基于TM320LF2812的数字化变极性钨极氩弧焊电源

白宏伟,杨其锋,张新成
(河南机电高等专科学校,河南 新乡 453002)

摘要:设计了基于TMS320LF2812的数字化变极性钨极氩弧焊电源,该电源采用IGBT双逆变技术,一次逆变采用移相式软开关零电压、零电流PWM全桥电路(FB-ZCZVS-PWM)实现恒流闭环控制;二次逆变采用耦合电感型半桥逆变拓扑实现极性转换,设定特定的换向电流值使电源系统具有较宽的输出电流调节范围,兼顾了小电流焊接情况下的电弧稳定性和大电流焊接情况下二次逆变电路中IGBT的安全性。焊接试验结果表明,电源输出电流调节范围宽,焊接电弧稳定,焊缝成形优良、美观。

关键词:变极性TIG焊;软开关;零电压零电流;移相
中图分类号:TG434.1　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1001-2303(2013)05-0112-04
DOI:10.7512/j.issn.1001-2303.2013.05.23

Digitized variable polarity inverter TIG welding supply based on MS320LF2812

BAI Hong-wei, YANG Qi-feng, ZHANG Xin-cheng
(He´nan Mechanic and Electric Engineering College, Xinxiang 453002, China)

Abstract: The digitized variable polarity inverter TIG was desiged based on MS320LF2812 in this paper. The power supply adopts the second IGBT inverter technology, the first inverter using phase shift soft-switching zero voltage and zero current phase shift PWM full bridge circuit(FB-ZCZVS-PWM)to achieve constant current closed-loop control. The second inverter using the coupling inductor and the topology of half- bridge inverter to achieve the polarity-reversing. Setting a specific change to the current value of the power supply system has a wide adjustment range of the output current, which takes into account the electric arc stability of the small current welding and the IGBT security of the second inverter circuit in high current welding. The results of welding test show that the adjustment range of the power supply output current is wide, and the welding arc is stable, and the appearance of weld is well.

Key words: variable polarity inverter TIG; soft-switching; ZCZVS; phase shift

0 前言

数字化是现代焊接电源的发展趋势,数字化焊接电源的信号处理与控制算法是通过软件的运算来实现的,因此,控制灵活性高,且电源具有良好的焊接重现性和稳定性,适用于大批量的生产。本设计基于TMS320LF2812的数字化变极性钨极氩弧焊电源包括功率变换主电路和控制电路两方面的数字化,通过调节输出电流的正负半波时间比、幅值比,使负半波的电流幅值较高而导通时间较短,可以在保证阴极清理效果的同时,有效降低钨极烧损,提高生产率,延长钨极寿命。数字化焊接电源能满足铝及铝合金焊接的工艺要求,是目前较为理想的焊接方法。

收稿日期:2013-01-07
作者简介:白宏伟(1973—),女,河南浚县人,实验师,主要从事电气自动化和焊接设备研究工作。

1 系统总体结构

变极性TIG焊电源由功率变换主电路和控制电路组成。变极性焊接电源的功率变换主电路由两级逆变电路构成[1],一次逆变主要对电源系统的外特性进行控制,采用移相式零电压零电流全桥结构[2],可以成功降低开关管IGBT的开关损耗和变换器的附加环流问题,减小占空比损失,拓宽软开关切换的负载范围;二次逆变电路采用耦合电感型半桥逆变拓扑,它由续流耦合电感、IGBT半桥电路及其

RC 缓冲电路组成，该电路既能确保在极性切换过程中获得快速的焊接电流换向速度,又能通过硬件电路本身提供足够高的再燃弧电压,用以焊接电流过零瞬间重新引燃电弧,从而维持电弧稳定。

双逆变变极性 TIG 焊电源控制系统是一个基于 DSP 的闭环控制系统,由 DSP 最小系统、采样电路和各种保护电路组成。其功能包括:一次逆变的恒流控制、二次逆变的极性转换控制、焊接工作程序控制以及电流电压采样、电路保护、参数的设置与显示、与计算机的通信等。电气原理如图 1 所示。

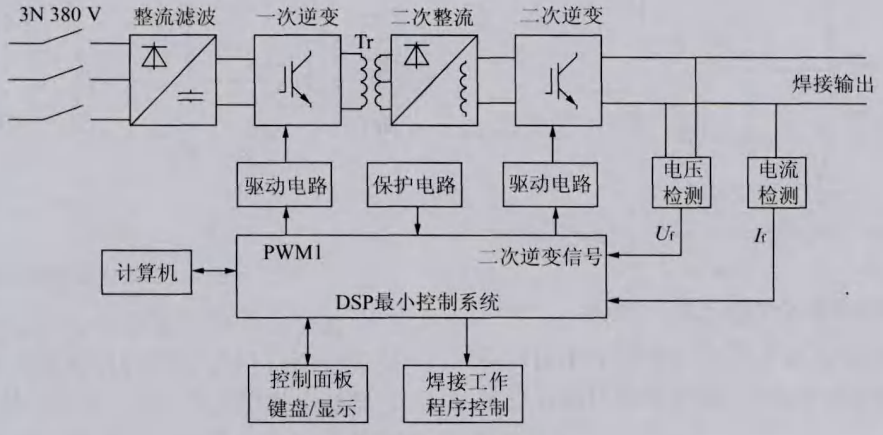


图 1　电气原理图

2　硬件系统设计

2.1　DSP 最小控制系统

DSP 最小系统是变极性 TIG 焊控制系统的核心,完成电源的整体管理和电源控制,DSP 最小系统包括:电源电路,时钟、倍频电路,复位电路,电平转换电路,外部程序存储器,数据存储器,键盘等。本设计中 DSP 芯片采用 TI 公司的 TMS320LF2812,它采用高性能静态 CMOS 技术,具有运算速度快、处理能力强、接口丰富等特点[3]。

2.2　一次逆变电路

一次逆变电路采用移相式双零软开关 PWM 全桥逆变拓扑[4],移相式双零软开关 PWM 全桥变换器是在 ZVS-PWM 的基础上发展起来的一种新型软开关变换器,成功地解决了 IGBT 关断损耗和变换器附加环流问题,如图 2 所示。

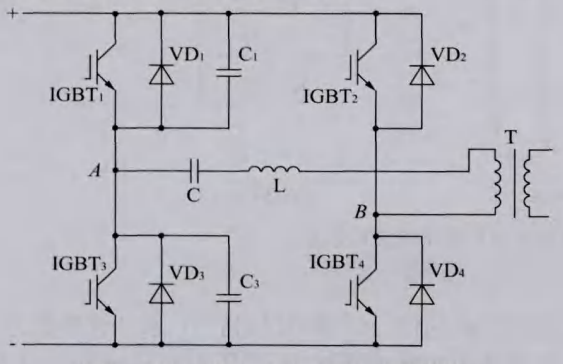


图 2　FB-ZCZVS-PWM 变换器原理

由全桥逆变器、中频变压器 T、隔直电容器 C、饱和电抗器 L 组成的软开关 DC-AC 变换环节,将整流滤波后的直流电变成频率约 20 kHz、脉冲宽度可调的交流电。饱和电感 L 是一个磁性开关,处于饱和状态时电感值为零,饱和电感未饱和时电感值较大,阻止电流变化。隔直电容 C 足够大,在续电流过程中可被等效为一个恒电压源。逆变器中,$IGBT_2$、$IGBT_4$ 的驱动脉冲比 $IGBT_1$、$IGBT_3$ 的驱动脉冲有一定移相角的滞后,$IGBT_1$、$IGBT_3$ 组成超前臂,$IGBT_2$、$IGBT_4$ 组成滞后臂。超前臂的 IGBT 实现零电压开通和关断。饱和电感 L 和隔直电容 C 使一次电流在箝位续流期间迅速衰减到零并保持,从而使滞后桥臂上的 $IGBT_2$、$IGBT_4$ 实现零电流开通和关断。移相全桥变换器的工作过程波形如图 3 所示。

图 3 中,i_p 为变压器一次电流,U_{g1}~U_{g4} 为 IGBT 相应的触发脉冲。当 $IGBT_1$ 和 $IGBT_4$ 导通时,饱和电感 L 处于饱和状态,能量向负载方向传递,隔直电容 C 从最大负值线性增加。t_1 时刻 $IGBT_1$ 关断,一次电流 i_p 由 $IGBT_1$ 转移到 C_1、C_3 支路,C_1 充电,C_3 放电,由于 C_1 电压不能突变,因此 $IGBT_1$ 是零电压关断;当 A 点电位减小到小于零时 VD_3 导通,$IGBT_3$ 可以实现零电压开通。VD_3 导通后,A、B 两点之间的电压保持为零,饱和电感 L 仍处于饱和状态,隔直电容 C 上的电压 U_c 完全加在变压器漏感上,使 i_p 迅速减小,i_p 减小到一定值时,饱和电感 L 退出饱和呈现

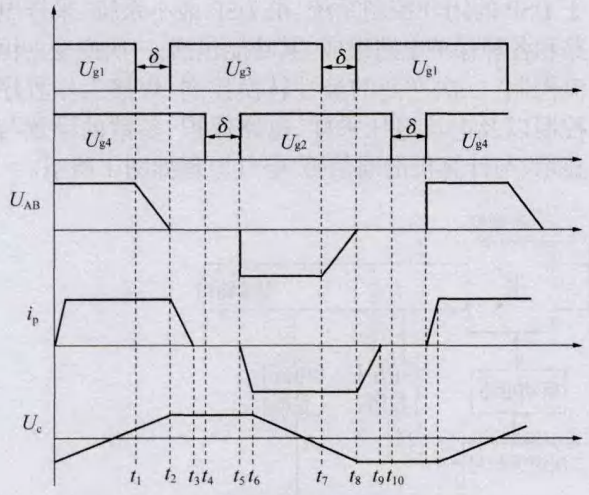


图 3 移相全桥 ZVZCS 主要工作波形

很大的电感值，维持 i_p 为零不变，此时关断IGBT$_4$ 即可实现滞后臂的零电流关断，接着开通 IGBT$_2$ 也是零电流开通。

2.3 二次逆变电路

二次逆变电路的结构、参数和控制策略对变极性焊接电源的输出性能具有决定性影响，本设计采用耦合电感型半桥逆变拓扑，如图 4 所示，VD$_1$~VD$_4$ 构成二次整流电路，L$_1$、L$_2$ 为续流耦合电感，IGBT$_1$、IGBT$_2$ 构成半桥逆变，电路采用共同导通的控制策略，即在输出电流换向之前使 IGBT$_1$、IGBT$_2$ 共同导通一小段时间。电源工作时，在稳定状态下，耦合电感的任意一个电感都可以作为普通电感使用；在换向过程中，电感通过与之耦合的另一个电感和IGBT 的缓冲电容放电，使流过电感的电流迅速减小，且由于耦合作用在电感反向端建立与换向后电流同向的较大电压，提高了电流的换向速度。

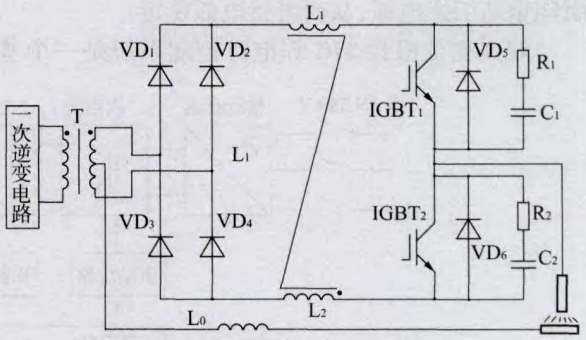
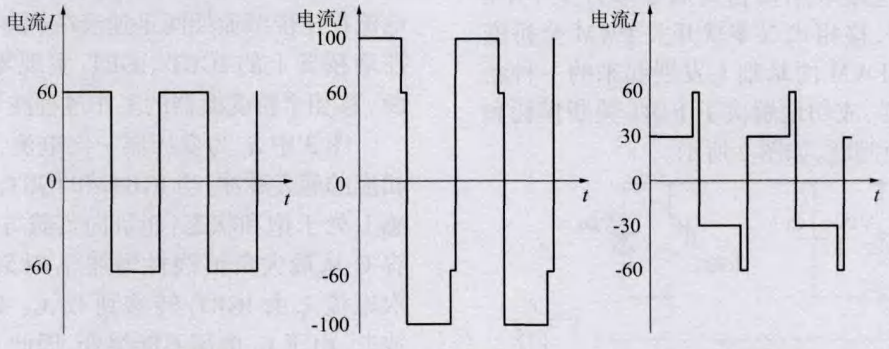


图 4 二次逆变电路原理

在变极性焊接过程中，电流换向速度快、电弧熄灭瞬间提供足够高的再燃弧电压重新引燃电弧是维持电弧稳定的关键，再燃弧电压大小是由换向前的焊接电流值和 IGBT 缓冲电阻值的乘积决定的，为了保证电源在任何焊接电流时电弧都稳定且开关管 IGBT 安全，在输出电流换向前的短时间内控制输出电流为某一特定换向电流值，当焊接电流超过换向电流值时，在极性切换前的短时间之内将输出电流值减小为换向电流值，极性切换之后再将输出电流值设置为正常的焊接电流值；当焊接电流低于换向电流值时，在极性切换前的短时间内将输出电流值增大为换向电流值，极性切换之后又将输出电流值设置为正常的焊接电流值。换向电流为 60 A 的变极性焊接不同焊接电流波形示意如图 5 所示。



a I=60 A **b I=100 A** **c I=30 A**

图 5 换向电流 60 A 的变极性焊接不同焊接电流波形示意

3 变极性输出的实现与控制

TMS320F2812 DSP 是数字化电源的控制核心，具有较高的信号处理和控制能力、事件管理能力。焊接参数由控制面板输入，采用霍尔传感器对电源的

焊接电流、电压进行检测送入 DSP,DSP 对焊接电压、电流的实时反馈信号进行 A/D 采样,并根据系统设定的焊接参数 PID 运算后修改 PWM 值寄存器的值,由 DSP 的 PWM 输出通道输出脉冲开关信号,经过功率放大后为一次逆变功率开关管提供驱动脉冲信号;二次逆变利用 DSP 的高速通用输出口,通过软件编程调制出两路换向脉冲,经功率放大后控制功率开关管的通断,使正、负半波的电流频率、幅值和导通比均可以独立调节和控制[5]。DSP 的控制流程如图 6 所示。

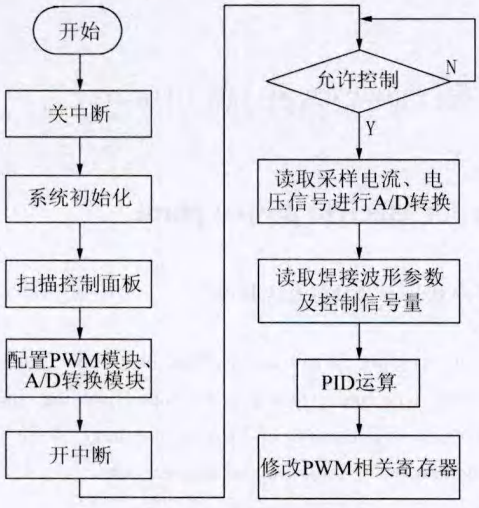


图 6　DSP 控制流程

4　试验结果

将该设计应用于 WSE-350 的逆变电源样机中,一次逆变电路采用全桥 ZVZCS-PWM 软开关技术,超前臂和滞后臂有可调的死区时间,保证超前臂的开关管实现零电压开通和关断,滞后桥臂上的开关管实现零电流开通和关断,实现一次逆变。图7为焊接电流 $I^+=I^-=60$ A、工作频率 $f=50$ Hz、占空比 $D=50\%$时的焊接电流波形。由图 7 可知,变极性焊接电弧稳定,不存在电弧熄火的现象。

5　结论

(1)采用 DSP 控制系统,焊接电流的大小通过

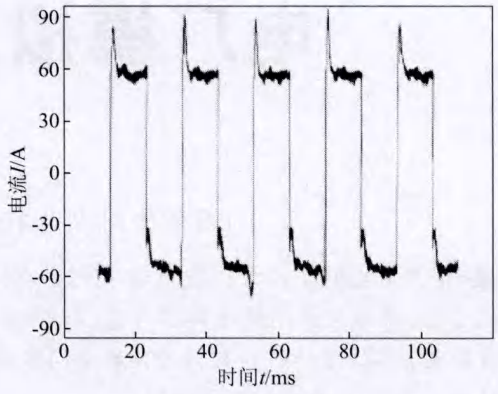


图 7　焊接电流波形

数字量给定,电源电弧稳定,换向效果理想,具有良好的变极性输出性能。

(2)一次逆变电路采用 ZCZVS-PWM 软开关工作方法,增加了阻断电容,负载范围变大,利用饱和电感,有效减小了占空比损失,提高了变换器的效率和变压器的能量传输性能。

(3)二次逆变电路采用带耦合电感的半桥结构,电源系统具有良好的变极性输出性能,且电路简单、成本低、系统效率高。在输出电流换向之前的短时间内控制输出电流为某一特定换向电流值,使电源系统具有较宽的输出电流调节范围。

参考文献:

[1] 石红信,丁高剑,代乐宜,等.变极性钨极氩弧焊电源主电路设计[J].电焊机,2010,40(9):37-39.

[2] 付炜亮,田松亚,吴冬春,等.零电压零电流 PWM 弧焊逆变电源工作过程分析及仿真[J].电焊机,2007,37(10):54-58.

[3] TMS320F2810,TMS320F2811,TMS320F2812,TMS320C210,TMS320C2811,TMS320C2812.Digital Signal Processodata manual SPRS170[Z].USA:Texas Instruments Inc,2007:3-5.

[4] 初中原,沈锦飞,沈海明.基于 DSP 的软开关移相控制 100 kHz 逆变电源[J].电力电子技术,2008,42(1):40-42.

[5] 李中友,刘秀忠.变极性方波电源的换向和控制[J].焊接学报,2002,23(2):68-71.