

一种适合感应加热电源的 IGBT 驱动电路

胡聪权, 杜玉荣, 胡佳奎, 刘鑫

(河北大学, 河北 保定 071002)

摘要: 为了满足在感应加热电源中对 IGBT 的驱动和保护功能的要求, 采用 IXYS 公司生产的用于驱动大功率 MOSFET 和 IGBT 的 IXDD414CI 芯片作为主要驱动元件设计了一种驱动电路。该电路具有降栅压软关断和软关断封锁脉冲的保护功能, 并能输出报警信号。该电路工作频率高、延迟时间小、驱动能力强、保护功能完善, 因而非常适合大功率感应加热电源的应用。对驱动电路的构成和工作原理作了详细的描述, 并给出了实验结果。

关键词: 感应加热; 驱动电路/保护; IGBT; IXDD414CI

中文分类号: TN86 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-100X(2007)06-0037-03

A IGBT Drive Circuit Suitable for Induction-heating Power Supply

HU Cong-quan, SHI Jun-guang, HU Jia-xi, LIU xin

(Hebei University, Baoding 071002, China)

Abstract: In order to satisfy the demand of function to drive and protect the IGBTs in the induction-heating power supply, a drive circuit was designed using the IXDD414CI made in IXYS corporation specifically designed to drive the largest MOSFETs and IGBTs. The circuit has the protecting functions to drop gate voltage and soft turn-off the IGBT, and to blockade the pulses in a soft turning-off, and can output a alarm signal. It has the advantages of high operation frequency, short delay time, strong drive ability and perfect protecting functions. So it suitable for the large power induction-heating power supply extremely. The principle of working, the structure of the drive circuit are described in detail. Experimental results are given.

Key words: induction heating; drive circuit/protect;IGBT; IXDD414CI

1 引言

由于绝缘门极晶体管 IGBT 集合了 MOSFET 和 BJT 的优点, 现代电力电子技术使 IGBT 在很多场合得到了应用。随着 IGBT 的模块化、大容量化、高频化的发展, 由其构成大功率感应加热电源装置已成为现实。

在 IGBT 的具体应用中, 对于不同的频率、不同的功率等级和不同的电路拓扑结构, 其驱动和保护电路各有不同。因此, IGBT 的驱动电路在它的应用中有着特别重要的作用, 需要设计工程师们考虑方方面面的问题。在由 IGBT 构成的单相桥式并联谐振逆变器的感应加热电源中, 对 IGBT 的隔离驱动电路主要应考虑和解决好以下几个方面的问题^[1]:

- (1) 驱动电路的驱动功率要大、延时小、频率高, 以满足大功率感应加热电源的需要。
- (2) 应通过检测被驱动 IGBT 的集电极-发射极电压判断过流故障, 进行快速过流保护; 该方法另外的优点是: 当驱动信号不正常时也能被检测、保护。

- (3) 当 IGBT 发生过流时, 应采取降栅压、软关断的保护措施; 降栅压不仅可延长 IGBT 承受过载的时间, 而且可以在降栅压时间内判断是否是假过流。软关断可避免产生过压, 在执行软关断的同时应能输出报警信号并锁存。

- (4) 由于单相桥式并联谐振逆变器的输入近似为恒流源, 当驱动电路执行外来保护信号时, 应使四个桥臂的 IGBT 同时执行软关断封锁脉冲操作进行保护。若硬关断封锁脉冲会产生过高的 Ldi/dt , 有可能导致 IGBT 击穿损坏或发生擎住现象。

- (5) 因并联谐振逆变器近似工作在零电压、零电流开关状态, 驱动输出信号的上升和下降沿应尽可能的陡, 以减小 IGBT 的开关损耗。

- (6) 应具有欠压监测、记忆和 IGBT 温度监测、记忆功能, 当发生欠压、温度升高或过流时输出报警信号, 送给控制电路使逆变器输入端电压为零, 同时使逆变桥软关断封锁脉冲进行全方位保护。

为此, 本文提出一种采用 IXYS 公司生产的 IXDD414CI 专用驱动芯片作为主要驱动元件, 附加控制逻辑和保护检测电路构成的 IGBT 驱动电路, 较好地解决了以上几个方面的问题。它具有驱动能力强、延时小、工作频率高、保护功能完善、易于产品化等优点。

2 电路构成及工作原理

定稿日期:

作者简介: 胡聪权 (1956j), 男, 河北唐县人, 高级工程师, 研究方向为高、中频感应加热应用, 电力电子技术应用, 电力电子装置与控制。

2.1 IXDD414CI 的主要特点^[2]

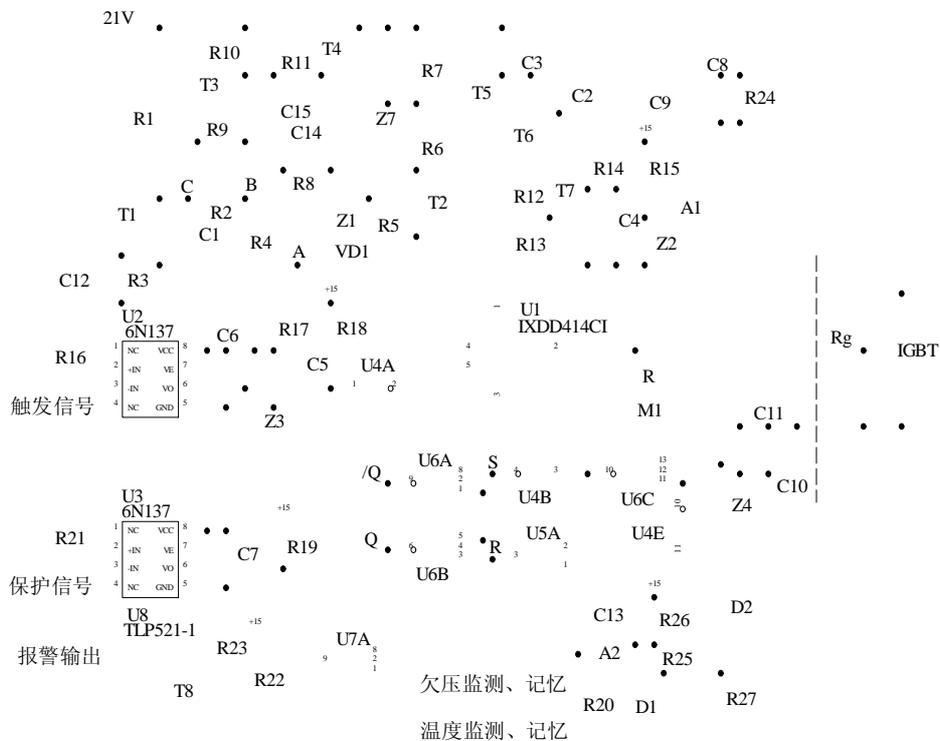
IXDD414CI 是 IXYS 公司生产的专门用于 MOSFET 和 IGBT 的高速驱动芯片, 5 脚 TO-220 封装。它具有电源电压范围宽、高速、低传输延迟时间、大驱动电流输出、低输出阻抗、低能耗和输入电压适应 TTL 和 CMOS 电平等特点。该芯片具有使能控制端, 当使能端为低电平时输出为高阻状态,。主要技术指标如下:

- (1) 电源电压 V_{CC} : 4.5-35V;
- (2) 高输入电压 V_{IH} : 最小为 3.5V;
- (3) 低输入电压 V_{IL} : 最大为 0.8V;
- (4) 使能端高输入电压 V_{ENH} : 最小为 $2/3V_{CC}$;
- (5) 使能端低输入电压 V_{ENL} : 最大为 $1/3V_{CC}$;
- (6) 高输出电压 V_{OH} : 最小为 $V_{CC}-0.025V$;

- (7) 低输出电压 V_{OL} : 最大为 0.025V;
- (8) 输出阻抗: $R_{OH}=R_{OL}=0.6\Omega$;
- (9) 峰值输出电流 I_{PEAK} : 14A;
- (10) 持续输出电流 I_{DC} : 4A;
- (11) 输出上升、下降时间: $T_R=25ns$ 、 $T_F=22ns$;
- (12) 允许功耗: 12.5W (25°C)。

2.2 驱动电路及原理^[3]

图 1 示出了适合用于感应加热电源并联谐振逆变器的 IGBT 的驱动电路。采用快速、数字逻辑光耦 6N137 作为触发输入信号的隔离, 因输入与输出反相, 所以经反相器 U4A 送给 IXDD414CI 的④脚输入端; IXDD414CI 的②脚输出直接用于 IGBT 的驱动。



使 IXDD414CI 的②脚输出处于高阻状态，同时使 M₁ 导通执行软关断；另外，A₁ 输出经由运放 A₂ 构成的锁存电路与欠压、温度监测信号进行逻辑或处理，再经光耦 U₈ 输出故障报警信号。降栅压持续时间由 R_{14j} C₄ 时间常数确定，在该时间内若过流现象消失，即 IGBT 的 U_{CE} 恢复正常使 T₂ 恢复截止状态，C₄ 经 T₇ 放电使比较器 A₁ 不会翻转，驱动恢复正常。

当有外来保护信号时，经光耦 U₃ 隔离、U_{4E} 反相后送给控制逻辑，使 IGBT 执行软关断封锁脉冲。控制逻辑由 U_{6A}、U_{6B} 构成 R、S 触发器，以实现驱动控制的目的。

当 M₁ 导通时被驱动的 IGBT 软关断，其等效电路如图 2 所示，图中 R_G 是 IGBT 栅极串联电阻、C_{ies} 是 IGBT 的输入电容。软关断有两种情况，一是当 IGBT 出现过流时先执行降栅压再软关断，则 IGBT 输入电容 C_{ies} 的初始状态：U_{GE}=10V；二是当有外来保护信号时执行软关断，则 C_{ies} 的初始状态：U_{GE}=15V。

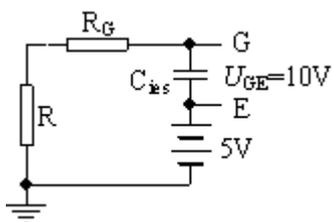


图 2 降栅压后、M₁ 导通时 IGBT 软关断等效电路

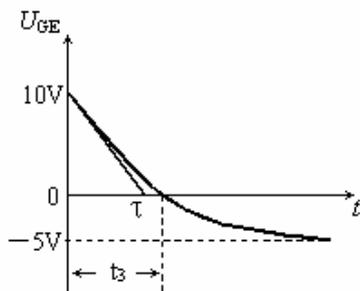


图 3 IGBT 软关断时栅极电压按指数规律下降

IGBT 软关断时，栅极电压 U_{GE} 按指数规律下降如图 3 所示，表达式如 (1) 式所示。

$$U_{GE}(t) = U_{GE}(\infty) + [U_{GE}(0_+) - U_{GE}(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

式中： $\tau = (R + R_G) C_{ies}$;

$$U_{GE}(\infty) = -5V;$$

当 $U_{GE}(0_+) = 15V$ 时，则：

$$U_{GE}(t) = 20e^{-\frac{t}{\tau}} - 5 \quad (2)$$

当 $U_{GE}(0_+) = 10V$ 时，则：

$$U_{GE}(t) = 15e^{-\frac{t}{\tau}} - 5 \quad (3)$$

如图 (3) 所示，若 $t=t_3$ 时使 $U_{GE}(t) = 0V$ ，带入 (3) 式得：

$$\tau = \frac{t_3}{\ln 3} \quad (4)$$

$$\text{而 } R = \frac{\tau}{C_{ies}} - R_G \quad (5)$$

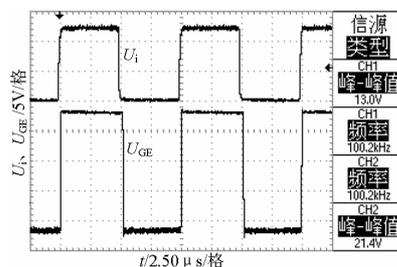
式中： R_{Gj} 与 IGBT 栅极串联的电阻；

C_{iesj} IGBT 的输入总电容（可由 IGBT 的数据表中获得）；

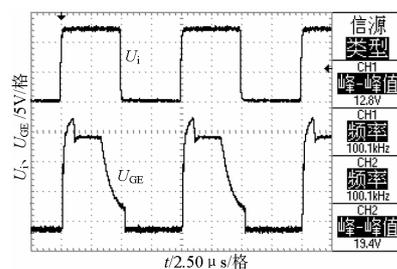
电路中与 M₁ 串联的电阻 R 可由 (4)、(5) 式确定。

3 实验结果

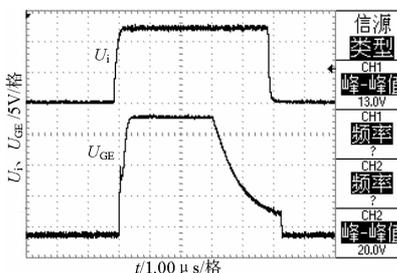
对驱动电路的正常驱动和当出现过流时首先进行降栅压然后软关断保护功能，以及当有外来保护信号时执行软关断封锁脉冲等性能进行了实验。图 4 为实验结果，其中图 4 (a) 是 100kHz 时的正常驱动输出情况，输出延迟为 160ns，上升、下降沿陡峭。图 4 (b) 是 100kHz 时降栅压、软关断保护情况，通过改变电路中的 C₄ 或 R₁₄ 的值可以改变降栅压时间；改变电阻 R 的值便可改变软关断的斜率时间。图 4 (c) 是 100kHz 时执行软关断封锁脉冲情况。



(a) 频率 100kHz 时输入和正常驱动 U_{GE} 波形



(b) 频率 100kHz 时驱动降栅压、软关断保护波形



(c) 频率 100kHz 时执行软关断封锁脉冲波形

图 4 实验结果

4 结论

研究出一种适合感应加热电源的 IGBT 驱动电路具有一定的实际意义,它具有输出 14 安培的峰值电流和连续输出 4 安培电流的驱动能力,驱动能

力强,能够对大功率 IGBT 模块进行驱动。它具有完善的保护功能,能满足在感应加热电源中对 IGBT 的驱动要求;同时它具有延迟时间小、工作频率高、易于产品化等优点。

参考文献

- [1] 李宏. 电力电子设备用器件与集成电路应用指南. 北京: 机械工业出版社, 2001. 4, 第 1 册: 107~115.
- [2] IXYS CORPORATION .IXDD414CI 14 Amp Low-Side Ultrafast MOSFET Driver . IXYS CORPORATION 2004.
- [3] 王兆安, 张明勋. 电力电子设备设计 and 应用手册. 北京: 机械工业出版社, 2002. 6.