

IGBT 逆变焊机的驱动和保护技术

潘岱灿

(长沙矿山研究院 湖南 长沙 410012)

摘要:介绍了 IGBT 逆变弧焊机的工作原理,着重论述了 IGBT 的特性及驱动、保护技术。对逆变焊机正常安全工作的关键作用,提出了设计、装配工艺和实际操作中所应注意的问题。

关键词:IGBT 驱动电路,保护技术,逆变焊机

1 前言

IGBT 逆变弧焊机已日益受到各逆变焊机厂家的重视,然而“烧管子”的问题一直困扰着人们,这严重影响了 IGBT 的推广使用。研究结果表明,要保证 IGBT 的可靠使用,其驱动和保护电路的设计非常关键。

2 IGBT 逆变弧焊机的驱动和保护

2.1 IGBT 逆变弧焊机原理及特性

IGBT 逆变弧焊机原理见图 1。

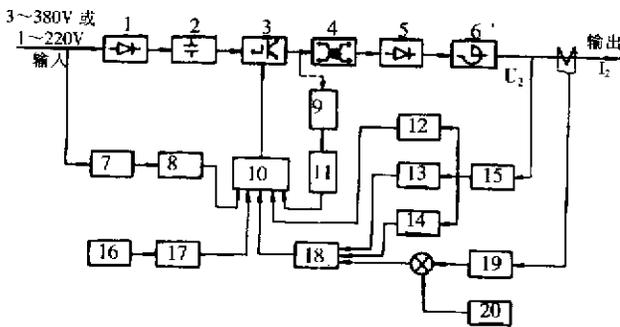


图 1 IGBT 逆变弧焊机原理框图

- 1—输入整流器 2—滤波器 3—IGBT 逆变器 4—中频变压器
- 5—输出整流器 6—滤波器 7—欠压检测 8—欠压保护 9—短路检测
- 10—PWM 11—短路保护 12—空载判别 13—弧推力控制
- 14—自动引弧 15—电压检测 16—过热检测 17—过热保护
- 18—电流 PID 调节 19—电流检测 20—电流给定

IGBT(绝缘栅双极晶体管)是整个电路中最关键的元件,它具有 MOSFET 的输入阻抗高、驱动容易、开关速度快、无二次击穿和 GTR 的通态压降低、高压大电流化容易等特点,其等效电路图见图 2。IGBT 由四层 PNP 组成,形成了一个寄生晶闸

管,此寄生晶闸管一旦导通,IGBT 的栅极便失去控制作用,而产生所谓“擎住现象”,从而损坏 IGBT。“擎住现象”有静态擎住和动态擎住两种。流过 IGBT 的稳态电流过大或开关速度过快均会产生擎住现象,应尽可能避免焊机工作时过热、过流,并抑制开关时的浪涌电压等,从而减少擎住现象。

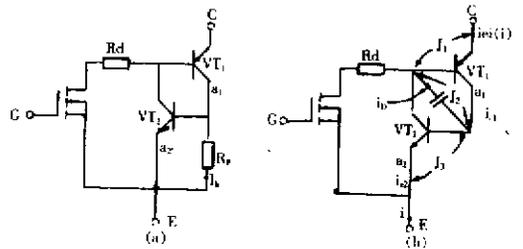


图 2 IGBT 等效电路

2.2 IGBT 对驱动电路的要求

IGBT 对驱动电路的要求包括:

- (1) 提供适当的正、反向驱动输出电压;
- (2) 有足够的瞬时功率或瞬时电流输出能力;
- (3) 尽可能短的输入输出信号传输延时;
- (4) 很强的输入输出隔离能力;
- (5) 具有可靠的过流或保护能力。

为满足不同电路的要求,目前市场上推出了各种系列的驱动模块,如日本富士公司的 EXB841 系列,英达公司的 HR065 系列等。从综合的观点看还没有一种是十全十美的。由于在逆变焊机电路中,IGBT 直接对地短路的可能性很小,只要能保证不发生桥臂直通,且采用电流互感器进行过流保护,IGBT 就不会受到过流威胁。我院开发研制的 IGBT 逆变焊机采用了较为简单的驱动电路(见图 3),该电路用变压器隔离,正负驱动电压为 $\pm 15\text{V}$,工

作时驱动波形见图 4。

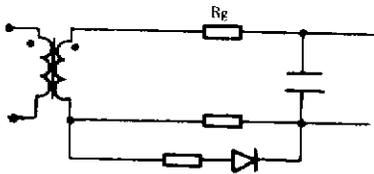


图 3 变压器耦合驱动器

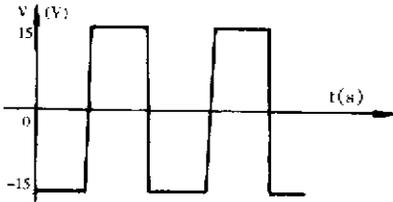


图 4 驱动波形

通过改变电容的充放电时间,调整波形的上升沿和下降沿的陡度,保证正在工作的 IGBT 完全关断后,再开通另一个 IGBT。同时,为改善驱动脉冲的前后沿陡度和防止振荡,在 IGBT 的栅极串入一个电阻 R_g ,以减小 IGBT 关断时集射间 di/dt 的上升率。实践证明 R_g 为 $10 \sim 100 \Omega$ 为宜,且引线愈短愈好。

2.3 IGBT 的保护电路

(1) di/dt 的限制。为限制感性关断时产生的浪涌电压,有必要采取缓冲电路来消除这种开关浪涌,见图 5。

图中各元件参数按 (1)~(4) 式选取。

$$C_s = [I_o / (KU_{cep} - U_d)]^2 L_s \quad (1)$$

式中: L_s ——引线电感,以 $1 \mu H/m$ 计;

I_o ——IGBT 最大脉冲电流值;

U_{cep} ——集射间的峰值电压;

K ——额定减小系数,非重复时 $K=1$,重复时 $K=0.8$ 。

$$U_{cep} = U_d + U_{FM} + L_o di/dt \quad (2)$$

式中: U_d ——直流高压;

U_{FM} ——二极管暂态正向压降,1200 V 级取 $40 \sim 60$ V。

$$2L_s / C_s \leq R_s \leq 1 / (2.3fC_s) \quad (3)$$

式中: f ——IGBT 开关频率;

$$I_{DM} = (U_{cep} - U_d) \sqrt{R_s} \quad (4)$$

常选 2~3 倍 I_{DM} 快速软恢复二极管。

实测电压尖峰 $\Delta U = U_{cep} < 100$ V 时,缓冲效果较明显。

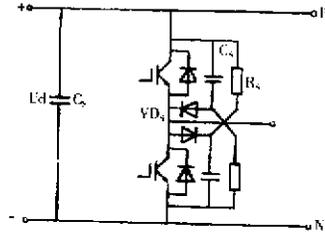


图 5 逆变桥臂缓冲电路

(2) 过流保护。利用 IGBT 的通态压降与集电极电流成正比的特性,通过监测通态压降 V_{CE} (ON) 来判断是否过流,并采取相应的措施来实现所谓的“软关断”,但此电路实现较复杂。利用电流电压互感器 LEM 模块作为焊机的电流检测元件,当电流超过设定的最大值时,保护电路动作,关断 IGBT。另外,在主电路设置大的电抗器,以减小电路开通时电流的冲击。

(3) 过热保护。IGBT 的擎住电流与温度有关,其温度升高后,NPN 管开通的偏置电压不再是 0.7 V,而是随温度的升高而下降, P^+ 区的横向电阻 R_p 随温度的升高而增大,二者的影响均使擎住电流下降,导致擎住现象的产生而损坏 IGBT。一般在温度上升较快的部位装热敏电阻来监测焊机发热情况,当温度达到设定值时,保护电路动作,使 IGBT 关断,焊机停止工作。

3 结束语

为了保证 IGBT 逆变弧焊机的可靠运行,完善驱动、保护电路至关重要,同时,在实际工作中,还应注意其外围电路的设计及装配工艺的改进。如焊机内布线时,应考虑如何减小线路的干扰,降低电路的引线电感,散热器和风道的设计应达到最佳的散热效果等。

(收稿日期 2002-01-28)

作者简介 潘岱灿,男,毕业于中南工业大学,工程师,主要从事 IGBT 逆变焊机的研制与生产工作。