

ZX—315 逆变弧焊电源可靠性设计

田松亚¹, 朱敖正¹, 章柏良², 何一鸣³

(1. 河海大学常州分校, 江苏 常州 213022; 2. 江苏武进建筑安装工程总公司, 江苏 常州 213000; 3. 常州工业技术学院, 江苏 常州 213022)

摘要 提出了提高 IGBT 控制的 ZX—315 逆变弧焊电源可靠性的措施. 主电路与驱动线路电隔离, 设定空载电压、短路电流, 过流过压情况下关断驱动脉冲. 采用该措施, 可保证 IGBT 在完全导通及彻底关断两种极限状态下工作, 避免由于误导通使 IGBT 在半导通状态下工作以及过压或过流而造成的损坏.

关键词 IGBT 逆变弧焊电源 可靠性 过压

中图分类号 TG434.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2000)05-0064-03

我国是个能源较为紧张的国家, 因而节能是个不容忽视的问题. IGBT 逆变焊机具有高效节能、焊接性好、频率响应快以及有利于实现自动化焊接等优点^[1], 真正实现了焊机领域企盼已久的“20 kHz”革命.

从 1990 年起, 绝缘栅双极型晶体管 IGBT(insulated gate bipolar transistor)逆变焊机就受到焊接界的普遍重视. 1992 年, 日本日立公司 IGBT 逆变焊割机已占 MIG/MAG 焊机的 70%, TIG 焊机的 90%, 切割机的 100%. 我国成都电焊机研究所 1985 年研制成功一台 ZX₇—250 晶闸管逆变式整流弧焊机, 1994 年又研制了一台 IGBT400A 逆变焊机. 之后, 国内许多电焊机生产厂家纷纷研制并组织生产逆变焊机. 目前许多电焊机厂生产的 IGBT 逆变电源的可靠性较差, 因此笔者从提高 IGBT 可靠性角度出发对 IGBT315 逆变弧焊机进行设计.

1 主电路的设计

1.1 设计思想

由于 IGBT 的允许过流时间非常短, 只有几微秒, 从 IGBT 过流到整流后焊接电流上升到一定的幅值需要较长的时间, 再等到从直流分流器取样到过流信号并在 PWM 上作出反应, 早就超过 IGBT 允许过流时间而烧坏 IGBT, 因此在交流侧采用互感器检测电流信号, 不仅解决了取样时间过长的问題, 而且取消了在控制回路与输出回路之间设置公共点, 避免了干扰. 这种干扰使 IGBT 在半导通状态下(不深度饱和和不完全截止)工作(图 1).

检测电弧电压时, 为了防止公共点的干扰, 设置线性光电耦合器来隔离电的直接联系, 提高反馈系统的稳定性.

1.2 限制合闸时的充电电流

为了减少合闸时对三相全波整流模块的冲击电流, 在交流接触器的两侧一相接电阻 R_{10} (3 Ω) 预先对电容以小电流充电, 待输入电容充满电后再将电阻短接, 同时在输入交流端和输出直流端加吸收电容以吸收电网的干扰脉冲.

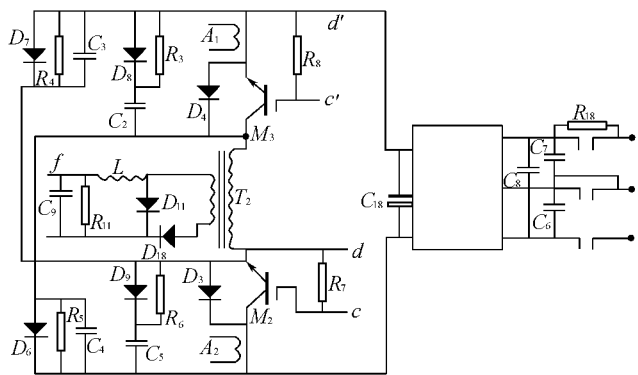


图 1 ZX—315 逆变弧焊电源主电路图

Fig.1 Main circuit of ZX—315 inverter arc power source

1.3 IGBT 保护

主电路采用两个 IGBT 的串联接法,大大降低了 IGBT 由于误导通而导致大电流烧坏元件的可能性.为了防止 IGBT 的反压击穿,在 IGBT 的 CE 之间并接 D_3, D_4 . 同时还并接了 R_3, D_8, C_2 和 R_6, C_5, D_9 ,对 IGBT 开通时和关断时浪涌电压进行吸收.

为了提高变压器的利用率,消除剩磁,变压器上贮能通过 D_7, R_4, C_3 和 C_4, R_5, D_6 向电源放电,形成负半波,负半波的电压为电源电压加 D_6 和 D_7 的管压降. 这样大大降低变压器关断时的高压脉冲,降低对 IGBT 的电压要求,保证 IGBT 可靠地工作. 变压器输出通过整流、续流、滤波可形成稳定的直流电.

大多数逆变焊机生产厂家通过减小 IGBT 散热器的体积来减小逆变焊机的体积,这提高了温升,大大降低了 IGBT 的承载能力,增加了 CE 间的压降,使管子的功耗进一步加大,从而大大降低了 IGBT 输出大电流的能力. 同时,逆变焊机的吸风式比吹风式冷却效果好,也有利于提高 IGBT 输出大电流的能力.

2 脉宽调制电路(PWM 电路)

2.1 软启动电路

电路软启动分为接通交流电网起到脉宽从零开始上升时止和输出脉宽从零开始缓慢地增大到额定输出宽度两步,这段时间即 $t_1 + t_2$ (其中 t_1 为输入整流器充电时间常数, t_2 为输出电压从零上升到额定值所需的时间)应能达到输入软启动的要求,通过调节脉冲宽度调制器 PWM 的软启动时间 t ,使 $t > (t_1 + t_2)$,这样 IGBT 不至于在开始时过流,可保护 IGBT 管子不被烧坏^[2].

2.2 空载电压设定

通过模拟光电耦合器对电弧电压进行取样,然后与设定电压进行比较(图 2 是空载电压的波形,5.1 V 是设定电压. 图 3 是比较器输出波形). 当实际空载输出的取样电压高于设定的空载电压时关断 IGBT; 当实际输出取样电压低于设定的空载电压时开通 IGBT,保证恒定的空载电压. 这样 IGBT 的工作频率会大大降低,从而可保证 IGBT 在高电压输出时实际导通时间很短,IGBT 能得到长时间的关断而充分冷却. 由 C_9, R_{11} 形成空载电压.

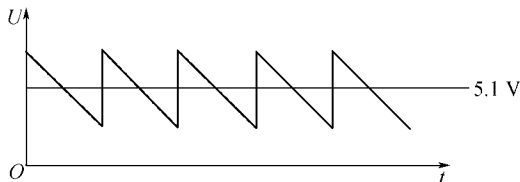


图 2 空载电压波形

Fig.2 Open-circuit voltage wave

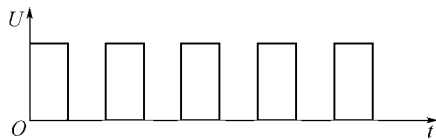


图 3 比较器输出波形

Fig.3 Output wave of comparator

2.3 电流保护

主电路通过设置磁环互感器对每一个脉冲电流进行检测,当检测到脉冲焊接电流超过设定焊接电流值时,比较器输出信号关断调制器从 9 号脚输出的脉冲,然后在下个周期再打开,这样就获得了下降特性. 并设置另一个磁环互感器对最大脉冲电流进行检测,最大电流超过最大允许电流时彻底关断 IGBT 的触发脉冲 $138 \mu s$ 后再开通 $3 \mu s$ 的触发脉冲,以保证焊条不粘在工件上,从而实现真正的保护.

3 驱动电路

3.1 IGBT 开通电压和关断电压

IGBT 栅极驱动电压 U_{GE} 上升率和下降率要充分大,在 IGBT 开通时,前沿很陡的栅射电压加到其栅极和发射极之间,IGBT 快速开通,使开通时间最短(小于 $1 \mu s$),从而减少开通损耗. 在 IGBT 导通后,随温度升高最低栅射电压下降,通常为 15 V. 在 IGBT 关断时,栅射极施加反偏压有利于 IGBT 的快速关断,但反向偏压 U_{GE} 受 IGBT 栅射极之间最大耐压的限制,过大的反向电压亦会造成栅射极的反向击穿,反向电压通常取 -10 V(图 4).

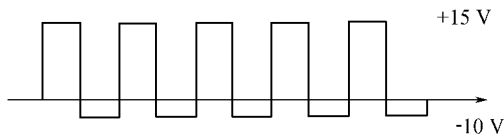


图 4 cd 点的电压波形

Fig.4 Voltage wave at cd

3.2 IGBT 的栅极保护

为了改善控制脉冲前后沿的陡度和防止振荡,减少 IGBT

