

# 一种新型的电子束焊机用直流高压电源装置

A New Type of HV Power Source for Electron Beam Welder

叶汉民

(桂林工学院电子与计算机系, 桂林 541004)

**摘要** 介绍了一种半桥逆变式电子束焊机高压电源的工作原理和控制电路。根据 PLC 的控制技术及电子束焊机用高压电源的特点, 提出一种以 IGBT 元件作为逆变器器件来实现高压电源的高效小型化。采用 PLC 控制技术实现电源的软启动功能, 自动调节电路采用 A/D 和 D/A 转换技术, 提高了电源的可靠性。经过试验, 电源的各项性能指标都达到了预期的设计目标, 技术性能满足焊接工艺的需要。

**Abstract** This paper introduces the working principle of high voltage source with half-bridge inverter for electronic beam welder. Based on the characteristic of power source and PLC controlling technology, IGBT is used as inverter to realize a small volume of the power source and soft-start of the power source. A/D and D/A technology is used in auto-adjusting circuits to improve the reliability of power source. There are protection circuits in the power source. The experiments show this power source meets the requirements of welding technology.

**关键词** 电子束焊机 高压电源 PWM 半桥逆变

**Key words** electronic beam welder (EBW) high voltage power source PWM half-bridge inverter

中图分类号 TN86 文献标识码 B

## 0 引言

目前西方国家已开始应用现代新技术、新材料研究和制造电子束焊机用高压电源, 比较大型的电

子束焊机及电子束技术应用生产线均为计算机控制, 实现人工智能化操作和管理, 一般小型机则采用 PLC 控制 (因 PLC 具有较强的抗干扰能力及强控制功能), 这些技术要求电子束焊机用高压电源可靠性较高并能与计算机通信。

## 1 高压电源的主电路系统和参数

由高压电源的主电路及其系统图 1、2 可知, 电源的主电路由 EMC、可控整流、IGBT 逆变、高频高压变换、高频高压整流、滤波及保护电阻等组成。具体工作原理为:

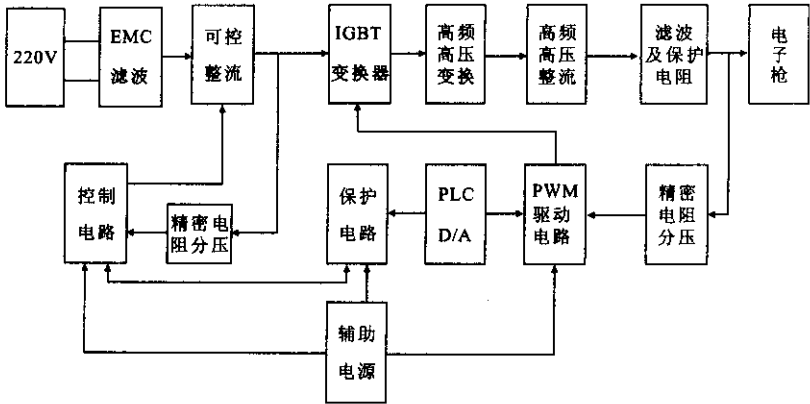


图 1 电源的系统框图

EMC 滤波电路<sup>[2]</sup>主要由  $L$  和  $C$  组成的电源线滤波器加入电路的内部, 包括常模抑制和共模抑

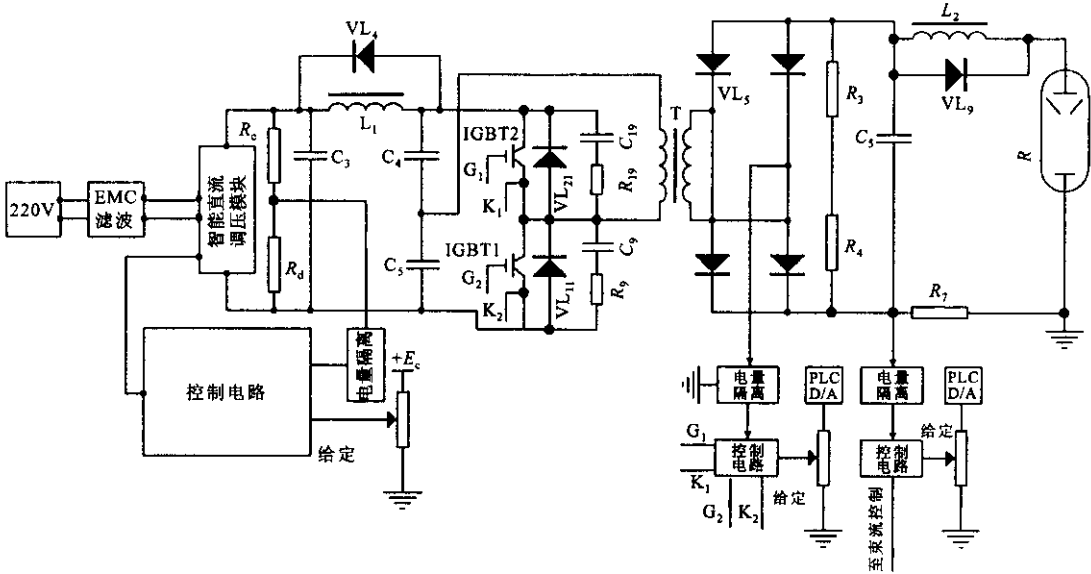


图 2 电源主电路原理图

制电路,能有效抑制常模和共模噪声。

可控整流电路由集成一体化智能调压模块<sup>[3]</sup>组成,电感  $L_1$  和电容  $C_3$  组成滤波电路以获得较为平稳的直流电压, $R_c$  和  $R_d$  组成精密的反馈取样电路,确保输出电压在控制电路作用下保持稳定。

逆变电路由半桥电容  $C$ 、IGBT、高压变压器  $T$ 、保护元件等组成。IGBT 逆变后的方波电压经  $T$  升压至约 40 kV 的高频交流电压。由于高压线圈的匝数多,高频时,寄生电容和自感会影响电源的输出特性<sup>[4]</sup>,线圈须静电屏蔽。对地电容在束流取样电阻上叠加一高频交流信号<sup>[5]</sup>,也须采取补偿措施加以消除。电源采用双屏蔽消除束流干扰信号,即在高低压线圈之间加双层屏蔽,第一层屏蔽接地,第二层接束流取样电阻上。 $VL_{11}$ 、 $R_9$ 、 $C_9$ 、 $VL_{21}$ 、 $R_{19}$ 、 $RC_{19}$  组成 IG-

BT 的尖峰吸收电路,确保 IGBT 的工作安全。

高压整流电路由高频高压快速整流硅堆、具有较小  $\tan\delta$  及高频性能的高压聚苯乙烯滤波电容器、保护电阻及取样电路组成。改善电源的输出特性。限流和保护电阻为热性能稳定、自感小、通流量大、耐受过电压、电流冲击能力强的实体电阻。取样电路中的高压信号取自精密线绕无感电阻制成的分压器,顶部装屏蔽电极以稳定取样电压。电子束流取自精密无感线绕电阻,两种取样电阻均放在电磁屏蔽盒里防止干扰。

2 控制电路

控制电路包括整流移相控制电路、PI 给定调节电路、PWM 及其驱动电路(见图 3),具体原理为:

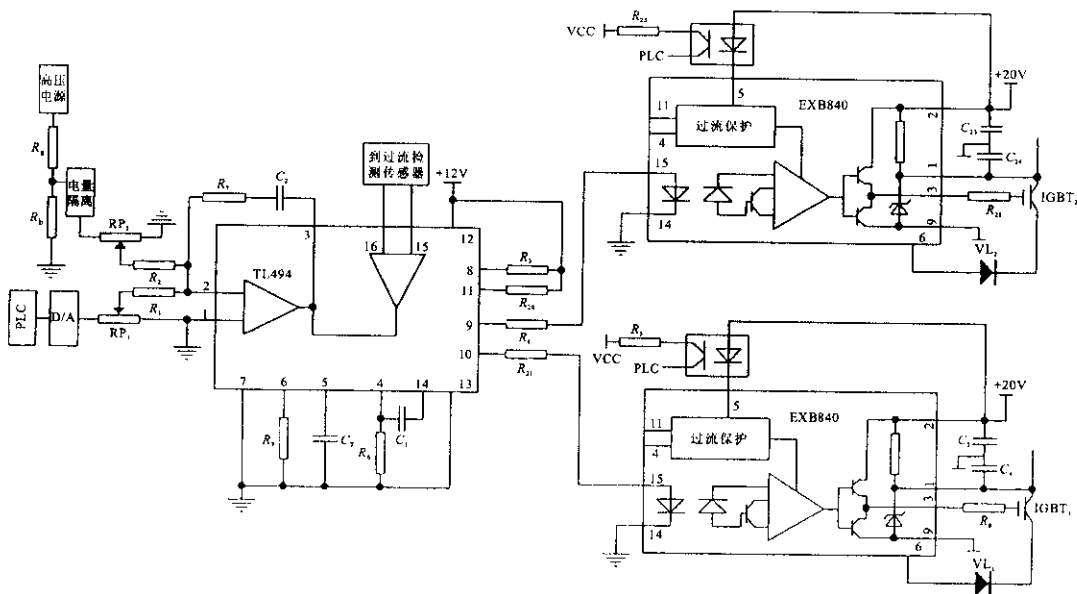


图 3 电源的 PWM 及驱动控制原理图

整流控制电路由厚模集成电路集成在调压模块内,整流后的直流电压经电阻分压器、电量隔离电路送入 PI 调节器,在给定和反馈的共同作用下经放大后输出一直流信号至智能调压模块控制可控硅的导通角,稳定和调节直流输出电压。

PI 给定调节电路由 PLC 和 D/A 模块、PI 调节器、反馈信号取样及隔离电路等组成。给定信号由 PLC 程序设置,它包含了上升及下降斜波函数。反馈信号取自高精密度电阻分压器的低压臂。PI 调节器由 TL494<sup>[6]</sup>内部放大器和外接电阻电容组成。

PWM 及其驱动电路:PWM 信号由 TL494 内部的另一放大器外接电流信号作为过流保护用。电流传感器为 LEM 公司的电流检测隔离器确保控制电路和主电路的可靠隔离,动态响应快、取样电流信号与输出电流线性度好,可有效克服高压回路的干扰信号对取样回路的影响。反馈和给定信号在 PI 调

节器调节后经 TL494 调制成两路互补的 PWM 脉冲。TL494 输出脉冲至专用驱动(1 200 V、70 A)模块富士公司的 EXB840,内部采用 2 500 V 光电隔离电路,输入电压 +20 V,其中 +15 V 为 IGBT 的正向驱动电压,-5 V 为关断时加在 IGBT 栅极与发射极之间的反向电压,使之可靠关断。14 脚外接 TL494 输出的 PWM 信号驱动 IGBT,6 脚通过二极管接到 IGBT 来检测 IGBT 的过流信号,4 脚外接控制电路把过流信号输入到 PLC,PLC 对其进行运算和处理发出过流信号。PI 调节器作用后的信号经 TL494 输出 PWM 脉冲(其占空比决定于 PI 调节器输出信号的大小),再经 EXB840 作用后驱动 IGBT 从而调节和稳定变压器输出电压。

3 保护电路

高压电源工作时,电源内部过电压或过电流可

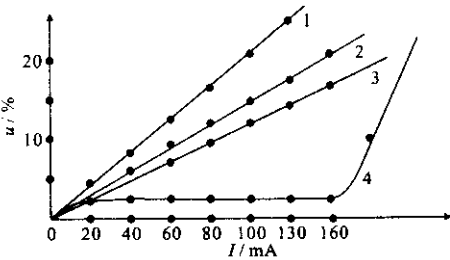
能损坏电源或 IGBT,因此电源设置过压保护、梯度上升及下降电路和过流保护电路。

过流保护有 3 种形式:一是 EXB840 电路本身的过流保护检测功能,即在 IGBT 过流时,IGBT 驱动模块的 6 脚检测到过流信号而直接封锁输出脉冲,关断 IGBT,同时 EXB840 的 4 脚经外接电路输出信号给 PLC,PLC 经程序运算后,发出过流信号指示,给可控硅移相控制电路提供封锁脉冲信号,关断可控硅主电路;二是利用 TL494 内部放大器的 15、16 脚外接电流隔离传感器,当检测到的电流信号超过设定值时,TL494 封锁输出脉冲,实现对 IGBT 的关断;三是高压侧电子束流过流保护,当出现过电流时,束流取样信号反馈到控制电路,控制电路发出过流信号给 PLC,PLC 分别发出关断主电路和过流显示信号,实现过流保护。

电源设置了有效的过压保护电路,电源内部加装限流及保护电阻以有效限制过电流和过电压;为克服开机时市电对电源的冲击,PLC 内部程序设置了软启动斜坡函数,经 D/A 模块运算后作为 PI 调节器的给定,实现电源的软启动。

4 电源试验结果

电源的输出特性见图 4,图中给出了控制时的试验结果,曲线 1~3 为开环,4 为闭环。电源在闭环控制时电压输出降落小,超出调节范围后则增大。



1. 没改进的直流高压电源;2. 模拟负载下的  $U-I$  关系;  
3、4. 实际下束时的  $U-I$  关系

图 4 电源的输出电压降落  $U\%$  与负载电流  $I$  的关系

- 1)空载试验:按设定升压速度,加压到 100 kV 1 min,电源及控制系统工作正常;
- 2)短路试验:变压器副边短路,原边控制幅值到额定电流,短路阻抗为 17%,符合高压整流要求;
- 3)焊接试验:100 mA 电子束流焊接 5 min,输出电压 60 kV,实测纹波系数 0.79%,稳定度  $10^{-4}$ ;
- 4)满功率焊接试验:167 mA 电子束流 2 min,电源及控制系统工作正常。纹波系数 0.87%;
- 5)电源效率试验:167 mA 电子束流,60 kV 输出功率 10 kW,输入功率 12.6 kW,效率 79.3%。

5 结 论

a. 电子束焊机用高压电源采用逆变式高压电源

有利于整个设备的小型化,特别适用于便携式电子束焊机,提高了设备的使用效率。

b. 电源采用 IGBT 元件和 PLC 控制技术,控制电路简单,高压自动化联锁保护,设备操作简单,焊接工艺调节方便,软启动减小电源所受冲击。

c. 高压焊机采用 150 kV 逆变高压电源,其高压连锁保护优点明显,对电子束斑品质的改善、焊接工艺的提高尤其如此。

参 考 文 献

- 1 叶汉民. 电子束焊机中的高电压技术问题[J]. 高电压技术,1999,25(2):50
- 2 Schafener 公司(瑞士). 开关电源的电磁干扰抑制[J]. 电力电子技术,1995,29(3):63
- 3 王鸿麟. 通信基础电源[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1993
- 4 张仁豫. 高电压试验技术[M]. 北京:清华大学出版社,1982
- 5 叶汉民. 一种高性能的电子束焊机用高压电源[J]. 电工技术杂志,2000,(139):48
- 6 户川治郎. 实用电源电路设计手册. 北京:中国计量出版社,1990

(收稿日期 2003-07-08)

叶汉民 1965 年生,1987 年毕业于华中理工大学电力系,副教授,从事自动化技术的教学与科研等研究和开发应用。

咸阳秦华特种电子元器件厂

替代进口 RIG8B 型大功率高压精密电阻器

功率/W	阻值	工作电压/kV	外形尺寸/mm
5~800	1kΩ~5100MΩ	10~800	φ(11~35)×(40~1 640)
100	100 MΩ	100	φ28×280
400	25MΩ	150	φ35×1 230

RI80A 高压玻璃釉电阻器

功率/W	阻 值	工作电压/kV	外形尺寸/mm
5	1kΩ~5100MΩ	10	φ11×44
10	1kΩ~5100MΩ	20	φ11×75
25	1kΩ~5100MΩ	35	φ11×137

大功率被釉绕线电阻器(可作成无感和阻值可调)

功率/W	阻 值	外形尺寸/mm
8~2000	0.1Ω~90kΩ	φ(14~55)×(99~640)

我厂研制生产精密分压器取样电阻和高压电阻分压器。可根据用户提出的特殊要求协议供货。  
电话:(0910)3768660 手机:(0)13609215591  
传真:(0910)3768660