

恒流逆变式 CO₂ 气保焊电源的研究

胡小建

(合肥工业大学 材料科学与工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要:为了解决传统的平特性 CO₂ 气保焊电源焊接时飞溅大的缺点,该文提出了采用恒流外特性配合等速送丝,以实现 IGBT 管逆变式 CO₂ 气保焊的基本原理。用 IGBT 作为功率元件设计逆变器的主电路、保护电路,利用 PI 算法实现所设计的恒流外特性的控制,设计了单片机控制系统的硬件电路和软件程序。结果表明,利用单片机能很好地实现所需的外特性,恒流外特性电源比平特性电源具有更好的焊接性能。

关键词:恒流外特性;逆变器;单片机

中图分类号: TG407 文献标识码: A 文章编号: 1003-5060(2000)05-0748-04

Study of inverter for constant current CO₂ gas protecting arc welding

HU Xiao-jian

(School of Material Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: In order to solve the problem of excessive welding splash in the conventional CO₂ gas protecting arc welding with level characteristic inverter, this paper puts forward the basic principle of CO₂ gas protecting arc welding using Insulating Grid Bipolar Transistor (IGBT) tube in the inverter, which utilizes constant current with external characteristics in cooperation with uniform wire-feed. The IGBT tube is used as power component in designing the main circuit and protection circuit of the inverter, and PI algorithm is adopted to achieve the control of the external characteristics of constant current. The hardware circuit and software program of single-chip microcomputer controlling system are also designed. It is found that the external characteristics can be well realized by using the single-chip microcomputer.

Key words: external characteristics of constant current; inverter; single-chip microcomputer

CO₂ 气保焊通常采用平特性电源配合等速送丝,具有良好的弧长自身调节作用,能实现 CO₂ 气保焊“电源-电弧”系统和焊接规范的稳定。然而平特性的 CO₂ 气保焊电源焊接时飞溅大,焊缝成型不好,限制了 CO₂ 气保焊方法的进一步推广应用。

研究表明^[1,2],采用逆变式电源实现 CO₂ 气保焊能改善焊缝成型和减少焊接飞溅。文献^[3]采用双阶梯恒流外特性电源实现 CO₂ 气保焊,一方面可通过电弧电压 U_f 控制燃弧能量改善焊缝成型;另一方面恒流特性有利于熔滴过渡,减少飞溅。

在此基础上,针对 IGBT 管功率元件具有 MOSFET 和 GTR 的优点,即输入阻抗高、速度快、热稳

定性好和驱动电路简单,利用 IGBT 管作为功率元件,采用 MCS-51 系列 8031 单片机实现恒流 IGBT 逆变式 CO₂ 气保焊电源的硬件、软件设计。

1 基本原理

CO₂ 气保焊电弧静特性曲线为上升曲线,CO₂ 气保焊电源外特性的设计要满足“电弧-电源”系统和焊接规范的稳定。焊接电弧功率 $P = \eta IU$, 由此可知电弧电压对燃弧能量的贡献不亚于焊接电流,因而采用恒流电源通过局部控制电弧电压来控制焊接电弧能量。

如图 1 所示,采用恒流外特性电源能实现 CO₂ 气保焊系统和焊接规范的稳定。图中 U_1 为恒压特性曲线, I_b 、 I_f 和 I_d 为 3 条恒流特性曲线, $U_b-U_{f_1}$ 和 $U_{f_2}-U_d$ 为 2 条上升特性曲线。电弧正常燃烧时在恒流 $U_{f_1}-U_{f_2}$ 区域之内,此区域具有恒流特性,焊接稳定,电弧弹性最好。由于某种原因,当电弧电压 $U_f > U_{f_1}$ 或 $U_f < U_{f_2}$ 时,通过设置 I_b 、 I_d 采用恒流切换方式同样对电弧具有强烈的调节作用。

如果弧长变化很小时,此时 $U_{f_2} < U_f < U_{f_1}$, 电弧以 I_f 电流稳定燃烧;弧长改变较大时,即 $U_f > U_{f_1}$, 电弧具有很强的自身调节作用,电弧工作点从 I_f 段跳到 I_b 段, I_b 只是维持电弧燃烧电流,此时弧长因为电流由 I_f 降到 I_b 而增加,当 $U_f < U_b$ 时,电弧的工作点又跳回正常燃烧电流 I_f 段;弧长改变为 $U_f < U_{f_2}$ 时,电流工作点跳到 I_d 段,电流加大并加快焊丝的熔比速度,使弧长又增加, $U_f > U_d$ 时,电流的工作点回到 I_f 上。在 $U_b-U_{f_1}$ 和 $U_{f_2}-U_d$ 上升段上,由于该上升段的斜率大于电弧静特性曲线的斜率,因而电弧从 I_f 向 I_b 、 I_d 跳变,以及 I_b 、 I_d 向 I_f 跳变时不会在 $U_b-U_{f_1}$ 和 $U_{f_2}-U_d$ 上停留,故恒流外特性配合等速送丝能实现 CO₂ 气保焊。

2 单片机控制原理

如图 1 所示,曲线分为引弧、维弧、燃弧及短路 4 个状态。引弧状态由空载电压 U_0 开始陡降到 U_1 , 然后是平特性到 I_b ; 维弧状态是电流为 I_b 的恒流特性状态;燃弧是电流为 I_f 的恒流特性状态;短路是电流为 I_d 的恒流特性状态。

通过键盘输入焊接电流给定值,系统内存对应焊接电流情况下的 U_0 、 U_1 、 I_b 、 I_f 、 I_d 、 U_b 、 U_{f_1} 、 U_{f_2} 及 U_d 为等参数大小。弧焊逆变器的外特性控制是通过对电弧信号的不同反馈形式来实现的,本研究采用 PI 算法实现对反馈量的控制,根据 4 个状态电弧信号的特征,采用不同的反馈方式控制 8031 输出量,控制 PWM 发生器的输出脉宽大小,从而获得不同的外特性。从空载到维弧状态先用电流反馈后再电压反馈到 I_b , $U_b-U_{f_1}$ 和 $U_{f_2}-U_d$ 段采用电流、电压联合反馈方式,恒流段 I_b 、 I_f 、 I_d 采用电流反馈。

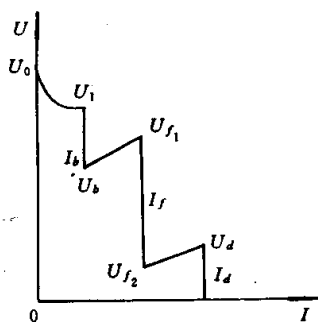


图 1 恒流外特性

3. 系统的硬件电路

如图 2 所示,硬件电路是由逆变器主电路、控制电路和保护电路组成。

3.1 主电路

主电路采用全桥式电路,由整流元件 $D_1 \sim D_6$ 、滤波电容 C_1 、IGBT 管 $T_1 \sim T_4$ 、中频变压器 B 、输出整流电路 $D_7 \sim D_{10}$ 、电感 L 和电容 C_2 等组成^[4]。三相电压经整流为直流信号作用在 MN 两端,在触发脉

冲的作用下, T_1 、 T_4 和 T_2 、 T_3 两组 IGBT 管同时通电、截止。把 50 Hz 交流信号经整流变为直流信号, 经过 IGBT 的导通和截止转变为 20 kHz 的高压中频信号并作用于变压器两端, 经变压器变换为同频率低压信号, 此信号经输出整流器 $D_7 \sim D_{10}$ 变为直流信号, 经 L_1 、 C_2 作用在焊接电弧上, 其逆变机制为 AC—DC—AC—DC。

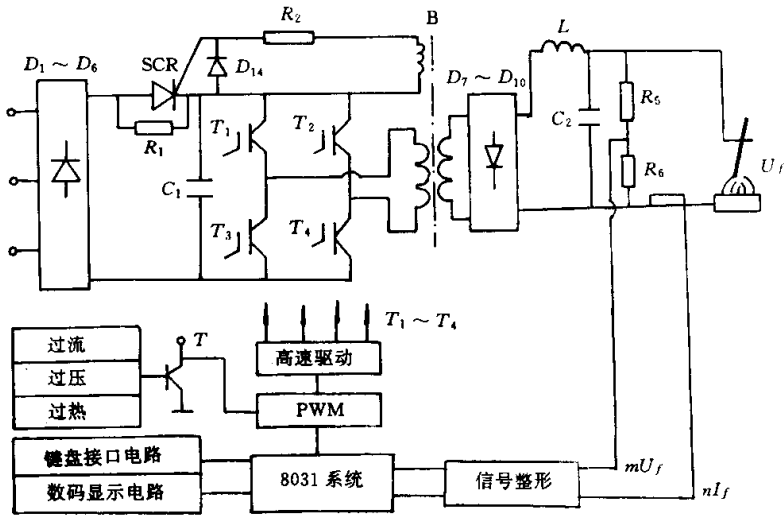


图 2 硬件电路图

3.2 控制电路

控制电路是由键盘及显示电路、8031 单片机及外围电路组成。键盘电路主要是设定焊接规范, 同时设定指令开关, 如启动按钮、急停按钮等。显示电路主要显示焊接规范。

8031 单片机及外围电路是由 8031 单片机、6264RAM 数据存储器、2764EPROM 程序存储器及 74LS373 锁存器等组成。8031 单片机由键盘输入焊接规范, 对焊接电流、电压、采样值进行数字处理, 采用 PI 算法输出控制量, 作用在 PWM 发生器触发端, 产生 20 kHz 的频率信号, 此信号经高速驱动电路分 4 路两两相对信号作用在 IGBT 管的触发端, 作为 IGBT 管 $T_1 \sim T_4$ 的触发信号使 T_1 、 T_4 和 T_2 、 T_3 两组 IGBT 管信号同时导通和截止, 如图 3 所示, 此系统的主要功能是控制图 1 所示的外特性。

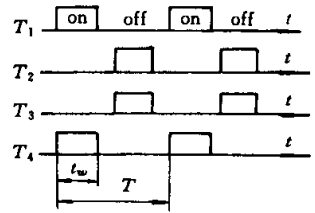


图 3 IGBT 管导通信号

3.3 保护电路

保护电路由过流保护、过压保护和过热保护电路组成, 其中过流保护包括抑制合闸浪涌电流、截流保护和限流保护。由晶闸管 SCR、 D_{14} 、 R_2 及变压器组成抑制浪涌电流电路, 电源合闸时, SCR 截止, R_1 串联在整流输出回路中, 变压器感应信号使 SCR 导通, R_1 短路, 电源信号直接加在整流器上, 这样 R_1 串联在整流输出回路的瞬间能有效地抑制浪涌电流。限流保护是从输出端检测信号, 焊接电流经处理送入 8031 单片机, 控制 PWM 发生器脉宽从而控制电流大小。截流保护、过压保护分别从变压器原边获取电流、电压信号。过热保护通过热敏电阻获得信号, 这些信号分别进行模拟放大, 与给定值比较后送入由 $D_{11} \sim D_{13}$ 组成的或门电路, 如图 2 右下侧所示, 在过流、过压、过热任意一种情况下晶体管 T 导通, 其集电极送入 PWM 发生器控制端使其无脉冲输出, 同时 J_1 动作常闭触头断开, CJ 失电, 切断电源, 从而保护 IGBT 管及焊机。

4 软件设计

系统软件是由主程序、中断服务程序、显示子程序、键盘输入子程序、引弧控制子程序、焊接状态控制子程序及 PI 算法子程序等组成^[5]。

图 4 为控制电源外特性的主程序,初始化主要对 8255 工作方式编程,确定中断控制逻辑,设置堆栈指针,给控制对象和显示单元等赋初值。调入键盘输入子程序,设定焊接规范,同时对图 1 中对应的参数最初值。有焊接指令时,调入引弧子程序,一旦引弧成功则进入焊接状态,采样系统不断对焊接电弧信号进行采样,并和 U_b 、 U_{f_1} 、 U_{f_2} 、 U_d 进行比较,以决定电弧状态, $U_f < U_{f_2}$ 为短路状态, $U_f > U_{f_2}$ 为维弧状态, $U_{f_2} < U_f < U_{f_1}$ 为焊接状态,设定对应的电流 I_b 、 I_d 及 I_f 。外特性的控制是通过检测 U_f 的大小采用相应的反馈方式决定电弧状态实现的,有结束指令时则停止焊接。

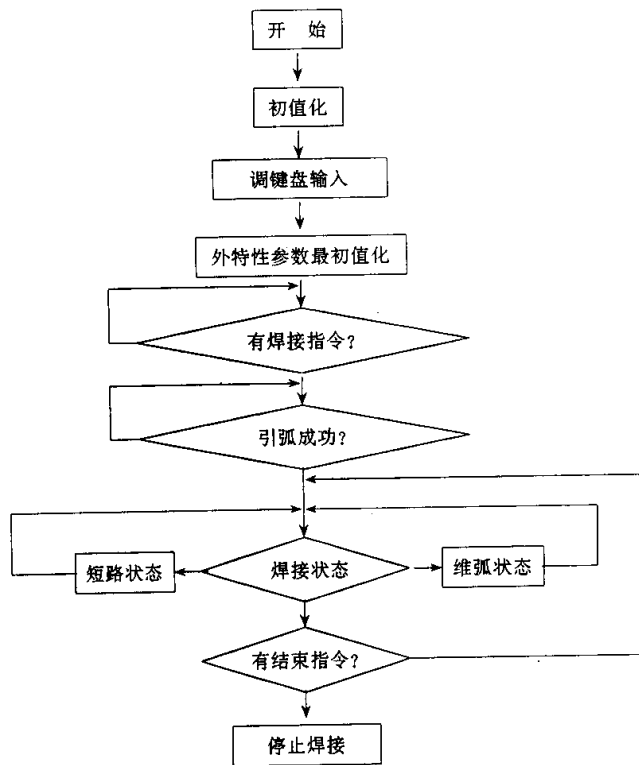


图 4 主程序框图

5 结果与结论

当焊接电流为 250 A 时,外特性曲线参数 U_0 、 U_1 、 U_b 、 U_{f_1} 、 U_{f_2} 和 U_d 分别为 60 V、41 V、30 V、36 V、14 V 和 20 V; I_b 、 I_d 分别为 50 A、350 A。

采用恒流外特性电源配合等速送丝能很好地实现 IGBT 管逆变式 CO₂ 气保焊,采用 IGBT 管作为主电路功率元件能改善焊机性能,单片机及其外围电路配合软件使焊机的外特性具有可控性,恒流 CO₂ 气保焊具有很大的应用前景。

[参 考 文 献]

- [1] 姜幼卿,刘 杰. 无飞溅 CO₂ 焊接电源的研究[A]. 王守业:第八次全国焊接会议论文集[C]. 北京:机械工业出版社,1997. 153—155.
- [2] 李先耀,张人豪. 国外逆变焊机应用情况及我国逆变焊机的发展[J]. 电焊机,1995(4):1—4.
- [3] 胡小建. 单片机实现逆变式 CO₂ 气保焊电源双阶梯恒流外特性的研究[J]. 电焊机,1999(3):10—12.
- [4] 苏开才. 现代电力电子技术[M]. 北京:国防工业出版社,1995. 249—257.
- [5] 孙育才. MSC-51 系列单片微型计算机及应用[M]. 南京:东南大学出版社,1991. 267—277.