_g$  对驱动波形的上升、下降速率、

开通损耗及尖峰电压都会产生影响。 $R_g$  的选取处于一对矛盾之中, 本文所用的 1 200 V/400 A IGBT, 工作频率为 10 kHz, 经过实际电路的反复调试, 最终确定其理想值  $R_g = 5.6 \Omega$ 。

过流问题是 IGBT 和设备安全运行的重要因素, 对于 1 200 V/400 A IGBT 来说, 导通压降为 2 V 左右, 而驱动模块 EXB 系列、M579 系列等, 虽集成有过流保护, 但保护临界电压动作值 (7 V ~ 10 V) 是不可调节的。工程上常采用调整串联在 IGBT 集电极与驱动块之间的二极管的个数。其存在的问题是只能阶梯式地调整, 而 0.7 V 的动作电压反映在 IGBT 上时,  $I_C$  将产生很大的变化, 很难做到精确设定过流保护的临界动作点。所以改为由检测二极管压降、检测电阻压降、检测 IGBT 的导通压降及其基准电压之和的方法达到精密测量的目的。

干扰总是不可避免的, 它会引起瞬时过流、过压, 时间很短, 例如在 IGBT 承受范围之内, 这就要求驱动电路启动保护电路在进行软关断的同时, 由延时电路和封锁电路判断真假过流并彻底封锁驱动信号。

## 2 电路的设计与实现

根据上述对 IGBT 的分析, 设计了一套具体的驱动保护电路, 如图 1 所示。

正常开通时, B 点电位由 0 V 升至 13 V (稳压管的击穿电压为 13 V) 所需时间  $t_1$  为:

$$20(1 - e^{-t/\tau}) = 13$$

式中:  $\tau = R_4 C_2 = 2.70 \mu s$ 。

收稿日期: 2004-07-05

因此,  $t_1 = 2.83 \mu s$ 。

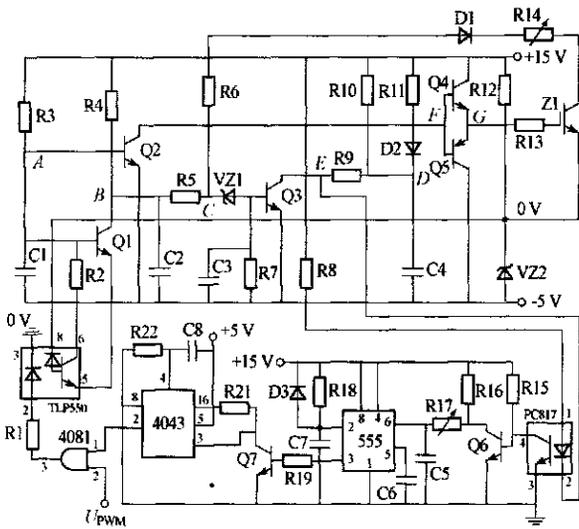


图1 驱动保护电路原理

在光耦 TLP550 的 2、3 脚间加高电平约  $1 \mu s \sim 2 \mu s$  后 IGBT 就已经开通,故 B 点不会升到 13 V 使稳压管 VZ1 击穿。

若 IGBT 因承受短路电流而退出饱和, C 点电位由 8 V 上升到 13 V 所需时间  $t_2$  为  $0.23 \mu s$ ; D 点由 20 V 下降到  $U_D$ , 其中  $U_D$  由下式确定:

$$\frac{20 - U_D}{R_{10}} + \frac{20 - U_{D2} - U_D}{R_{11}} = \frac{U_D - U_{D3}}{R_9}$$

如果在封锁驱动信号前故障排除, 则电路恢复正常工作的最长时间  $t_4$  由下式决定:

$$20(1 - e^{-t_4/4}) + 3.53e^{-t_4/4} = 19$$

式中:  $4 = C_4 R_{10} = 48.4 \mu s$ 。

因此,  $t_4 = 135.59 \mu s$ 。

对过流情况给以真假判别。电路一旦发生过流, 慢关断电路就开始工作, 而封锁驱动信号的电路需经一定延时来判别, 以免误动作。延时电路由  $R_{16}$ 、 $R_{17}$ 、 $C_5$  和 LM555 来实现, 判别时间  $t_5$  为:

$$12(1 - e^{-t_5/5}) = 8$$

式中:  $5 = (R_{16} + R_{17}) C_5 = 7.3 \mu s$ 。

因此,  $t_5 = 8.02 \mu s$ 。

故从检测到过流至驱动信号封锁, 总延时  $t$  为:  $t = t_2 + t_5 = 8.25 \mu s$ 。

### 3 实验结果与分析

实验主电路为三相全桥逆变回路, 负载用 8 个 3 kW/220 V 的电炉以提高功率。用 Tektronix 的 TDS224 观测和记录实验波形。

IGBT 驱动波形示意图如图 2 所示。

由试验波形可知, IGBT 通断时间都在  $2 \mu s$  以内,

说明驱动电流完全能够满足驱动。

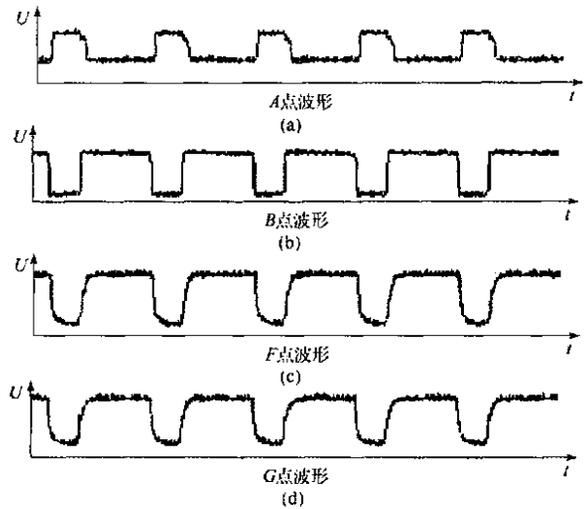


图2 驱动电路关键点波形

短路保护延时的测试波形示意图如图 3 所示。

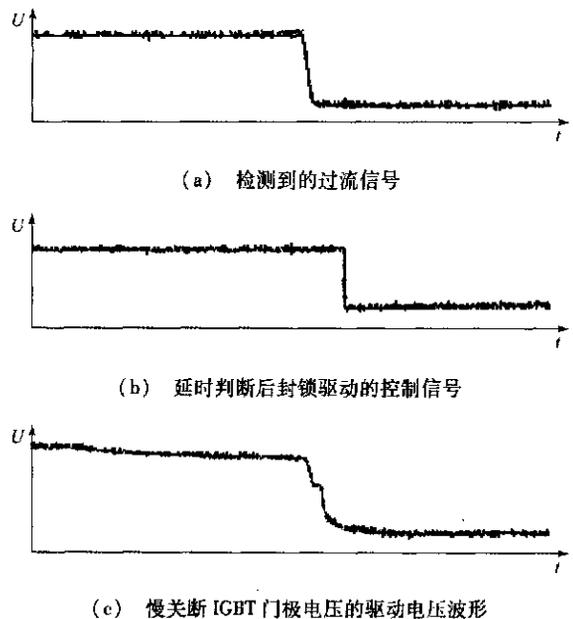


图3 保护电路延时波形

由图 3 可看出, 从检测到过流  $8.5 \mu s$  后, 判为真过流, 完成保护动作。

目前国内较流行的 IGBT 驱动模块有 EXB841 和 M57962AL 两种。在驱动大容量 IGBT 时, M57962L 比 EXB841 更可靠, 稳定性较好。在比较实验中, M57962L 外围电路采用典型配置, 驱动波形示意图如图 4 所示。

由图 2 和图 4 中所示的驱动波形比较可以看出, 两者均能实现驱动功能, 与 M57962L 驱动芯片相比, 所设计的驱动保护电路具有过流保护参数连续调节功能, 过流时可实现慢关断, 同时进行真假过流判断, 电

路发生故障时可彻底封锁驱动信号。

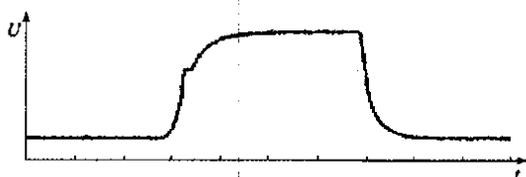


图 4 IGBT 驱动波形

综上所述,本文所设计的驱动保护电路的结果令人满意,已安全应用于 1 200 kVA 的有源电力滤波器装置中,具有一定的实用和推广价值。

## An Improved Design of IGBT Drive and Protect Circuit

Wang Qiang, Liu Hao, Chen Jun

(1. East China Institute of Technology, 344000, China; 2. North China Electric Power University, 102206, China; 3. Linchuan Power Supply Bureau, 344000, China)

**【Abstract】** According to the specific properties of the device, suitable parameters should be chosen to drive optimum and effective realize and protect the IGBT in the application of power electronics through reasonable design of IGBT drive and protection circuit. Focusing on a specific project, the paper analyzes the difficulties of IGBT drive and protection circuit, and adopts along regulation of IGBT value to implement fine measurement and uses delay judging circuit to judge the T/ F over-current so as to improve the common IGBT drive and protect circuit, and overcome the shortcomings, such as high over current value and no T/ F over-current judgment etc. The improved circuit shows very desirable experimental results and has been applied to APF equipment safely.

**Key words:** drive and protection circuit, IGBT, T/ F delay judgment

### 参 考 文 献

- [1] 沈龙大,朱兆年,许 霞. 电网高次谐波有源抑制装置的工业应用. 电气传动. 1993,23(5):39~47
- [2] 魏克新,周秋茜,王丽娟. IGBT 门极驱动电路的研究. 电气传动. 1997,27(1):53~57
- [3] Akagi H. New Trends in Active Filters for Power Conditioning. IEEE Trans on Industry Applications, 1996,32(6):1312~1322

### 意法半导体推出汽车级 16 位 MCU

意法半导体 (ST) 推出一个基于工业标准 ST10 核心的汽车级 16 位微控制器——ST10F280。该产品专为单片发动机控制单元和 I/O 密集型应用而设计,在 8 个端口上,共设计了 143 条通用线路。

ST10F280 是一个 5V 单压器件,无需特殊的闪存编程电压。内置 512 kB 节闪存把代码内存容量提高了一倍。新产品增装了一个 18 kB 的内置 RAM,对大多数应用无需增加任何芯片。对于需要大容量外存储器的应用,ST10F280 外部总线控制器最多可寻址 16 MB。

芯片外设包括标准微控制器的功能,例如,中断处理和单循环数据传输附加 8 通道 DMA、定时器、串行通道、模拟/数字转换器和脉宽调制器。

此外,还增加了汽车专用模块,如 2 个 CAN 接口、2 个监视定时器。产品采用 208 引脚 BGA 封装。

### 2005 年中国汽车电子产品将达千亿

中国汽车电子产品市场规模在未来几年将会保持快速增长的态势。到 2005 年,中国汽车电子产品市场需求额可达到 1050 亿元。

汽车产业和电子信息产业是中国国民经济中规模最大的两个产业。随着这两大产业的快速发展,作为这两大产业“结合体”的汽车电子产业,也正在步入跨越式发展阶段。汽车电子产业已经成为中国乃至全球汽车工业和信息产业中最引人注目的新兴增长点。

据统计,2001~2003 年国内汽车电子产品市场规模保持高速增长,2003 年市场规模为 550 亿元,比上年增长 41.5%。汽车电子市场规模的不断扩大,主要得益于这几年汽车市场的“井喷式”发展,如 2003 年我国汽车产销量分别达到 444 万辆、439 万辆,同比增长 35%和 34%。据媒体估计,到 2005 年,中国汽车电子产品市场需求额可达到 1 050 亿元。