

研究与设计

逆变式 CO₂ 焊接电源控制电路设计

陈焕明¹, 江淑园¹, 余进江²

(1.南昌航空工业学院 材料科学与工程系,江西 南昌 330034 2.广州电器科学研究所 电工分所,广东 广州 510302)

摘要 :介绍了逆变式 CO₂ 焊接电源的基本工作原理,详细讨论了逆变电源驱动电路和电源外特性控制电路。研制的电源输出 L 形外特性,短路峰值电流采用恒流控制,引弧性能好,焊接飞溅小。驱动电路适合于 MOSFET 或 IGBT 的驱动,既可以用于全桥式逆变电路,又可以用于半桥式逆变电路,控制电路工作稳定可靠。

关键词 :逆变电源 ;CO₂ 焊 ;驱动电源 ;电源特性

中图分类号 :TG434.5

文献标识码 :A

文章编号 :1001-2303 (2002)02-0001-04

Design of the control circuit for inverter CO₂ welding power source

CHEN Huan-ming¹, JIANG Shu-yuan¹, YU Jin-jiang²

(1.Department of Material Engineering, Nanchang Institute of Aeronautical Technology, Nanchang 330034, China; 2.Guangzhou Electrical Equipment Research Institute, Guangzhou 510302, China)

Abstract :This paper introduces the working principle of inverter CO₂ welding power source and discusses the driving circuit of inverter and the control circuit of its characteristics. The power source with L-shaped curve characteristics delivers a constant current to control the short circuit peak current which has many advantages, such as stable arc initiation and less spatter. The driving circuit can be used in both full-bridge and half-bridge inverter.

Key words :inverter power source ;CO₂ welding ;driving circuit ;characteristic

前言

逆变焊接电源已成为国际上公认的最先进的焊接电源,首先体现在其焊接性能好、频率响应快、动特性好,有利于实现自动化,其次是其质量轻、体积小、效率高。逆变焊接电源采用的功率电子开关器件经历了从晶闸管(SCR)、电力晶体管(GTR)、大功率场效应管(MOSFET)到绝缘栅双极晶体管(IGBT)的发展过程,开关频率从 2 kHz 到 20 kHz,甚至 200 kHz。逆变焊接电源的应用范围不断扩大,从手工电弧焊和 TIG 焊到 MIG 焊和 CO₂ 焊,正进一步扩展到大容量的埋弧焊和电阻焊。随着电力电子技术的发展,

功率开关器件不断向高压大容量化、快速化、集成化、智能化、廉价和高可靠性方向发展,为逆变焊接电源的发展提供了坚实的技术基础,逆变焊接电源必将成为本世纪更新换代的革命性电源。

CO₂ 气体保护焊是一种高效率、低成本的节能焊接方法,广泛应用于低碳钢及低合金钢的焊接。其不足之处是焊接飞溅大,焊缝成形欠佳,对焊接电源的动特性要求较高。因此,利用逆变电源的优点来完善 CO₂ 焊机的焊接性能,提高 CO₂ 焊的焊接质量是行之有效的手段和重要途径,同时也是 CO₂ 焊的重要发展方向。虽然逆变焊机已成为国际上焊接设备的主流产品,但是我国的逆变焊机目前主要集中于 ZX7 系列,用于手弧焊和钨极氩弧焊的占大多数,在用于熔化极气体保护焊方面尚属起步阶段,在逆变

收稿日期 :2001-04-29

作者简介 :陈焕明(1958-),男,福建龙岩人,教授,硕士生导师,主要从事焊接自动化及弧焊电源的研究工作。

电路设计的可靠性以及适合于焊接工艺动、静特性的控制方法等方面尚有不少技术问题急待深入研究。

我们采用 MOSFET 作为开关器件,研制成功了逆变式 CO₂ 焊接电源,其额定焊接电流为 315 A,开关频率 80 kHz,探讨逆变电源功率增大的新途径,采用电源并联技术和高频变压器输出功率迭加技术,取得了良好的效果^[1,2]。在此研究设计逆变式 CO₂ 焊接电源的控制电路。

1 工作原理分析

逆变式 CO₂ 焊接电源基本工作原理如图 1 所示,三相 380 V 工频交流电经整流滤波后,获得逆变电路所需的直流电(约 540 V)。在驱动电路输出信

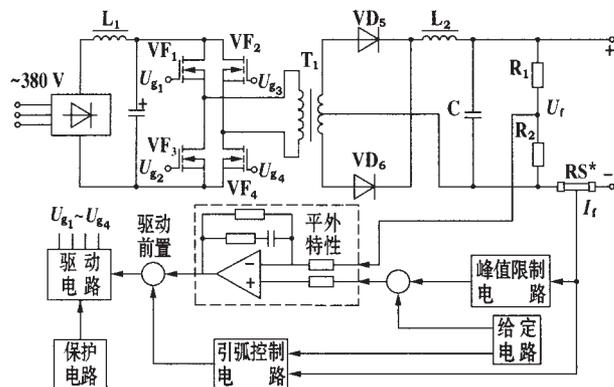


图 1 逆变电源原理框图

号 $U_{e1} \sim U_{e4}$ 的作用下, MOSFET 管组 VF₁、VF₄ 和 VF₂、VF₃ 交替通断,把输入的直流电逆变成 80 kHz、脉宽可调的方波交流电,再经高频变压器 T₁ 降压至焊接电弧所需的几十伏电压。该电压经输出整流 (VD₅、VD₆) 和电感 L₂ 滤波后,把高频交流变换成直流输出。借助于控制系统的控制,获得 CO₂ 焊接工艺所需的外特性和动特性。

电压反馈信号 U_f 和给定信号输入外特性控制电路,比较放大后经驱动前置电路输入功率驱动电路;电流反馈信号 I_f 和给定信号则输入引弧控制电路,比较后也经前置电路输入驱动电路。依据输入信号的大小,驱动电路输出不同脉宽的信号驱动主电路工作。引弧前 I_f 为零, U_f 最大,焊机由引弧控制电路控制,建立空载电压并获得良好的引弧性能;一旦引弧成功,在驱动前置电路的作用下,引弧控制电路退出工作状态,焊机由外特性控制电路控制,实现稳定的焊接过程。

焊接过程中,当短路峰值电流大于设定值时,则

峰值限制电路工作,输出信号和给定电压信号比较后输入外特性控制电路,迫使焊机进入恒流状态,改善熔滴过渡的动态性能。电源中还设置过流、过热等保护电路。

2 驱动电路的设计

如图 2 所示, PWM 集成控制器 3525 的 11 脚和

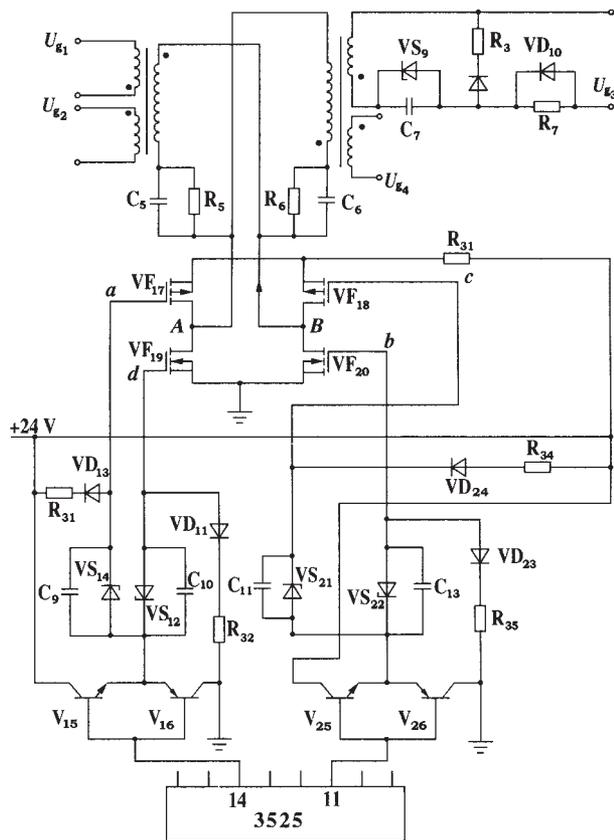


图 2 驱动电路

14 脚输出相位相反的脉宽调制信号,经前置驱动电路后,分别从 a、b、c、d 点输出具有一定逻辑关系的信号(图 3)至 VF₁₇~VF₂₀ 的栅极。图 2 中 VF₁₇、VF₁₈ 为 P 沟道 MOSFET, VF₁₉、VF₂₀ 为 N 沟道 MOSFET, VS₁₂、VS₁₄、VS₂₁ 和 VS₂₂ 为 15 V 稳压管。图 3 所示波形上标注的电压值均为对地电压。当 d 点输出高电平、c 点输出低电平(相对 VF₁₈ 漏极,即 B 点)时, VF₁₉、VF₁₈ 导通,脉冲变压器流过图 2 所示的正向脉冲电流 I_{AB} 为正向脉冲,则得到正向驱动脉冲 U_{e2} 和 U_{e3} ,驱动全桥主电路一个桥臂工作。与此同时,因线圈的同名端不同,获得另一级负驱动脉冲 U_{e1} 和 U_{e4} ,使主电路的另一个桥臂因承受负栅压而可靠关断。当 a 点和 c 点均输出低电平时, VF₁₇ $U_{AB}=0$ 。反

之,当 b 点输出高电平、 a 点输出低电平(相对 V_{F17} 漏极,即 A 点)时, V_{F20} 、 V_{F17} 为负向脉冲 U_{g2} 、 U_{g3} 和 U_{g1} 、 U_{g4} 极性换向,从而驱动主电路的另一个桥臂工作。

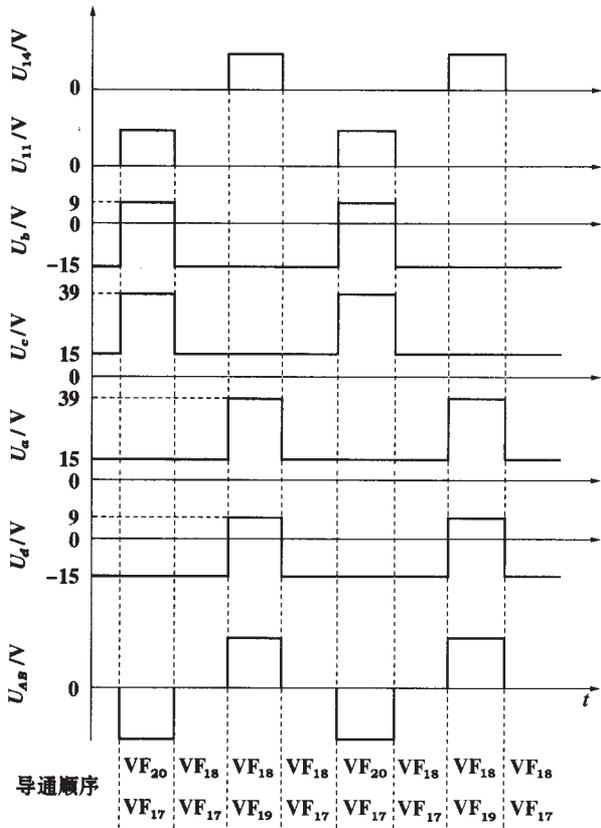


图 3 驱动电路波形

3 外特性的形成与控制

逆变弧焊电源采用电流、电压反馈控制,来获得不同外特性形状,以满足焊接过程的要求。针对外特性不同区段在焊接过程中所起的作用和该过程的特点,采用不同的控制要点,对控制电路进行了合理的设计。设计的外特性曲线如图 4 所示。

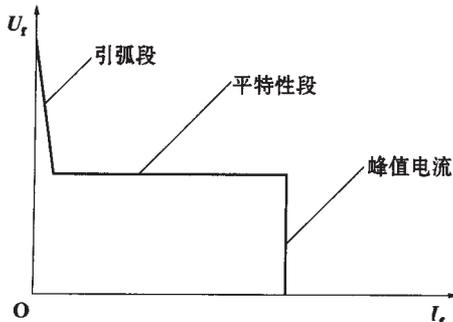


图 4 外特性曲线

3.1 引弧及平特性控制电路

焊接过程的引弧期属一过渡过程,主要问题是如何提高一次引弧成功率和缩短此过渡过程,即提高电源响应速度、快速建立稳定弧长,同时注意不能因短路电流冲击而形成较大飞溅。在焊接过程中,则采用电压负反馈控制系统,使电源恒压输出,利用平外特性良好的自调节能力,提高焊接过程稳定性。

控制电路如图 5 所示。引弧过程中采用电流反

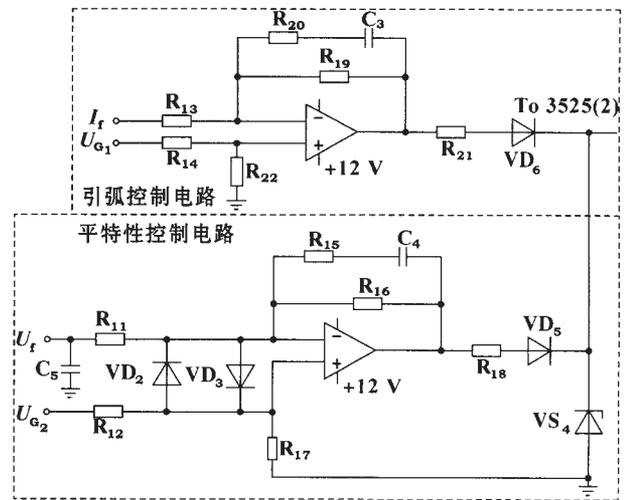


图 5 外特性控制电路

馈。引弧前,电流反馈信号 I_f 为零,引弧控制电路输出最大值至 3525 的 2 脚,驱动电路输出最大脉宽,焊机建立空载引弧电压 (60 V),此时电压反信号 U_f 为最大值,平特性控制电路输出最小值, VD_5 承受反压而截止。短路引弧时,一旦引弧成功,建立焊接电流,由于较强的电流负反馈和较高的响应速度,引弧电路输出信号迅速减小;与此同时,随着 U_f 的减小,平特性控制电路输出信号增大, VD_5 导通, VD_6 截止,外特性控制电路进入工作状态。

由于外特性控制电路对误差信号 ($U_{G2}-U_f$) 有很大的放大作用,因此电压给定信号 U_{G2} 和 U_f 有如下关系^[3]:

$$U_f = U_{G2} / m, \tag{1}$$

式中 m 为分压比,取定后为常数。

可见,给定不同的 U_{G2} ,则得到不同的输出电压 U_f ,达到调节电弧电压的目的。

3.2 峰值电流控制电路

在外特性控制电路和引弧电路中均采用比例—积分 (PI) 环节作为电子电抗器,调节短路电流上升率 di/dt ,大大减小了带铁心的滤波电抗器的体积和质量,使其只有几十微亨,同时也获

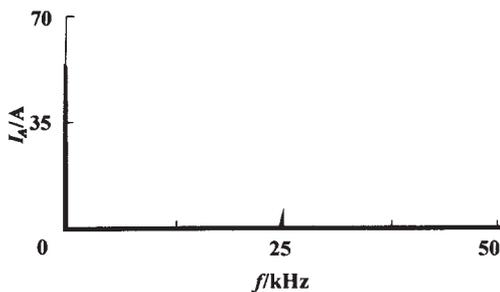


图 8 电源输入线电流频谱

3 结束语

上述仿真结果表明该拓扑结构是正确合理的。该新型单级高功率因数零开关逆变式电焊机实现了

对电网的无污染，且只在零开关逆变器的基础上增加几个小容量电感和电容，成本增加不多，是一种比较好的解决逆变电焊机污染电网问题的办法。

参考文献：

[1] 周孟龙,黄锦耀,樊 焯,等. 电焊机行业的现状及其发展[J]. 电焊机, 2001, 31(2): 3-7.
 [2] 李建国,朱 旗,刘和君,等. 统一认识全面推广使用逆变焊机[J]. 电焊机, 2000, 30(6): 3-5.
 [3] Jinrong Qian, Fred C Lee. Voltage-source charge-pump power-factor-correction AC/DC converters [J]. IEEE Trans. On Power Electronics, 1999, 14(2): 350-358.
 [4] 刘亚梅. 伪相移式混合全桥 ZVSCS-PWM 变换器 [D]. 成都:四川大学, 1999.

得了良好的动特性。但是单纯采用 PI 环节来实现电弧的恒压控制，焊接过程稳定性仍然不理想。如果积分器的时间常数过大，动态调节能力变差，极易造成熄弧及熔滴过渡的失败。如果调小积分器的时间常数，又会使 di/dt 及电流峰值过大，将引起飞溅和焊丝爆断。

为此，在外特性设计中采用分时控制的方法，引入了限流电路。在焊接过程中，焊机检测短路过渡状态的发生，当焊接短路电流上升到一定值后，峰值电流限制电路工作，焊机进入恒流（450 A）工作状态。限流电路如图 6 所示。

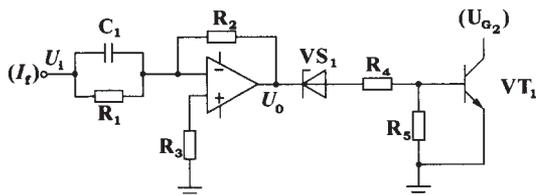


图 6 限流电路

该电路采用比例—微分（PD）调节器，使调节过程加速，加快峰值限制电路的反应时间。其输出 U_o 与输入信号 U_i 的关系式为：

$$U_o = - \left(\frac{R_2}{R_1} U_i + R_2 C_1 \frac{dU_i}{dt} \right), \quad (2)$$

U_i 为电流负反馈信号，熔滴过渡过程中，当电流达到设定值时，稳压 VS_1 被击穿， VT_1 饱和导通，给定电压 U_{o2} 被拉向零电位，输入 3525 的误差信号随电流

增大而迅速减小，短路峰值电流被限制，焊机进入恒流控制状态。

同时，如果焊接过程中电流增长率 di/dt 过大， dU_i/dt 也随之增大，PD 调节器亦将输出较大的 U_o ，同样使焊机进入限流控制状态，避免短路过渡过程因 di/dt 过大而产生严重飞溅。

4 结论

a. 逆变式 CO_2 焊接电源采用 L 形外特性，空载电压高，提供了较大的燃弧能量，有利于提高焊机的引弧性能；电弧一旦引燃，迅速进入平特性工作区，利用平特性较强的自调节作用，建立起稳定的焊接过程。

b. 短路峰值电流采用恒流控制，从而限制了短路过渡液体小桥爆炸时的能量，熔滴过渡稳定，焊接飞溅小。

c. 生产应用表明：设计的控制电路工作稳定可靠，驱动电路适用于全桥式和半桥式逆变电路。

参考文献：

[1] 陈焕明. 场效应管逆变弧焊电源功率增大的途径 [J]. 电气自动化, 2000, 22(4): 22-23.
 [2] 余进江. 逆变式 CO_2 焊机的研制 [D]. 南昌:南昌航空工业学院, 1999.
 [3] 黄石生. 逆变理论与弧焊逆变器 [M]. 北京:机械工业出版社, 1995: 85-86.