

# 基于 PC929 的 IGBT 驱动和保护电路设计

訾振宁 郝瑞祥 游小杰 郑琼林

(北京交通大学电气工程学院, 北京 100044)

**摘要** 本文根据 IGBT 器件特性总结了驱动电路的设计要求。采用 PC929 设计了一种简单、实用的 IGBT 驱动电路, 分析了保护电路的性能。进行的正常开关闭断实验和故障保护实验表明, 该电路可满足 IGBT 驱动的要求, 并具有可靠的保护功能。

**关键词:** IGBT; 驱动电路; 保护电路

## PC929-based Drive and Protection Circuit for IGBT

Zi Zhenning Hao Ruixiang You Xiaojie Zheng Qionglin

(School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract** IGBT drive circuit demand of the design are concluded in this paper, according to the IGBT component characteristics. A simple and practical PC929-based drive and protection circuit for IGBT designed by ourselves is introduced, and its protection circuit performance has analyzed. It has been testified by switch experiment and fault protection experiment that it can satisfy the IGBT drive request, and has the reliable protection function.

**Key words:** IGBT; drive circuit; protection circuit

## 1 引言

绝缘门极双极型晶体管 IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor), 是 20 世纪 80 年代中期发展起来的一种复合了功率场效应管和电力晶体管优点的新型复合器件, 既具有输入阻抗高、开关速度快、热稳定性好和驱动电路简单的优点, 又具有通态电压低、耐压高和承受电流大等优点, 因此发展迅速, 很快在电机驱动、中频和开关电源以及要求快速、低损耗的领域得到广泛应用<sup>[1]</sup>。在 IGBT 的实际应用中, 其栅极驱动电路的合理设计是保证 IGBT 安全可靠运行的重要环节。目前, 国内外推出了针对 IGBT 的多种驱动模块, 如 EXB841、M57962L、IR2110<sup>[4]</sup>、IXDN404<sup>[7]</sup>等, 实际应用中, 多种 IGBT 驱动模块电路使用上都有其局限性<sup>[3]</sup>。本文介绍了一种采用 PC929 芯片的 IGBT 驱动电路设计方法, 具有简单实用的优点, 可用于中小功率的变流器。

## 2 IGBT 驱动电路设计要求

根据 IGBT 的特性, 对其驱动电路有如下要求:

(1) 提供适当的正反向栅极电压, 使 IGBT 可靠地开通和关断。当正偏压增大时 IGBT 通态压降和开通损耗均下降, 但若栅极电压  $U_{GE}$  过大, 则负载短路时其  $I_C$  随  $U_{GE}$  增大而增大, 对其安全不利。因此使用中  $U_{GE}$  取 15V 左右正向栅极电压较为合适<sup>[2]</sup>。负偏电压可防止由于关断时浪涌电流过大而使 IGBT 误导通, 一般选  $U_{GE}$  为 -10V 左右为宜。

(2) IGBT 开通后, 驱动电路应提供足够的电压、电流幅值, 使 IGBT 在正常工作及过载情况下不致因退出饱和而损坏。

(3) 能为 IGBT 栅极提供具有较陡峭前后沿的驱动脉冲。IGBT 的快速开通和关断可降低开关损耗。

(4) 选择恰当的 IGBT 驱动电路中的栅极电阻和保护检测回路电阻。

(5) 具有栅压限幅电路, 保护栅极不被击穿。IGBT 栅极极限电压一般为  $\pm 20$  V, 驱动信号超出此范围可能破坏栅极<sup>[6]</sup>。

(6) 驱动电路应具有较强的抗干扰能力及对 IGBT 的保护功能。IGBT 的控制、驱动及保护电路等应与其高速开关特性相匹配, 另外, 在未采取适

当的防静电措施情况下, IGBT 的 G-E 端不能开路。

### 3 基于 PC929 的 IGBT 驱动电路设计

日本 SHARP 公司生产的 PC929 芯片具有高速、内建短路保护电路、使用方便等特点,是一种比较典型的驱动电路芯片。驱动电流最大为 0.4A;具有小于 0.5s 的高速响应时间;隔离电压高达 4kV,适用于中小容量 IGBT 的驱动。

本文设计的基于 PC929 的驱动保护电路具有单电源、正负偏压、过流检测、可靠保护等主要特性，

功能较为完善, 具有广泛应用前景。驱动电路由驱动主电路和保护逻辑电路两部分组成。

### 3.1 驱动电路简介

图 1 所示为基于 PC929 的驱动电路。PC929 是内建短路保护电路的门极驱动高速光耦芯片, PWM 脉冲输入到芯片 1、3 脚, 26V 的供电电压接到 13、14 脚。由于桥臂上、下开关管驱动电压不能共地, 因此每个 IGBT 管的驱动电路需要单独电源供电, 本实验采用开关电源提供的各路独立的直流电源。

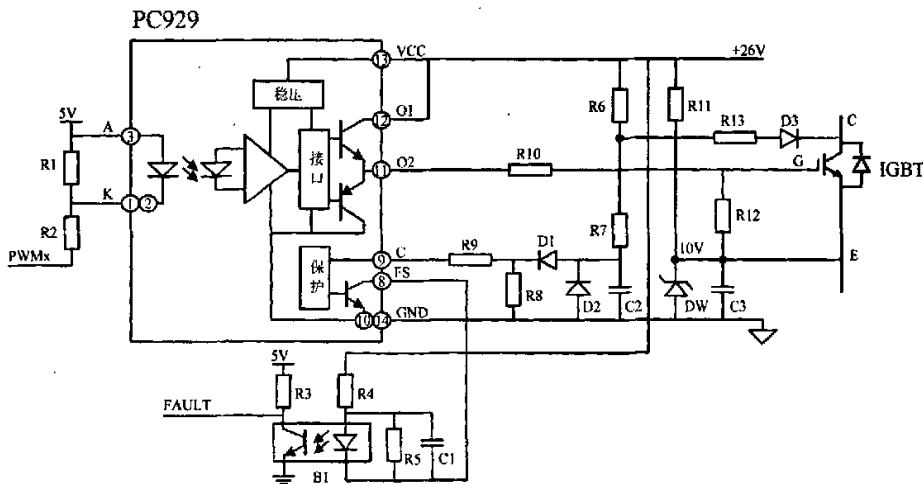


图 1 基于 PC929 的驱动电路拓扑

11 脚通过 R10 构成门极脉冲输出, 通过电阻 R11 和 10V 稳压管 DW 产生 10V 电压基准, 这样, PC929 输出驱动电压相对 E 点为正 16V 和负 10V 电压信号, 满足驱动 IGBT 的要求。

9 脚为故障判断引脚, 外围由 R6、R7、R8、R9、R13、D1、D2、D3、C2 构成包含滤波功能的故障判断回路。通过设计 9 脚外围电路, 可以把需要产生保护的电流与 9 脚规定的  $V_{cc}-6V$  电压建立对应关系。

8 脚作为芯片的故障输出引脚通过光耦接到保护逻辑中。

### 3.2 驱动电路工作原理

### (1) 正常开关过程

当控制电路 PWM 脉冲进入 PC929 芯片, 在 PWMx 输入信号为低电平时, 芯片中的光耦导通, 信号通过芯片中的推挽电路, 11 脚产生相对于 E 点的 16V 高电平, 经过电阻 R10 给 IGBT 栅极提供电流, 使管子迅速导通。

反之，如果 PWM<sub>x</sub> 输入信号为高电平，芯片中

光耦不导通, 则 11 脚产生相对于 E 点的负 10V 电平脉冲信号, 栅极电荷迅速放掉, 封锁 IGBT。

栅极电阻  $R_{10}$  对工作性能有较大的影响,  $R_{10}$  较大时, 有利于抑制 IGBT 的电流上升率及电压上升率, 但会增加 IGBT 的开关时间和开关损耗;  $R_{10}$  较小时, 会引起电流上升率增大, 使 IGBT 误导通或损坏。 $R_{10}$  的具体数据与驱动电路的结构及 IGBT 的容量有关, 一般在几十欧左右, 小容量的 IGBT 其  $R_{10}$  值一般较大。本文实验电路中栅极电阻  $R_{10}$  选为  $100\Omega$ 。

## (2) 故障保护动作

PC929 对 IGBT 的保护是通过检测  $V_{ce}$  电压来实现的。R6~R9, R13, D3 构成对  $V_{ce}$  的检测回路。当 IGBT 产生过流故障或短路故障的时候, 集电极电流迅速增加, IGBT 集电极电压上升。导致 9 脚电压超过保护值, 即当电位高于  $V_{cc}-6$  (20V) 时, 关断输出, 同时芯片 8 脚 FS 输出低电平故障信号, 经过光耦 B1 送至 RS 触发器。隔离后的保护信号传递到保护闭锁逻辑电路, 经过逻辑处理, 将所有脉

冲封锁。

对  $V_{ce}$  的电压进行检测的电路参数选择, 对于实现准确可靠的保护十分关键。图 2 所示为 FP25R12KE3 型 IGBT, 在门极驱动电压为 15V 时的输出特性曲线。本文实验电路中 IGBT 额定运行电流为 10A, 故过流保护值设置为 25A。根据图 2 中 125℃ 时的特性曲线可知, 当  $V_{ce}$  电压大于 2V 时, 电流值为 25A。通过对 R6~R9, R13 电阻值的适当选取, 可以使  $V_{ce}$  电压大于 2V 时, PC929 的 9 脚检测电压大于  $V_{cc}-6V$ , 根据 PC929 芯片功能封锁 PWM 脉冲。

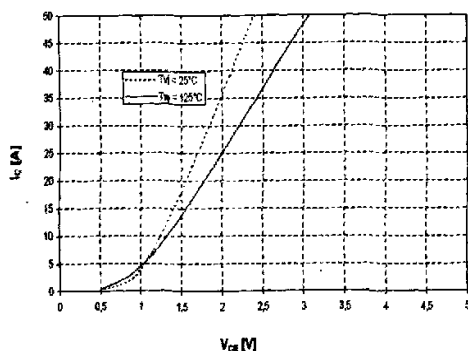


图 2 FP25R12KE3 型 IGBT 的输出特性曲线<sup>[5]</sup>

供电电源的质量对驱动电路和保护逻辑电路正常使用十分重要。如果在发生短路过流的情况下, 开关电源出现不稳定, 影响逻辑电路的供电, 就会导致保护失败, 不能封锁脉冲, 进而容易损坏 IGBT。

为了使该驱动电路可靠保护, 必须保证 9 脚接收的电压信号稳定而没有纹波, 电路中设计的 C2 起到了这个作用, 它起到滤除电路中纹波的作用, 保证了 9 脚保护的高度可靠性, 否则可能因为毛刺发生误保护。

### 3.3 短路保护闭锁电路设计

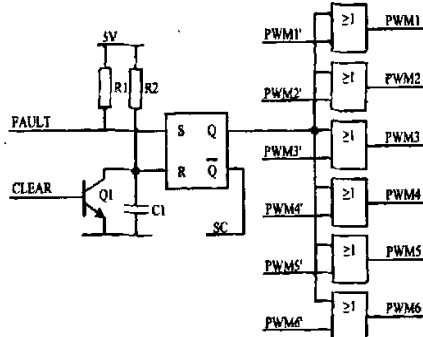


图 3 IGBT 短路保护闭锁逻辑电路

图 3 所示为六路驱动电路的逻辑保护电路, 保

证了在各种硬件故障情况下各个 IGBT 脉冲的可靠封锁。PC929 驱动电路产生的故障 (FAULT) 信号经过 RS 触发器和一个或门, 触发器 Q 输出高电平使或门输出保持高电平, 产生反馈回驱动芯片的保护信号, 可以封锁六路芯片输出脉冲。同时, 触发器 Q 输出 SC 信号引起 DSP 功率驱动保护中断, DSP 进行相应的程序处理。

## 4 试验结果分析

将上述驱动电路应用于 3.7kW 三相 PWM 整流器中, 进行了如下试验。

图 4 是使用该驱动电路产生的典型驱动脉冲的波形图, 其中通道 1 为输入控制信号, 通道 2 为输出驱动信号。如图所示, 可以看出该驱动电路产生的 16V 高电平和负 10V 低电平脉冲, 可以可靠导通和关断 IGBT。

图 5 是驱动脉冲的上升沿波形图, 其中通道 1 为输入控制信号, 通道 2 为输出驱动信号。图中可以看出, 当控制信号产生导通命令的时候, 该驱动电路在 3s 时, 脉冲就达到 16V, 及时导通 IGBT。

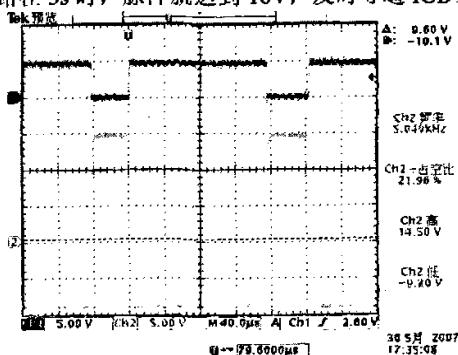


图 4 门极典型驱动脉冲波形

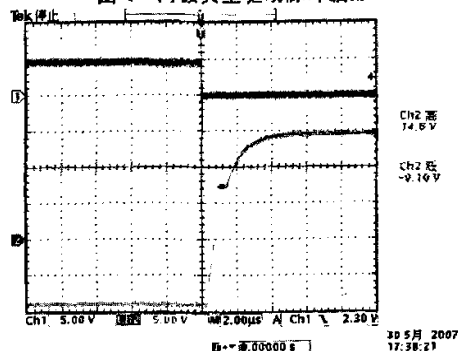


图 5 门极驱动脉冲上升沿波形

图 6 是驱动脉冲的下降沿波形图, 其中通道 1 为输入控制信号, 通道 2 为输出驱动信号。图中可

以看出,当控制信号产生关断命令的时候,该驱动电路在 3s 时,脉冲达到负 10V,及时关断 IGBT。

图 7 是 IGBT 发生功率驱动保护时候,通过逻辑闭锁电路封锁另外一路驱动脉冲的波形图,其中通道 1 为功率驱动保护信号(低电平保护),通道 2 为输出驱动脉冲信号。图中可以看出,当 IGBT 产生功率保护控制信号产生低电平的时候,该驱动电路的逻辑闭锁电路在 2~3s 内及时使其他各路 IGBT 关断,性能可以达到可靠保护所有 IGBT 的要求。

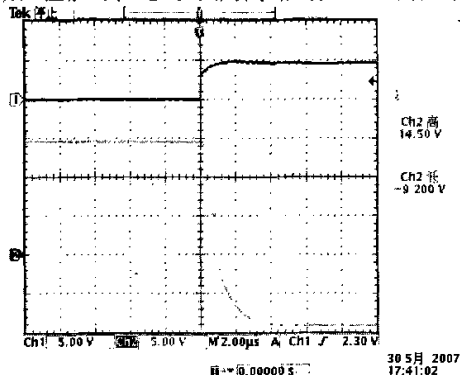


图 6 门极驱动脉冲下降沿波形

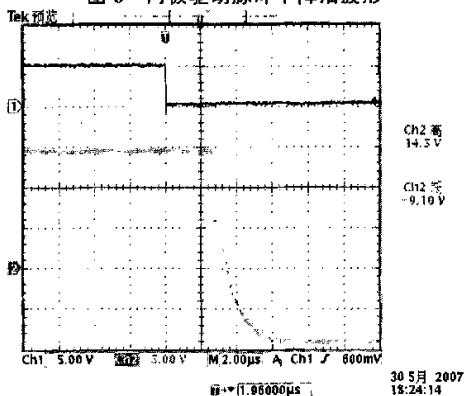


图 7 发生短路保护后驱动脉冲波形

## 5 结论

本文所设计的驱动电路具有如下主要特点:①使用带有短路保护功能的芯片 PC929,简化了电路的结构;②该驱动保护电路应用到 3.7kW 三相变流器中,6 个 IGBT 管均使用相同的驱动保护电路,性能可靠;③设计了的保护逻辑电路,能够满足 IGBT 短路保护的需要,且具有故障自锁功能。试验结果证明,该 IGBT 驱动电路经济、实用、安全、可靠,有较大的应用前景。

### 参考文献

- [1] 王志良.电力电子新器件及其应用技术.北京:国防工业出版社,1995,6.
- [2] 刘星平,李炎斌.IGBT 驱动电路的研究.电气开关,2002(5): 19~21.
- [3] 黄先进,蒋晓春等.智能化 IGBT 驱动电路研究.电工技术学报,2005(4): 89~93.
- [4] 徐延东,张舟云等.一种用于大功率 IGBT 模块的驱动电路.微特电机,2004(8): 29~30.
- [5] SHARP 公司. PC929 Series 芯片说明书. SHARP 公司,2004.
- [6] 丁祖军,郑建勇等.基于 EXB 841 的 IGBT 驱动电路设计及优化.电力自动化设备,2004(6): 37~40.
- [7] 朱选才,周惠升. IGBT 驱动芯片 IXDN404 应用及改进.电源技术应用,2005(4): 49~52.

### 新闻与动态

## 中国首台国产 60 万 kW 超超临界机组投产

2007 年 8 月 31 日,在华能营口电厂,中国首台国产 60 万 kW 超超临界燃煤发电机组,经过 168h 试运行后正式投产。这也是世界上第二台投产的同类型机组。

华能营口电厂地处辽宁营口经济技术开发区内,此次投产的是该厂二期 3 号机组。二期工程于 2005 年 4 月开工建设,设计容量为两台 60 万 kW 超超临界燃煤发电机组,主机设备均由哈尔滨电站设备集团制造。3 号机组投产表明,中国已成为世界上掌握 60 万 kW 超超临界燃煤发电技

术的少数国家之一。

此次投产的 3 号机组,节能减排特点突出:煤耗大幅下降,设计每度电耗煤 292g,每年可节省标准煤 7 万吨;耗水率低,每年可比同容量的亚临界机组节约淡水 130 万吨。该厂还投资 1 亿多元上了海水淡化设备,可保障二期全部用水,并同步实施脱硫和污水零排放工艺,减轻环境污染。

# 基于PC929的IGBT驱动和保护电路设计

作者:

[訾振宁](#), [郝瑞祥](#), [游小杰](#), [郑琼林](#), [Zi Zhenning](#), [Hao Ruixiang](#), [You Xiaojie](#),  
[Zheng Qionglin](#)

作者单位:

[北京交通大学电气工程学院, 北京, 100044](#)

刊名:

[电气技术](#)

英文刊名:

[ELECTRICAL ENGINEERING](#)

年, 卷(期):

[2007 \(9\)](#)

## 参考文献(7条)

1. [朱选才;周惠升](#) [IGBT驱动芯片IXDN404应用及改进](#) 2005 (04)
2. [丁祖军;郑建勇](#) [基于EXB 841的IGBT驱动电路设计及优化](#)[期刊论文]-[电力自动化设备](#) 2004 (06)
3. [SHARP公司](#) [PC929 Series芯片说明书](#) 2004
4. [徐延东;张舟云](#) [一种用于大功率IGBT模块的驱动电路](#)[期刊论文]-[微特电机](#) 2004 (08)
5. [黄先进;蒋晓春](#) [智能化IGBT驱动电路研究](#)[期刊论文]-[电工技术学报](#) 2005 (04)
6. [刘星平;李炎斌](#) [IGBT驱动电路的研究](#)[期刊论文]-[电气开关](#) 2002 (05)
7. [王志良](#) [电力电子新器件及其应用技术](#) 1995

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_dianqjs200709008.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dianqjs200709008.aspx)