

IGBT 栅极驱动技术探讨

王世杰

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130021)

摘要: 绝缘栅双极二极管(IGBT)作为一种可控开关,获得了广泛应用。IGBT的栅极驱动技术是其应用的一个重要方面。在本文中着重讨论了IGBT栅极驱动及保护的基本问题,并介绍了几个新的应用实例。

关键词: 绝缘栅双极二极管; 栅极; 驱动; 保护

中图分类号: TN313.6 文献标识码: A

1 引言

由于功率容量增加,控制方法简化及成本下降等原因,功率半导体器件正获得更广泛的应用。

目前应用的功率半导体器件,根据其控制方式分为三种:

- 1) 二极管,由功率电路控制其通断。
- 2) 晶闸管,用控制信号使其导通,但必须使用功率电路使其关断。
- 3) 可控开关,由控制信号使其通断。

可控开关类包括:双结晶体管(BJT),金属氧化物半导体场效应管(MOSFET),门可关断晶闸管(GTO),绝缘栅双极二极管(IGBT),MOS控制晶闸管(MCT),近年来主要发展的功率半导体器件是这类器件。

IGBT集MOSFET和BJT的优点于一身,即具有输入阻抗高,速度快,热稳定性好和驱动电路简单的特点,又具有通态电压低,耐压高和承受电流大等优点,因而IGBT在电机驱动,功率变换电路等方面获得了广泛应用。

2 IGBT 栅极控制技术

2.1 栅极电压的选择

栅极电压的选择要考虑栅极电压的最大极限与集电极电流的使用范围,还要考虑栅极电路与器件参数的分散性。电压选为 $15V \pm 10\%$ 较佳。IGBT栅极要加负电压,可增加栅极抗干扰能力,

避免IGBT误动作。对于小容量变换器中的IGBT可不加负偏压也能正常工作,中等容量可加反偏压5-6V,对于大容量要加到15V。

2.2 几种典型IGBT栅极驱动方式

1) 变压器驱动法

此种方式优点是有利于驱动信号的隔离与驱动功率的传输,但限制了使用频率,不利于PWM信号传输。

2) 直接驱动法

这种方式适用于小容量的不加保护的IGBT应用场合。可用TTL加晶体管直接驱动IGBT,它要求晶体管有较大的增益和较宽的频带。也可采用CMOS、线性运算放大器加射极跟随器直接驱动IGBT。现有MIC4451等驱动器可直接用来驱动IGBT。

3) 光耦隔离驱动

此种方式采用光耦传输驱动信号并进行放大,对通断时间宽度无限制,工作速度可足够高,是目前广泛应用的一种方式。但它对光耦的要求较高,要求光耦速度快(传输延迟时间为 μs 级),绝缘耐压高于电源电压,共模抑制比大。

应用光耦隔离驱动方式有如下三种方式:1)光耦直接驱动IGBT,无故障检测及保护。2)光耦加带保护的专用电路来驱动IGBT。3)光隔离、保护及驱动等均封装在同一模块内,并且可采用正负偏压,十分便于使用。

2.3 IGBT的保护

IGBT的保护有过流、栅极过压欠压保护及过热保护等。

1) 负载短路保护

负载短路保护是桥接逆变器中的重要保护项目。最简单且常用的保护方法是检测 IGBT 的饱和状态,它能快速检测出短路时过电流的电平,利用断开栅极信号的方法来实现短路保护。另外比较常用的过流检测方法是利用霍尔元件或 CT 测出发射极电流,将反馈信号送控制器。

2) 欠压保护

IGBT 栅极需 15V 才能达到额定的 C-E 结导通压降,如果栅极电压低于 13V,在大电流时,导通压降将急剧上升。当栅极电压低于 10V,IGBT 将工作于线性区并且很快过热。所以要有低栅压保护电路,在栅极电压低于 11V 时断开栅极信号。

3) 过热保护

可通过计算 IGBT 的热力学模型,来确定散热器的温度。采用热敏电阻或温度开关测定散热器温度并反馈信号给控制器来控制 IGBT 栅极信号。

3 IGBT 驱动电路的实现

3.1 无保护光耦直接驱动

图 1 所示为无过流保护的光耦合器直接驱动 IGBT 电路。HCPL-3120 为可输出 2A 的 IGBT 栅极驱动光耦(与其相同封装的 3150 输出能力为 0.5A)。

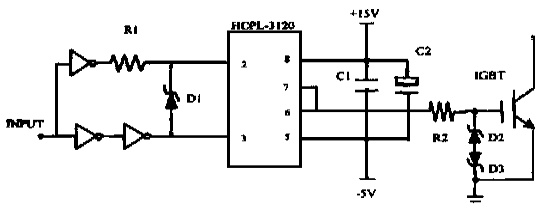


Fig. 1 Gate driver without protection

HCPL-3120 由磷砷化镓光耦合器和功率输出电路组成。这个光耦合器非常适合于应用于电机控制逆变器的 IGBT 和 MOSFET 驱动。其输出电路的宽限工作电压范围,使其易于提供门控器件所需的驱动电压。HCPL-3120 适合于额定容量为 1200V/100A 的 IGBT。对于更高容量的 IGBT,可用 HCPL-3120 驱动分立器件功率级,由其驱动 IGBT 栅极。

HCPL-3120 的主要特征:

2.0A 最小峰值输出电流。最小共模抑制 15kV/ μ S(在 $V_{CM} = 1500V$ 时)。

最大低电平电压 0.5V,不需栅极负压。

最大供电电流 $I_{CC} = 5mA$ 。

宽工作电压范围,15~30V。

最大开关速度:500nS。

3.2 光耦加专用驱动电路

光耦加带保护的专用电路驱动 IGBT 见图 2。

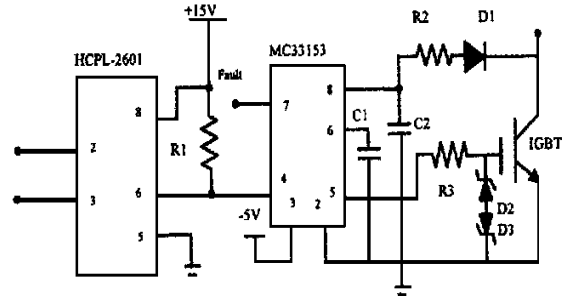


Fig. 2 Gate driver with protection

HCPL-2601 为具有高共模抑制的高速光耦,其输入与 TTL 兼容。

MC33153 是专门设计用作 IGBT 栅极驱动电路,同时它也非常适于驱动 MOSFET 和双极晶体管。其内部设有保护电路,包括:非饱和、过流、欠压保护。

MC33153 有故障输出信号(端 7),可直接与光耦合器相接。准确全部地输出所有的故障信号,对系统的安全运行非常重要。

前面已述及,IGBT 需要栅极欠压保护。MC33153 内设栅极欠压保护电路,从 12V 开始启动工作。欠压保护电路有 1V 左右的滞后,在电压低于 11V 后将关闭输出。

最好的非饱和和检测办法是用一高压钳位二极管和一比较器。MC33153 内部有一非饱和比较器,它可检测集电极电压并在器件非饱和时产生指示输出。D1 是外部高压钳位二极管。当 IGBT 是导通且饱和时, D1 将非饱和和检测端(端 8)拉低。当 IGBT 脱离饱和区或关断时,该电流源将拉高端 8,并触发内部比较器。当栅极输入为高时,集电极电压大于最大允许集电极饱和电压时,表示故障存在,非饱和比较器输出与栅极输入信号相“与”后反馈给短路和过流锁存器,过流锁存器将由于故障的存在而在本周期剩余时间内断开 IGBT 栅极信号。

3.3 集成模块驱动

目前较普遍应用的是 EXB 系列。图 3 中给出的是 EXB840。该模块将光耦合器、过流保护和输出功率级集成一体。它能驱动 75A, 1200V 的 IGBT。工作电源可用直流 20V,内部用稳压管产

生 -5V 电压, 为外用提供负偏压。EXB840 可工作于 40 千赫以下的开关频率。

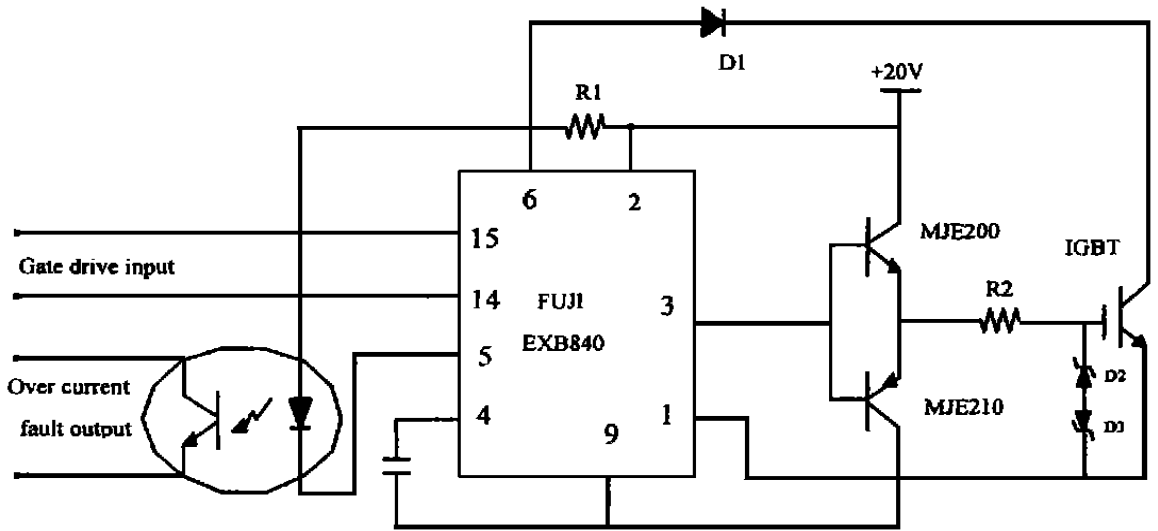


Fig. 3 Gate driver in one module

4 结 束 语

在讨论了 IGBT 栅极驱动技术的基础上, 提出了几种带光隔离驱动 IGBT 的实用电路。由于变压器驱动及直接驱动方式应用不多且较简单,

参考文献:

- [1] NED MOHAN, UNDELAND TORE M, ROBBINS WILLIAM P. POWER ELECTRONICS [M]. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1995.
- [2] 张占松, 蔡宣三. 开关电源的原理与设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1999.
- [3] Erickson Robert W. Fundamental of power electronics [M]. New York: International Thomson Publishing, 1997.

故未多作介绍。对于光隔离驱动方式, 介绍了三种经实际应用而又较为典型的电路。IGBT 的驱动电路很多, 难以全部叙述, 而且随着技术进步, 还在不断推陈出新。愿此文能起到抛砖引玉作用, 给相关科技工作者带来帮助。

Technique of IGBT gate driving

WANG Shi-jie

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021, China)

Abstract: Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) as controllable switch, has been applied widely. Technique of gate driving is an important aspect in IGBT usage. In this paper, technique of gate driving and protection of IGBT are described. Three examples of IGBT gate driving circuit are presented.

Key words: IGBT; gate driving; protection

作者简介: 王世杰(1962-), 男, 吉林省长春市人。副研究员, 理学硕士。1984年毕业于浙江大学工业电子技术专业。1990年毕业于长春光机所研究生部。从事于光电工程、自动化工程、电力电子学方面的工作。