

文章编号:1671-4768(2006)02-0004-03

基于光伏系统 IGBT 的驱动及保护研究

王云丽, 张清扬, 杨化鹏

(西安理工大学, 西安 710048)

摘要: 本文介绍了驱动电路的设计原则和方法, 分析了 IGBT 的几种典型驱动电路, 并对 IGBT 的保护电路进行了探讨。

关键词: 光伏系统; IGBT; 驱动电路; 保护电路

中图分类号: TP21 **文献标识码:** B

1 引言

绝缘栅双极晶体管 IGBT 是由双级型晶体管 GTR 和场效应晶体管 MOSFET 组合而成的新型复合电压控制电力电子器件。自 20 世纪 80 年代中期出现以来, IGBT 在电机控制、变频器、逆变电源和光伏系统等以及要求快速、低损耗的电力电子装置领域中广泛应用。

IGBT 集 MOSFET 和 GTR 的优点于一身, 具有电压控制, 输入阻抗高, 响应速度快, 驱动功率小, 控制电路简单, 开关损耗小, 通断速度快, 工作频率高等优点。IGBT 和其它电力电子器件一样, 实用性也依赖于电路条件和开关环境, IGBT 的驱动电路和保护电路是电路设计的难点和关键。本文提出了驱动电路的设计原则和方法, 对 IGBT 的几种典型驱动电路进行了比较分析, 同时, 对 IGBT 的保护电路进行了简单探讨。

2 驱动电路

2.1 设计驱动电路应考虑的问题

由于是电压控制型器件, 只要控制 IGBT 栅极的电压就可以控制其开通和关断, 并且开通的时候维持比较低的通态压降 V_{CE} 。IGBT 的安全工作区和其开关特性随驱动电路的改变而改变, 因此设计合理的驱动电路是其正常工作的重要保

证。主要考虑以下几方面的问题:

(1) 栅极正向驱动电压是一个重要的参数。图 1 表明了栅源偏压 U_{CE} 与 IGBT 导通电阻 R_{ON} 的关系。从减小通态损耗的角度出发, 应在栅极电压耐量容许的范围内尽可能选高。但是过大的正向栅压将降低 IGBT 的短路承受能力, 对其安全不利。图 2 为栅压 U_{CE} 与短路电流 I_{CS} 和安全短路时间的关系曲线。因此, 从提高 IGBT 短路耐量的角度出发, U_{CE} 值以低为好, 所以该参数应综合考虑。

(2) 为了改善控制脉冲的前后沿陡度和防止振荡, 减小 IGBT 集电极大的电压尖脉冲, 一般在栅极串联电阻 R_G , 一般选 R_G 为十几欧到几百欧。

(3) IGBT 开通后, 驱动电路应提供足够的电

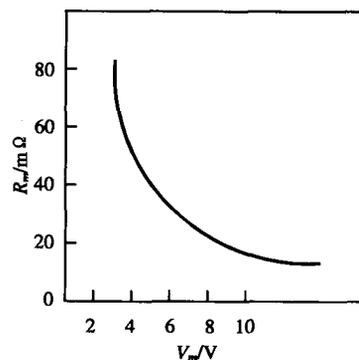


图 1 栅压 U_{CE} 与 IGBT 导通电阻 R_{ON} 关系曲线图

收稿日期: 2005-12-15

作者简介: 王云丽(1981-), 女, 四川邛崃人, 西安理工大学在读硕士生。

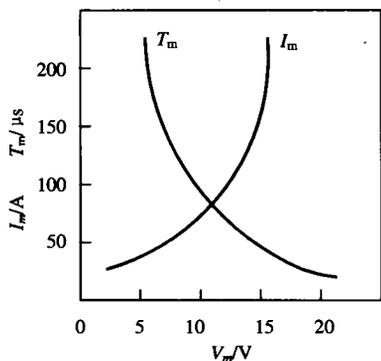


图 2 栅压 U_{GE} 与短路电流 I_{CS} 和安全短路时间关系曲线图

压、电流幅值,使 IGBT 在正常工作及过载情况下,不致退出饱和而损坏。
 (4) 在 IGBT 关断过程中,应考虑在栅极加上反压 $-U_{GE}$,有利于 IGBT 的快速关断,可防止由于关断时浪涌电流过大而使 IGBT 误导通,但其受栅源极之间反向最大耐压的限制。一般取 $-U_{GE}$ 为 $-2\text{ V} \sim -10\text{ V}$ 。

(5) IGBT 的快速开通和关断有利于提高工作频率,减小开关损耗。但由于 IGBT 内寄生晶体管,寄生电容的存在,使栅极驱动信号的脉宽与 IGBT 的损坏有密切关系。在大电感负载下,IGBT 的开关时间不易过短,以限制 di/dt 所形成的尖峰电压,防止 IGBT 因电压击穿而损坏。

(6) 当栅源极间加有高压时,很容易受外界干扰,使栅源电压 U_{GE} (th)引起器件误导通,为防止这种现象发生,可以在栅源间并接一栅射电阻 R_{GE} 。此外,为防止栅极驱动电路出现高压尖峰,最好在栅源间并接两只反向串联的稳压二极管,其稳压值应与正负栅压相同。

2.2 IGBT 的驱动电路分析

2.2.1 IGBT 栅极驱动电路基本形式

IGBT 栅极驱动电路基本形式有三种:直接驱动电路,如图 3 所示;脉冲变压器隔离输出驱动电路,图 4 所示;光耦隔离输出驱动电路,如图 5 所示。

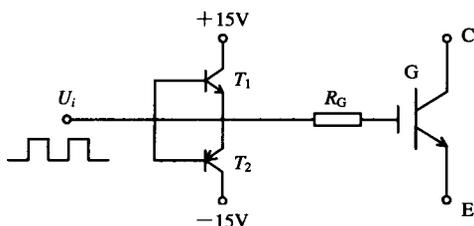


图 3 IGBT 直接驱动电路

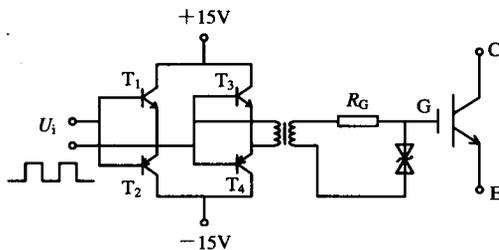


图 4 脉冲变压器隔离输出驱动电路

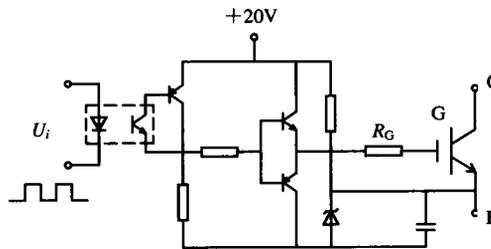


图 5 光耦隔离输出电路

电耦合驱动器的最大特点是双侧都是有源的,由它提供的正向脉冲及负向封锁脉冲的宽度可以不受限制,而且可以较容易地通过检测 IGBT 通态集电极电压实现各种情况下的过流及短路保护,并对外送出过流信号。变压器耦合驱动器的特点是不必专设工作电源且速度高,输入输出间耐压可做得较高,成本较低。

2.2.2 IGBT 集成驱动模块构成的驱动电路

应用 IGBT 集成驱动模块来构成 IGBT 的驱动电路,不但能大大地减少设计工作量,缩短产品开发周期,还能减小体积、降低噪声干扰、改善驱动和保护性能,而且可以大大地提高设备的可靠性。国内外已推出多种集成驱动器,目前我国较为流行的是日本富士公司生产的 EXB 系列。其特点:具有单电源,正负偏压,过流保护和低速过流切断功能,保护信号可输出供控制电路用,但保护功能不够完善。对要求较高的大功率驱动电路不能满足要求,因此在实际应用中,驱动电路的外围必须设计保护电路,同时必须考虑负偏压,保护动作电流以及软关断特性等方面,EXB840/841 的改进驱动电路如图 6 所示。目前国内外都趋向于把这种驱动器做成厚膜电路的形式,因此具有使用较方便,一致性及稳定性较好的优点。其不足之处是需要较多的工作电源。

IR 公司推出的 IR2110 集成驱动器也可以驱动 IGBT。其特点是:设置了自举浮动电源,使用单电源来实现隔离驱动,对全桥驱动电路特别适

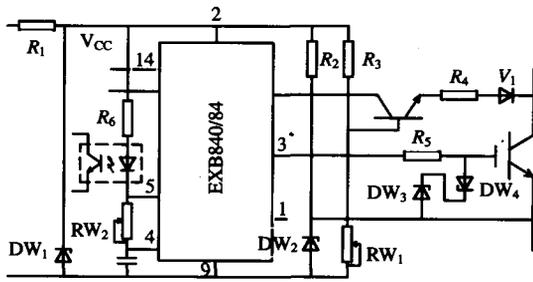


图 6 EXB840/841 驱动电路

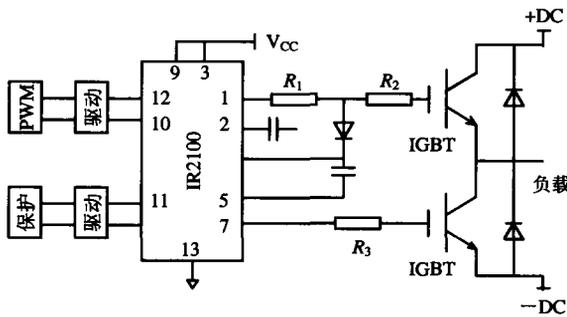


图 7 IR2100 驱动电路

用,其驱动电路如图 7 所示。但 IR2110 自身不带

隔离环节,且不能对 IGBT 实行欠饱和、过饱和保护。因此外围电路需增加隔离电路及抗饱和保护电路。

2SD315A 是 CONCEPT 公司新推出的一种集成度很高的驱动模块。可用于驱动高达 1700V 的 IGBT。其特点:可选择控制逻辑电平,可选择工作模式与死区时间,可选择信号输入与状态输出的模式,其有短路过流保护和智能电源监控等功能。与常用的 EXB 系列驱动器相比较,具有较为完善的保护功能,是目前大功率驱动器的首选模块。其典型应用电路如图 8 所示,图中画出了半桥和驱动电路,若应用到全桥逆变电路中时,只需与该电路呈对称关系即可。LDI (Logic To Driver Interface) 块主要用于接收控制侧的 PWM 信号,经过处理后送入下一级。两个 IGD (Intelligent Gate Driver) 块通过高频隔离变压器从 LDI 接收控制信号,经放大处理后输出 $\pm 15V/\pm 15A$ 的驱动信号。用于驱动侧大功率 IGBT 的控制。

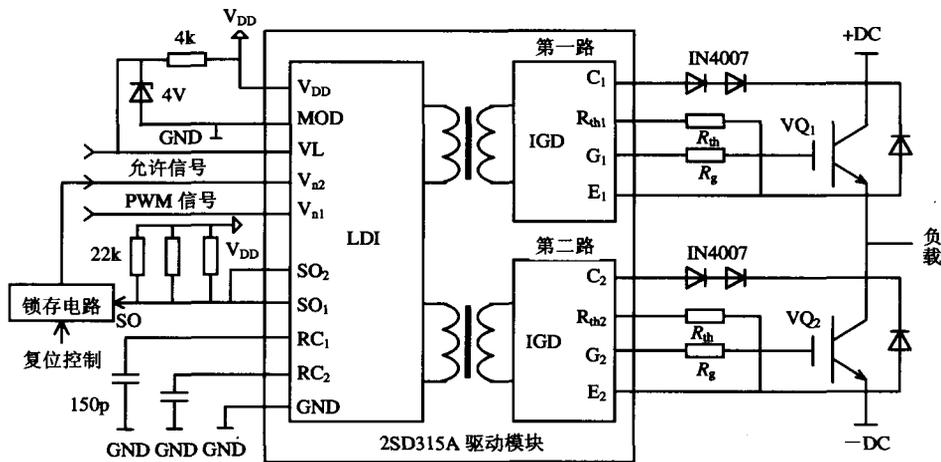


图 8 驱动模块应用电路

3 IGBT 的保护电路

3.1 IGBT 的过压保护

IGBT 开关时,由于主回路的电流的突变,引线电感将产生很高的尖峰电压,该电压是 IGBT 过压损坏的主要原因。我们知道 IGBT 的极间存在着分布电容,栅-集极间分布电容 C_{GC} ,栅-射极间分布电容 C_{GE} ,会产生过大的 du/dt ,在开关转换过程中,易使 U_c 突然升高,造成 C-E 间误导通,损坏 IGBT。

为了防止 du/dt 造成的误触发,在实际应用中应在栅-射极间加旁路保护电阻 R_{GE} , R_{GE} 的取值范围为 $5\sim 10\text{ k}\Omega$ 。为了防止过电压,主要措施:一是通过合理布线使引线电感降至最小;二是设置 RCD(D 指二极管)吸收电路来保护网络。在工作电流较大的情况下,为了减小关断过电压,应尽量减小主电路的布线电感;吸收电容器应采用低感型。大电感负载下,IGBT 的开关时间不能过短,以防止产生过高的尖峰感应电压,损坏 IGBT。

(下转第 9 页)

式电力仪表相比,一台基于虚拟仪器技术的仪表又可替代多台数字式仪表,而且具有数据、报表的存储功能。在实验数据的事后分析上,又可充分发挥 PC 电脑的强大功能。通过本仪器的研发与应

用,使我们又一次体验了“虚拟仪器技术”的优势。如果替换上另一种传感器(变送器)后,再配上相应的软件,就重新构成一台新仪器;从而使仪器的成本大为下降,使用更加方便。

Development and Application of Electrical Parameters Testing Apparatus Based on Virtual Technique

LIU Zhong-qi¹, YANG Zhen-jie¹, ZHENG Wan-cai¹, SUN Li-ren²

(1. Construction Bureau of Donglei Pumping Water From the Yellow River, Shaanxi Weinan 714000, China; 2. Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: There were a lot of electrical apparatus to be tested in over ten pumping stations within the irrigation district of the Phase II Project of pumping water from the Yellow River. The construction bureau cooperated with Xi'an University of Technology for developing the electrical parameter apparatus based on virtual technique. It was shown by practice that the developed apparatus played an important role in the project.

Key words: virtual technique; electrical parameter; testing apparatus

(上接第 6 页)

3.2 IGBT 的过流保护

由于种种因素的影响,在 IGBT 应用的电路中过流现象时有发生。为了防止电路过流造成 IGBT 等元件的损坏,必须设置过流保护电路,当发生过流时,及时检测出过流信号并及时关断 IGBT,以切断故障。

在设计驱动电路时尽量采用集成驱动模块,充分利用其中的保护功能。前面所介绍的驱动模块均已具有过流软关断功能。IGBT 因饱和压降较低,导致短路电流较大,在发生短路故障时,最好采用具有降栅压及软关断功能的保护电路。

4 结束语

综上所述,合理的驱动电路设计是保证 IGBT 开关电路正常和可靠地工作的前提条件。根

据光伏发电系统的要求,各种模块的特性,以及从性价比来看,现有设计中用 IR2100 进行驱动是很合理的选择。同时,在具体设计电路或选择驱动模块时,应清楚地了解各种驱动器的特点和性能,根据实用需要进行正确选择,从而减少盲目性。

参考文献:

- [1] 朱锦洪,史耀武,等. IGBT 驱动电路的保护特性研究[J]. 电焊机,1998(6):25-27.
- [2] 胡俊达. IGBT 的驱动与保护电路研究[J]. 电机电器技术,2003(6):37-40.
- [3] IR Corporation. IGBT Designer's Manual[Z]. International Rectifier, 1993.
- [4] 何凤有,谭国俊,等. IGBT 模块的驱动和保护技术[J]. 电器开关,2003(4):41-43.

The Research of IGBT Driving and Protection Circuit Based on Photovoltaic System

WANG Yun-li, ZHANG Qing-yang, YANG Hua-peng
(Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The statements of states the designing principle and approaches of IGBT driving circuits were presented, analysis of advantages and disadvantages for several driving circuits and researches in the IGBT protection and so on were mentioned, too.

Key words: photovoltaic system; IGBT; driving circuit; protection circuit