

驱动信号和给定电流幅值为 3A 的方波电流及其响应波形。图 5a 的驱动逻辑为低电平导通, 高电平关断, 其中高电平电位为 1.6V, 低电平电位为光隔离 TLP559 的饱和导通压降 0.3V。信号互锁时间定为 $8\mu\text{s}$, 也可取得更小。图 5b 从 -3A 到 3A 的响应时间为 1ms 。可见, 电流响应波形能很好地跟踪其指定值。由于 3DM 绕组电感较大, 所以电流响应时间较长, 它可通过加大直流电压来加快响应过程。

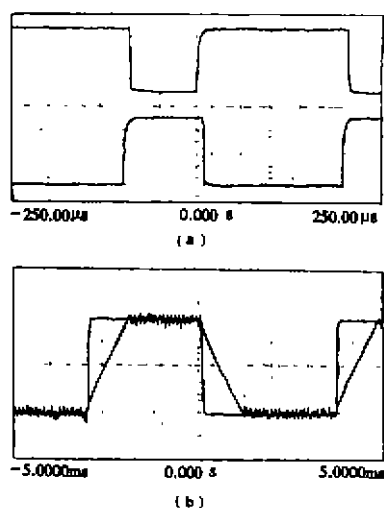


图 5 同一桥臂的驱动信号及电流斩波波形
(a)驱动波形($50\mu\text{s}/\text{格}$) (b)斩波波形($1\text{ms}/\text{格}$)

作者简介

万山明:男,1970 年 8 月生,博士生。研究方向:三维电机的控制。

黄声华:男,1952 年生,博士,副教授。研究领域:特种电机及其控制、谐波控制、电源等。

傅光洁:女,1937 年生,副教授。长期从事步进电机的教学及科研工作。

图 6 示出在泵升电压钳位电路工作时, 直流电压及 IGBT VI_1 的集-射极电压波形。由于保护电路为滞环工作, 直流电压被钳位在 200V 左右波动。泄放电阻 R_1 两端的续流二极管使得 VI_1 关断时集-射极电压大于 200V 。

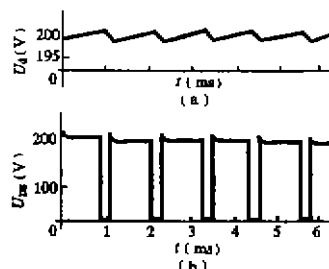


图 6 泵升电压钳位波形及其 VI_1 集-射极电压波形
(a)泵升电压钳位波形 (b) VI_1 集-射极电压波形

6 结 论

本文主电路泵升电压的产生有其必然性, 采用泵升电压钳位电路和 IGBT 智能模块 IPM 可有效实现过压、过流保护。

参 考 文 献

- 1 黄声华.三自由度伺服电动机及其控制系统的研究[博士论文].华中理工大学,1991

收到初稿日期:1996-09-27

收到定稿日期:1996-12-16

(上接第 51 页)

出版社,1990.

参 考 文 献

- 1 黄石生.电子控制的弧焊电源.北京:机械工业

收到初稿日期:1996-01-19

收到定稿日期:1996-04-14

作者简介

刘桂秋:女,1962 年 10 月生,讲师,硕士学位。研究方向为工业电气自动化。

杭争翔:男,1961 年 8 月生,讲师,硕士学位。研究方向为焊接工艺及设备。

王 辉:男,1972 年 11 月生,助教。研究方向为焊接工艺及设备。

IGBT 双逆变方波交流 TIG 焊机

IGBT AC TIG Welder with Double Inverted Square-wave

沈阳工业大学 刘桂秋 杭争翔 (沈阳 110023) TG434
辽阳石化专 王 辉 (辽阳 111003)

摘要:介绍一种 IGBT 双逆变方波交流 TIG 焊机主电路的基本结构和工作原理,提出了一次逆变电流负反馈与门限综合控制焊机恒流特性的方法和二次逆变引弧控制方法。试验表明,该焊机在空载电压 45V、焊接电流 $\geq 15A$ 时可稳定焊接铝合金。

Abstract: The paper proposes the basic structure and principle of the main circuit of IGBT AC TIG welder with double inverted square-wave. The primary inversion is designed as both negative current feedback and threshold sythetic control system to keep current constant. The secondary inversion is used for controlling the arc starting. Experiment shows the welder can weld AL-alloy steadily under non-loaded voltage 45V and welding current $\geq 15A$.

叙词:电弧焊机, 逆变 绝缘栅双极晶体管
Keywords: arc welder; inverting; IGBT

进变电源, 方波交流焊机

1 前言

焊铝合金时由于要求阴极雾化 and 限制钨极烧损,通常采用交流 TIG 焊。但传统的正弦波交流 TIG 焊为保证电弧稳定,须采用稳弧措施和较高的空载电压。研究开发方波交流 TIG 焊工艺及其焊机的主要目的是提高交流电流在转变极性时的变化率,改善交流电弧的稳定性,使之能在较低空载电压和较小焊接电流下不用稳弧装置即可满意地焊接铝合金。

目前方波交流 TIG 焊机主要有两类:一类是晶闸管加直流电抗器,这类焊机的输出电流在转变极性时的变化率与晶闸管的开关特性和直流电抗器的电感值有关。由于焊机结构的原因,其输出交流电流频率固定为 50Hz,正半波占周波比例调节范围一般在 40%~60%之间;另一类是在直流弧焊电源后加 H 型逆变器,这类焊机输出方波交流电流频率、正半波占周波比例等参数均有宽的调节范围,是一种理想的焊铝合金 TIG 焊机的发展方向。这类焊机输出电流在转变极性时的变化率与逆变器所用开关元件的开关速度有关,IGBT 具有开关速度快、输入阻抗高、热稳定性好、驱动电路简单、通态电压低、电流控制能力强等优点,适合用作弧焊逆变器的功率器件。

2 焊机主电路

焊机主电路如图 1 所示。交流电压整流后在 A、B 两端输出直流电压,经一次半桥逆变、整流^[1],得从 C、D 两端输出的具有下降外特性的直流电源,此电源电流可调。再经二次逆变,从 E、F 两端输出方波交流电流。

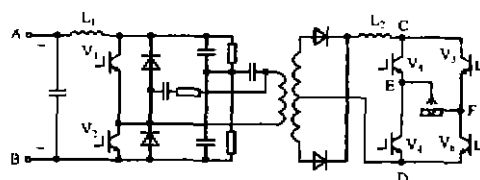


图1 IGBT 双逆变方波交流 TIG 焊机主电路

3 一次逆变控制方法

图 2 为焊机主要环节构成框图。一次逆变设计成电流负反馈与门限综合控制系统。电流反馈信号通过 LEM 电流传感器获得,该传感器测量精度高、线性度好、反应时间 $< 1\mu s$,完全能满足一次逆变控制的要求。

图 3 为一次逆变控制电路。当电流反馈信号 $nI_f < \text{给定电压 } u_g$ 时 $u_{cl} \approx 0V$, PWM 控制 V_1, V_2 在一个周波中导通宽度最大,焊机输出电压保持空载电压值。当焊机负载减小、输出电流增加且 $nI_f > u_g$ 时 u_{cl} 增加, PWM 控制

V_1 、 V_2 在一个周波中导通宽度减小, 输出电压下降使输出电流减小, 从而保持 $nI_f = u_g$, 输出呈恒流特性。其电流大小由 RP_2 (u_g 值) 调定, 其调节范围为 10~160A。

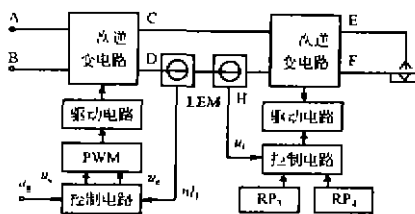


图2 控制系统主要环节构成框图

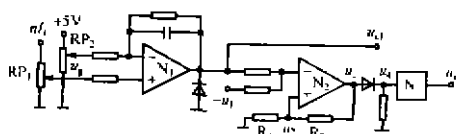


图3 一次逆变控制电路

该焊机设计采用接触引弧方式, 并需进行短路控制。短路时 PWM 输出脉宽较小, 为防止失控现象造成电流波动或 IGBT 失效, 应在控制电路中设定最小 PWM 输出脉宽 T_{min} 。

图3中由 N_2 构成的施密特触发器在 u_{c1} 增加、 $u_{c1} - u_1 > R_1 / (R_1 + R_2) \cdot |u_3|$ 时, u_3 由正电源电压变为负电源电压, u_4 、 u_e 由高电平变为低电平。反之 u_4 、 u_e 由低电平变成高电平。

当焊机负载减小, PWM 输出脉宽减小到 T_{min} 时, 对应的 u_{c1} 使 u_3 由正向负翻转, u_e 变为低电平, 封锁 PWM 输出脉冲, V_1 、 V_2 截止, 主电路中 L_2 释放能量维持焊接电流 I_f 连续。此时焊接电流 I_f 下降、 nI_f 减小、 u_{c1} 减小, 使 N_2 输出电压 u_3 由负向正翻转, u_e 变成高电平, 恢复 PWM 输出脉冲, V_1 、 V_2 交替导通。这样既控制了短路电流, 又起到了瞬时过流保护作用。

4 二次逆变控制

焊机工作时在直流正极性状态下接触引弧比在交流状态下引弧容易, 待可靠引燃电弧后自动转入交流状态, 这样钨极烧损小、焊缝渗钨少。为了提高电弧的稳定性, 要求方波交流电流正、负半波之间转换越快越好。铝合金交流

TIG 焊时为了调节铝表面氧化膜阴极雾化作用和减少钨极燃损, 要求方波交流电流正、负半波时间可独立调节。

图4为二次逆变控制电路原理图。 N_4 构成振荡电路, 其输出电压 u_7 经整形后得到方波脉冲电压 u_8 , 其高电平时间由 RP_3 调定, 低电平时间由 RP_4 调定。霍尔电流传感器 H 检测焊接电流输出电压 u_f , u_f 与阈值电压 u_5 比较后输出 u_6 。焊机输出电流 $I_f < 10A$ 时 u_6 为低电平, 它控制电子开关 N_7 使 $u_{c2} = +12V$, 此时 V_3 、 V_4 导通, V_5 、 V_6 截止, E、F 两端输出直流电流, F 端为正即工件为正。当 $I_f > 10A$ 时 u_6 变为高电平, $u_{c2} = u_8$ 。 u_8 为高电平时 V_3 、 V_4 导通, V_5 、 V_6 截止, 即工件上通过正半波; u_8 为低电平时 V_3 、 V_4 截止, V_5 、 V_6 导通, 即工件上通过负半波。因此, 电弧电流为方波交流电流, 工件上的正半波时间由 RP_3 调定; 工件上的负半波时间由 RP_4 调定, 其范围均为 3~10ms。

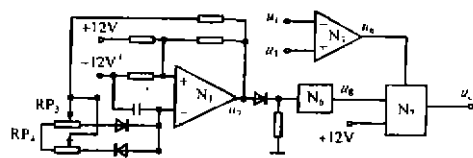


图4 二次逆变控制电路

5 引弧可靠性和电弧稳定性试验

空载电压 u_0 和焊接电流 I_f 对引弧可靠性和电弧稳定性有很大影响。在空载电压 $u_0 = 35V$ 、 $40V$ 、 $45V$ 、 $50V$ 时, 焊接电流 I_f 可在 10~160V 范围内调节, 并进行引弧可靠性和电弧稳定性(不加稳弧装置)试验。其结果表明, 空载电压 $u_0 \geq 45V$ 、焊接电流 $I_f \geq 15A$ 时, 电弧引燃可靠、燃烧稳定, 完全能满足铝合金 TIG 焊的要求。

6 结论

该焊机可在空载电压 45V、焊接电流 $\geq 15A$ 时可靠引弧、稳定焊接。焊机中一次逆变的电流负反馈与门限综合控制恒流特性的方法和二次逆变的引弧控制方法是可行的。

(下转第 41 页)