

大功率 IGBT 驱动模块 2SD315A 的特性及其应用

孙 稚, 孙梅生, 王 磊

(清华大学, 北京 100084)

摘要:介绍了一种适用于大功率 IGBT 的新型驱动模块,该模块工作频率高,驱动电流大,具有完善的短路、过流保护和电源监控功能。

关键词:模块;过电流保护;驱动/绝缘栅双极晶体管

中图分类号:TM921.51 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-100X(2002)06-0073-03

Character and Application of a Power IGBT Driver Module 2SD315A

SUN Zhi, SUN Mei-sheng, WANG Lei

(Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: A new driver module suitable for large power IGBT is introduced. It has high switching frequency and high gate current, and possessed the functions of perfect power supply monitoring, short circuit and over-current protections.

Key words: module; over-current protection; IGBT; driver

1 引言

2001 年春季笔者研制成功单相输出 100kVA/2kHz 特种变频器,其中选用 625A/1200V 的 IGBT 作为逆变电路主开关器件。由于它所需瞬时驱动电流大,且用户对该变频器的性能要求相当高,IGBT 常用驱动器件 TL P250 和 EXB840/841/850/851 系列等驱动模块存在保护功能不够完善等不足,不能满足要求^[1]。经过研究分析,最终选用 2SD315A 作为 100kVA 变频器中 IGBT 的驱动器件。在半年多的运行中,效果良好。文中阐述了 2SD315A 的主要特点、应用实例和注意事项等。

2 2SD315A 的内部结构

CONCEPT 公司新推出的 2SD315A 是一种集成度很高的驱动模块,内部包含两路 IGBT 驱动电路,可以用于驱动 1700V 的 IGBT,它具有安全性、智能性与易用性的特点^[2]。2SD315A 的内部电路主要可分为三大功能模块,如图 1 所示。第一块是 LDI(Logic To Driver Interface,逻辑驱动转换接口),它主要用于接收“控制侧”的 PWM 信号,经过处理后传送给下一级;第二块是 IGD(Intelligent Gate Driver,智能门极驱动),它通过高频隔离变压器从上一级(LDI)接收控制信号,经放大等处理后输出 $\pm 15V/\pm 15A$ (瞬时电流)的驱动信号,用于“驱动侧”大功率 IGBT 的控制,每只 2SD315A 内部包

含两个 IGD 模块;第三块是输入与输出相互绝缘的 DC/DC 转换器,它的主要功能是给两路输出通道提供彼此隔离的供电。图中的 V_{DD} 和 V_{DC} 都为 +15V,分别为控制侧输入电路和 DC/DC 转换器供电,驱动模块使用单一的 15V 电源产生 +15V 和 -15V 电压,用于驱动外部 IGBT。它采用变压器耦合隔离,工作频率可高于 100kHz,输入输出间交流耐压可达 4000V。

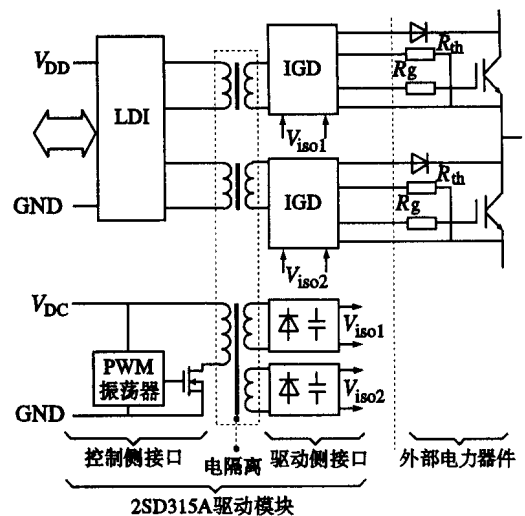


图 1 2SD315A 内部结构

3 2SD315A 的特点

2SD315A 共有 42 个有效引脚,其中除了“驱动侧”的 20 个引脚外,其他比较重要的引脚及其功能如下:MOD(模式定义), RC_1/RC_2 (RC 网络), V_{DD}/V_{DC} ,GND(电源和地),VL(逻辑电平定义), In_A/In_B (A,B 两路控制信号), SO_1/SO_2 (两路状态输出信号)。

收稿日期:2002-02-06

定稿日期:2002-04-03

作者简介:孙稚(1976-),男,吉林长春人,硕士生,研究方向为软开关变频技术。

3.1 可选择的工作模式与死区时间

通过对 MOD 引脚电平的定义, 2SD315A 可产生两种工作模式供用户选择: 独立工作模式与半桥工作模式。在独立工作模式下, 驱动器的两路输出信号相互之间没有任何逻辑联系。具体接线是: 输入引脚 MOD 接 V_{DD} , 输入引脚 RC_1 与 RC_2 接地。在半桥工作模式下, 驱动模块本身可以直接产生所需要的死区时间, 使驱动的两路输出信号不会同时为高电平。对于半桥工作模式: 输入引脚 MOD 接 GND, 输入引脚 RC_1 和 RC_2 分别外接一个 RC 网络, 用于产生所需的死区时间, 以保证半桥电路上、下两只 IGBT 不会直通。

3.2 可选择的控制逻辑电平

2SD315A 驱动模块采用 15V 单电源供电, 引脚 VL 用于选择控制信号的逻辑电平: VL 端采用不同的接法, 输入控制信号 In_A 与 In_B 可以分别采用 TTL 电平与 +15V 电平两种模式工作。

3.3 可选模式的信号输入与状态输出

控制侧的两路信号分别从引脚 In_A 与 In_B 输入。在不同的工作模式下, 这两路信号有着不同的功能。在直接模式下 (MOD 引脚接 V_{DD}), 输入信号 In_A 直接控制通道 1, 输入信号 In_B 直接控制通道 2; 在半桥工作模式下 (MOD 引脚接 GND), PWM 信号从引脚 In_A 输入, 而引脚 In_B 输入的信号被定义为“允许”信号, 同时对两个通道起作用: 当 In_B 输入为高电平时, 两通道处于正常工作状态, 当 In_B 输入为低电平时, 两通道同时被封锁。模块处于封锁状态时, 模块输出的两路门极控制电压都为 -15V, 以确保被控制的两只 IGBT 都处于安全关断状态。

2SD315A 有两个引脚 (SO_1 与 SO_2) 专门用于输出模块的工作状态, 其输出端结构皆为集电极开路输出, 因此可通过外接上拉电阻以适用于各种电平逻辑。在正常工作时, 两路 SO 状态输出都为高电平; 当某一通道被检测到有故障信号产生时, 它所对应的 SO 引脚的输出电平立刻被拉低到 GND。

3.4 短路与过流保护

2SD315A 的两通道输出端都配备有 U_{ce} 监测电路。当某一路或两路的驱动侧电力器件出现短路或过流现象时, 监测电路会立刻将异常状态回馈到驱动模块, 产生故障信号并将它锁存, 驱动模块内部会同时产生一个典型值为 1 秒钟的封锁时间, 在封锁期间, 驱动模块处于封锁状态, 将两组 IGBT 及时截止。同时, 状态输出端对应的 SO 引脚也输出代表出现故障的低电平信号, 可以用于其他保护控制。

3.5 智能型电源监控

若给驱动模块供电的电源电压过低, 将会影响驱动电路可靠性, 甚至使被驱动的 IGBT 处于“放大状态”, 功耗过大, 温升高, 造成器件损坏。2SD315A 驱动模块内集成了低电压监控电路, 一旦电源输入电压低于 10V, 监控电路就向模块内部发送故障信号, 使整个模块处于封锁状态, 以保系统安全。

4 2SD315A 应用实例

4 只 625A/1200V 的 IGBT 构成桥式逆变主电路, 它们由两片 2SD315A 控制。每片 2SD315A 驱动半桥上、下两只 IGBT, 如图 2 所示。图中画出了半桥及其驱动电路, 另一个半桥和驱动电路与图 2 呈对称关系, 只是 In_A 的输入前多加了一个反相器, 保证斜对角的两只 IGBT 同时导通。

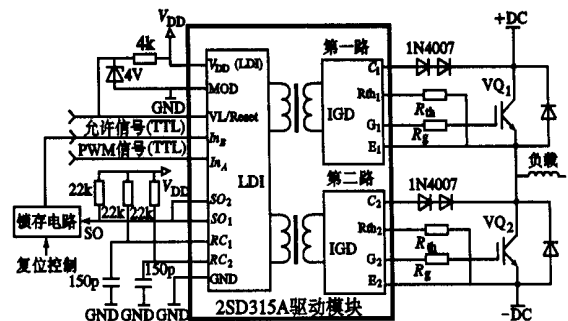


图 2 驱动模块应用电路

4.1 2SD315A 的工作模式设定

在该应用中, MOD 引脚接 GND, 选定半桥工作模式: In_A 定义为 PWM 信号输入, In_B 为“允许”信号, 输出的两路驱动信号自动产生由 RC 网络确定的死区时间, 以确保上下 IGBT (VQ_1 和 VQ_2) 不会同时导通。VL/Reset 引脚接 4.7V 齐纳二极管的负极, 选定 TTL 工作模式: In_A 与 In_B 都采用 TTL 逻辑电平控制。

4.2 外围保护电路

通过参考电阻 R_{th} 阻值的选取, 可以决定 IGBT 的电流保护阈值。原理如下: IGBT 开通状态下, 当驱动模块某一路中引脚 C 的电压超出引脚 R_{th} 时, 驱动模块就进入保护状态, 而 2SD315A 内部的电流源在 R_{th} 引脚提供 150 μ A 的输出电流。在临界保护条件下, 根据图 2 可以得出 R_{th} 的计算公式:

$$R_{th} = (U_{th} + U_d) / I \quad (1)$$

式中 U_{th} —— IGBT 的 U_{ce} 电压保护阈值

U_d —— IGBT 集电极所连接二极管 (这里为两个 1N4007) 的导通压降, 约为 1.45V

I —— R_{th} 上的恒定电流 (150 μ A)

实际选用的 IGBT 为 eupec 的 BSM300GB

120DLC,集电极可重复峰值电流在 80 条件下为 600A,取其电流保护阈值 350A,常温下对应的 U_{ce} 电压阈值约为 2.6V。由式(1)计算可得驱动侧参考电阻: $R_{th} = 27k$ 。这样,当 IGBT 过流, U_{ce} 超出设定值(2.6V)时,驱动模块将自动进入保护状态。

两路状态输出信号 SO_1 和 SO_2 接到同一上拉电阻,引出信号定义为 SO :两路驱动中任一路出现故障,都将有公共的报错信号(SO 降为低电平)。为了有效地保护 IGBT,当出现过流、短路或电源电压过低等情况后,应封锁各 IGBT,并保持一段时间。将 SO 输入到一锁存电路,锁存后的信号控制 In_B ,这样一旦出现故障,驱动模块将自动产生故障信号, SO 变低,“允许”信号 In_B 的输入也随之变低,驱动模块立刻进入封锁状态,两路驱动输出均为 -15V,保证上下 IGBT 有效封锁。该封锁状态将一直持续到控制信号锁存电路复位,使“允许”信号 In_B 恢复高电平为止。 RC_1 与 RC_2 两输入端各自接一个 RC 网络,这里取 $R = 22k$, $C = 150pF$,产生 2. μs 的死区时间(SCALE 直接产生从 100ns 到几个毫秒的死区时间),有效保证上下桥臂不直通。

4.3 电路特性

本例应用的电路特性如图 3 所示。

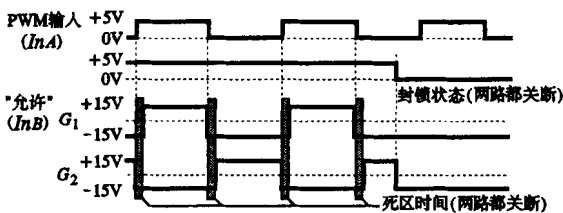


图 3 应用电路波形

4.4 模块使用时的注意事项

2SD315A 输出引脚无过电流保护,因此 G、E 引脚在连线和测量过程中要防止短路,避免烧坏模块。选择合适的门极串联电阻 R_g 对 IGBT 的驱动相当重要^[3]。 R_g 太大,会使 IGBT 通断状态变化的过渡过程时间延长,能耗增加;但 R_g 太小,会使 di/dt 增大,可能引起门极电压振荡,造成触发误导通,严重时可能会损坏 IGBT。通过以下公式确定 R_g 可选择的最小值^[4]:

$$R_{g(\min)} = U / I_{g(\max)} \quad (2)$$

其中 U 是门极正反向偏置电压之差,即 $+15V - (-15V) = 30V$, $I_{g(\max)}$ 是驱动电路所能提供的最大驱动电流,其值为 15A。所以 $R_{g(\min)} = 2$,应用中取 eupec 推荐的 3.3。

5 结束语

介绍了一种适用于大功率 IGBT 的新型驱动电路,它具有安全性、智能性和易用性的特点,可用于可靠地驱动大功率 IGBT 安全工作。

参考文献:

- [1] 张平,冯沛. IGBT 应用中的过流保护[J]. 电力电子技术,1996,30(5):58~59.
- [2] CT-Concept Technology Ltd. . Description and Application Manual for SCALE Drivers[M]. CT-Concept Technology Ltd. ,1998.
- [3] 王英剑,等. 新型开关电源实用技术[M]. 北京:电子工业出版社,1999.
- [4] Ruedi H and Kohli P. IGBT Drivers Correctly Calculated [M]. CT-Concept Technology Ltd. ,1999.

(上接第 44 页)

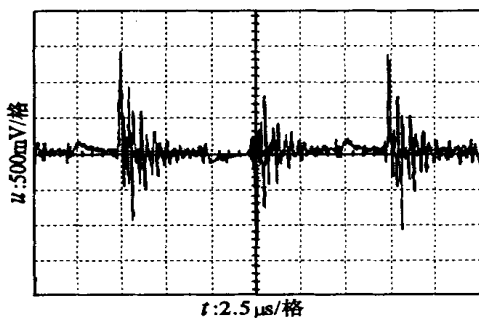


图 6 吸收变压器吸收电阻上的电压波形

6 结论

针对电磁成形技术中使用的电源,本文采用吸

收变压器法抑制电源中高频高压变压器分布电容所造成的危害。经仿真和实验结果证明,该方法使变压器内部主电路环流的振荡电流峰值大大降低,有效地抑制了高频电磁辐射。

参考文献:

- [1] 叶慧贞,杨兴洲. 新颖开关稳压电源[M]. 北京:国防工业出版社,1999.
- [2] 王瑞华. 脉冲变压器的设计[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [3] 曹建,丁家峰. 脉冲电容器在磁力成形及组装工艺中的应用[J]. 电力电容器,2000(4):4~6.