

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.05.027

2SD315A 在高压重复频率电源中的应用

田青, 姜苹, 李洪涛, 王传伟, 秦卫东, 刘宏伟
(中国工程物理研究院 流体物理研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 针对电源高压大功率重复频率输出的需求, 介绍一种适用于给重复频率 Marx 发生器充电用的高压重复频率电源的驱动电路 2SD315A 的研究与应用。作为大功率 IGBT (1200 V/600 A) 的驱动模块, 2SD315A 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。根据其工作原理及特点, 结合电源系统结构, 在实验的基础上, 合理设计了驱动外围电路及相关参数, 可在系统要求的频率 20 kHz 及相应较大脉宽范围内驱动单管或半桥的 2 个大功率 IGBT, 且有效及可靠实现 IGBT 短路过流保护等。实验证明, 该驱动电路在大功率 IGBT 驱动器中具有较为理想的驱动及保护功能。

关键词: 高压; 大功率; 重复频率; 2SD315A; 驱动; IGBT
中图分类号: TP303⁺.3 **文献标识码:** A

Applications of 2SD315A in High Voltage Repetitive Frequency Power Supply

TIAN Qing, JIANG Ping, LI Hong-tao, WANG Chuan-wei, QIN Wei-dong, LIU Hong-wei
(Institute of Fluid Physics, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

Abstract: Aiming at the repetitive frequency output requirements of high voltage and high power, study and application of a drive circuit 2SD315A for high voltage repetitive frequency Supply is the same with repetitive frequency Marx generator. 2SD315A has high frequency, big drive current and imperfectible for direct short, current foldback circuit and power supply function. According to its operating principle and feature, combine power-supply system structure, on the basis of experiment, drive peripheral circuit and correlation parameter is design. It can drive single valve or two high-power IGBT in frequency 20kHz and corresponding impulse width, it can validity and reliability achieve IGBT direct short current foldback circuit and so on. Experiment result showed that the drive circuit has good drive capability and protection function in high-power IGBT driver.

Keywords: High voltage; High power; Repetitive frequency; 2SD315A; Drive; IGBT

0 引言

在脉冲功率技术中, 通常采用直流高压电源对前级大容量储备电容充电, 为 Marx 发生器重复频率放电提供电能^[1]。如选用高频高压脉冲串的方式对 Marx 充电, 可提高系统效率, 但要求电源输出高电压、大功率且输出脉冲串宽度(数量)可调, 电压幅值连续可调, 使得电路设计难度较大, 对 IGBT 的驱动也提出了更高的要求。故选用 2SD315A 作为电源中大功率 IGBT 的驱动模块, 利用其完善的驱动及保护功能, 满足电源的设计需求。

1 电源系统组成和主要技术指标

整个电源系统的组成结构框图如图 1, 三相交流市电输入经过三相整流电路产生约 500 V 直流电压, IGBT 全桥作为电源的逆变核心, 产生频率固定为 20 kHz 的脉冲串, 高频高压变压器实现高压升压, 负载要求的脉冲频率、占空比以及脉宽由控制电路通过驱动 2SD315A 提供, 控制电路还需实现调压(0~+25 kV)、输出高压脉冲串宽度(数量)调

节、高压脉冲串截止宽度(数量)调节、输出高压监测以及与远程计算机通讯的基本功能。

当采用 IGBT 全桥电路实现电源从直流到高频脉冲串的转变时, 通过调节驱动电路 2SD315A 的 PWM 输出, 可实现电源高压脉冲串的截止与输出, 另外也通过改变全桥 PWM 驱动脉冲的移相角实现输出充电电压(0~+25 kV)及充电速度调节, 在输出端获取理想电压。

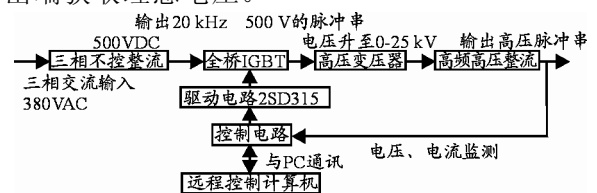


图 1 高压重复频率电源结构框图

2 2SD315A 工作结构及特点

根据电源设计功率及三相全桥可控整流输出的直流电压最大值, 选用 EUEPC 的 FZ600R12KS4 搭建电源的逆变全桥, 其 V_{CES} 为 1200 V、 I_C 为 600~700 A, 最佳开关频率范围 15~30 kHz^[2]。

收稿日期: 2001-01-04; 修回日期: 2010-01-21

作者简介: 田青 (1975-), 女, 重庆人, 工程师, 硕士, 主要从事脉冲功率技术电子学应用研究。

2SD315A 作为一种适用于中、大功率 IGBT 的驱动器，输出驱动峰值电流达到 15 A，具有双极性控制电压($\pm 15\text{ V}$) 的栅极驱动，至少 $100\text{ kV}/\mu\text{s}$ 的共模抑制比，电气隔离特性突出，抗干扰能力强。

2SD315A 内部结构决定其一个模块可同时触发 2 块 IGBT^[3-4]。通过 MOD (模式选择端) 选择直接和半桥 2 种工作模式。采用脉冲变压器进行电气隔离^[5]，由逻辑驱动接口 LDI、智能门极驱动 IGD 和 DC/DC 变换器 3 个功能单元组成。其中，LDI^[6]主要用于接收控制侧的 PWM 信号，对信号编码，并通过脉冲变压器传输，经处理传送给下一级，一个 LDI 驱动 2 个通道；IGD 则对从 LDI 传来的信号进行解码和放大，输出双极性的驱动信号，并检测 IGBT 过流和短路状态，产生响应和封锁时间，同时输出状态信号到 LDI；第三个功能模块是输入与输出相互绝缘的 DC/DC 转换器^[7]，为各个驱动通道提供彼此隔离的 +15 V 电源。

3 2SD315A 驱动电路设计

采用 2 片 2SD315A 应用于高压重复频率电源，以半桥模式分别驱动 IGBT 超前与滞后桥臂，单片的 2SD315A 外围电路设计如图 2，另外一片仅需将输入 InA 反相连接，InB (使能)、Reset (复位)、SO (故障检测) 等并联连接即可。电源主控制电路输出 TTL 电平的 PWM 脉冲信号给 InA，并产生 InB

所需的使能信号，使 2 片 2SD315A 输出四路具有一定移相角及死区时间的驱动脉冲，从而通过高频高压变压器及高压硅堆等获取频率固定的高频高压脉冲串输出。

电路主要分为电源电压 (VDD、VDC)、故障及状态输出、RC 延时、模式选择以及输出过流保护等部分，其中 Rso11、Rso21、Rso12、Rso22、2 只 PNP 管、光耦 6N137、发光二极管以及与门 U1 组成故障及状态输出电路，Ra1、D2 实现对信号输入端 InA 的保护，R5、Rreset、Rv1、D5 组成复位电路，RC1、RC2、C4、C5 设定死区时间为 $2.1\ \mu\text{s}$ 。

3.1 工作模式选择及信号输入端

2SD315A 靠模式选择端 MOD (管脚 8) 来决定直接模式和半桥模式。在设计中，2SD315A 以半桥模式驱动 IGBT 全桥，将 MOD 端子接地，RC1 与 RC2 均通过 22 k 电阻与 VCC 相连，同时通过 150 p 的电容器与 GND 相连，产生约 $2.1\ \mu\text{s}$ 的死区时间^[8]，有效保证上下桥臂不直通。

A 通道输入 PWM 信号，肖特基二极管 D1、D2 用于低压高频整流，将输入信号箝位在 $0\sim+15\text{ V}$ 。INA 端被悬空或 PWM 信号发生器呈现高阻态时，Ra1 将输入信号接地，实现 INA 端保护。InB 为使能端，高电平则 PWM 信号有效，转至 0 V 低电平时，2 个通道的输出同时截止。

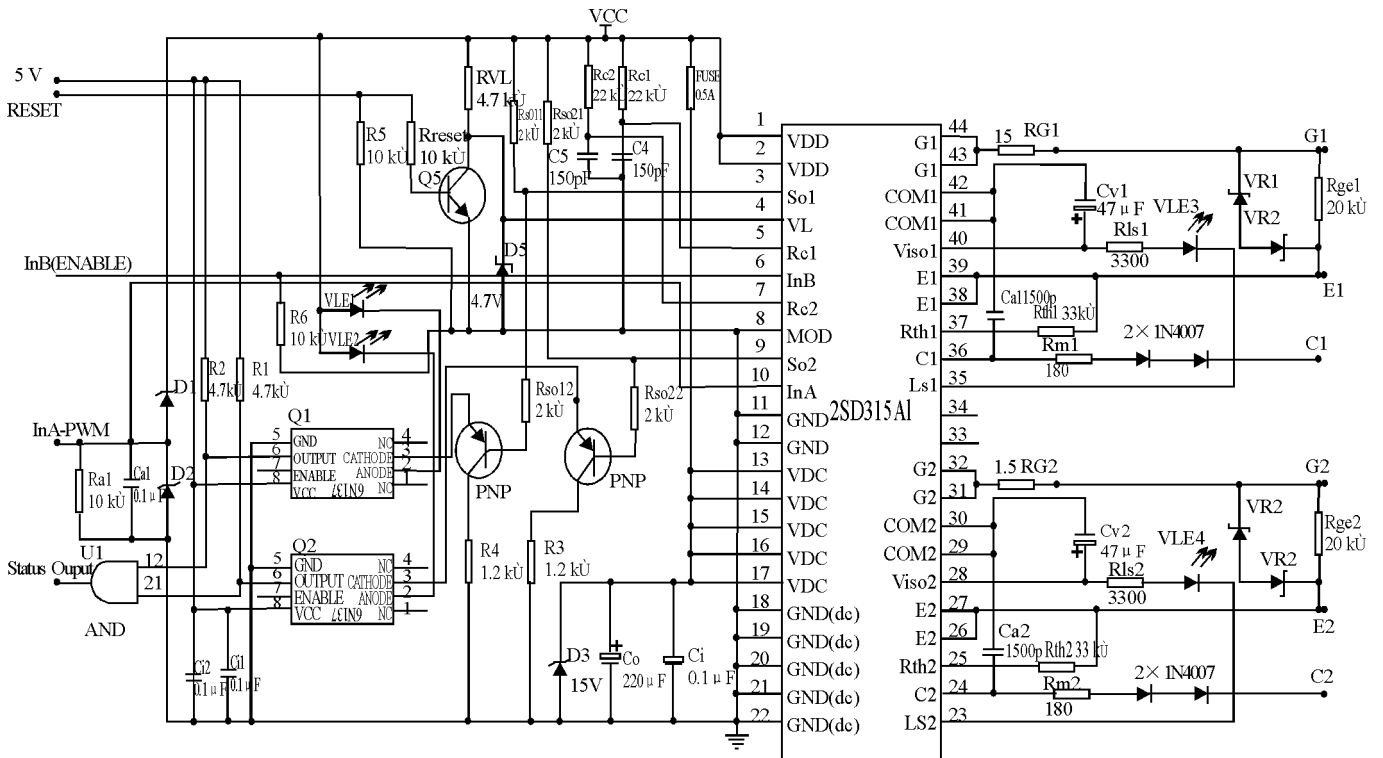


图 2 2SD315A 用于驱动 IGBT 全桥的电路

3.2 短路与过流保护

2SD315A 内部设有短路与过流侦测电路防止

IGBT 过流与过载, 如图 3。当 IGBT 开通时, 片内集成的 1.4 mA 恒流源, 经电容 C_a 延时, 流过 2 个标准线性二极管 D_m 与衰减电阻 R_m , 进入参考地, 在比较器正端形成一个比较电平 V_+ , 则 $V_+ = V_{R_m} + V_{D_M} + V_{CE(SAT)}$, 其中, $V_{CE(SAT)}$ 是 IGBT 的饱和管压降, 选用的 FZ600R12KS4, 其 $V_{CE(SAT)} = 3.75V$ [4], V_{R_m} 约 250 mV[7]。

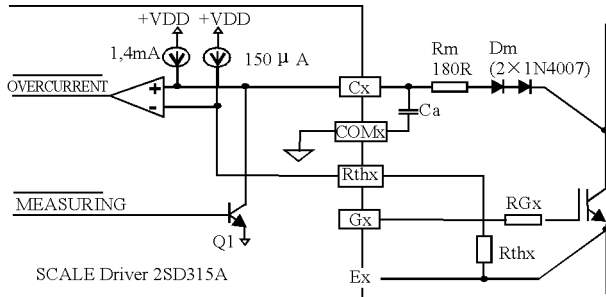


图 3 2SD315A 过流与短路保护电路图

2SD315A 内集成的 150 μA 恒流源, 流经参考电阻 R_{th} 在比较器负端形成一个比较参考电压 V_- , 其值为 $V_- = V_{th} = 150 \mu A \times R_{th}$, 当 IGBT 由开通变为关断时, 控制信号同时使 2SD315A 内部的运放 Q1 开通, 比较器正端为低电平, 禁止比较器进行电压比较, 以防发生误动作。当 IGBT 过流时, V_{CE} 也随之以接近线性关系增大[4], 当比较器正端电压超过负端参考电压值时, 输出状态立刻翻转, 2SD315A 封锁输出给 IGBT 的驱动脉冲, 封锁时间约 1 s[9]后, 门极输出恢复正常。可见比较器负端保护动作的阈值电压 V_- 可通过 R_{th} 的阻值来确定。

保护电路动作时, $V_{th} = V_{R_m} + V_{D_M} + V_{CE(off)}$, 即 $R_{th} = [V_{R_m} + V_{D_M} + V_{CE(off)}] / 150 \mu A$ 。其中, $V_{CE(off)}$ 为所选的 IGBT 过流时的通态压降, 此处选用 600 A 为 IGBT 的过流阈值, $V_{CE(off)} = V_{CE(SAT)} = 3.75$, 则 $R_{th} = (3.75 + 1.45 + 3.75) / (150 \times 10^{-6}) = 34.7k\Omega$ [10], 应用中取 $R_{th} = 33k\Omega$ 。

3.3 SOX 的状态输出

SO1、SO2 是 2SD315A 内部集成的集电极开路输出, 功率管正常工作输出高电平, 异常工作则输出低电平。考虑到 IGBT 为常态即 SOX 输出高电平的时间较长, 为降低电路功耗, 选用 S8550 做开关管。若 IGBT 正常, 2SD315A 的状态输出端 SO 输出高电平, 则三极管处于截止区, V_{LE2} 灯灭; 若 IGBT 过流, 驱动模块进入封锁状态, SO 输出低电平表示故障, 此时三极管处于饱和区, 电流从 VCC 经 V_{LE2} 、三极管 BE 极与 R_{so22} 到地, 则 V_{LE2} 灯亮表明 IGBT 工作异常, 同时通过光藕 6N137 将异常信号输出给控制。

3.4 实验波形

图 4 为测试的驱动电路单板输入与输出波形, 其中输入 TTL 电平脉宽为 20 μs , 频率 20 kHz, CH1 为输入 TTL 电平, CH2、CH3 分别为驱动板 2 个输出通道 GE 级间电压。

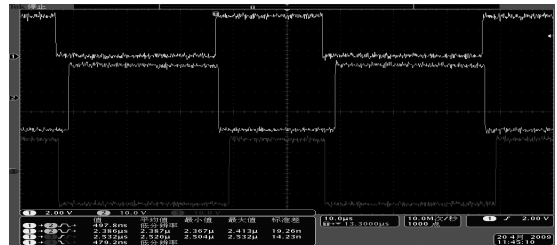


图 4 驱动板输入/输出响应时间、时序、死区时间测试图

由图 4 可看出, 该驱动输入上升沿与输出下降沿延迟时间 497.8 ns, 上升沿延迟时间 432 ns, 与 2SD315A 标称的输入输出延迟时间较为接近; 死区时间 2.03 μs , 满足 IGBT 全桥驱动的需求。

4 结语

2SD315A 应用在高压重复频率电源中, 具有较强驱动能力, 为栅极提供具有陡峭前沿的双极性驱动脉冲, 且输入/输出响应时间短, 其短路与过流保护电路使保护动作快速、可靠; 其外围电路设计简单, 减小了电源设计规模, 提高系统效率, 增强系统可靠性。实验表明, 2SD315A 在大功率、高压开关电源中是一种高效、可靠的大功率管驱动器件。

参考文献:

- [1] 刘锡三. 高功率脉冲技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005: 333-338.
- [2] Martin Knecht, Technical Information of FZ600R12KS4 [Z]. Munich, Germany, www.eupec.com, 2005: 1-7.
- [3] 李鹤歧, 甄敬然. 2SD315A 在微弧氧化电源中的应用[J]. 电焊机, 2006, 36(12): 39-42.
- [4] Ruedi H, Kohli P. Design of Driver Card with SCALE Drivers[Z]. Switzerland: CT-Concept Technology Ltd., 2005.
- [5] 单广伟. 2SD315A 集成驱动器的驱动与保护性能[J]. 江南大学学报, 2006, 5(3): 317-321.
- [6] 孙梅生, 徐小鹏. 120kVA 特种变频器中 IGBT 驱动电路的设计与实践[J]. 电气传动, 2003(4): 16-19.
- [7] 唐杰, 罗安. 中低压配电静止无功发生器的智能集成驱动技术[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(8): 91-94.
- [8] Description and Application Manual for SCALE Drivers [Z]. Switzerland: CT-Concept Technology Ltd., 1999.
- [9] 丛晓艳, 尚雷, 陆业明. PFN 充电高压电源的 IGBT 驱动电路设计[J]. 高电压技术, 2006, 32(2): 78-80.
- [10] Dual Scale Driver 2SD315A for IGBTs and Power MOSFETs. www.ct-concept.com
- [11] 张黎, 季占兴. 智能化 IGBT 驱动模块 2SD315A 关键技术分析[J]. 大功率变流技术, 2009(1): 1-4.
- [12] 刘敏层. 级联功率单元 IGBT 的驱动与保护研究[J]. 电气传动, 2008, 38(3): 29-32.