

建筑钢筋对接焊智能焊接系统的研究*

孙宏国

(盐城工学院 电气工程系 江苏 盐城 224003)

摘 要:介绍一种全自动焊接系统。焊接的引弧、熔化、挤压和保温 4 个过程全由单片机 89C52 来完成,引弧和熔化全采用了智能判断,确保这两个过程准确完成,利用大功率器件、逆变技术和 PWM 集成控制器,构成了一种新型的弧焊逆变电源。

关键词:单片机;控制;焊接系统

中图分类号:TP368.2

文献标识码:A

文章编号:1671-532X(2003)03-0053-03

本系统是在国产电子式交流(50 Hz)自动对焊机基础上进行研制的,主要由智能控制箱、小型焊接机头和逆变弧焊电源三部分构成。本系统将原分立元件电子式控制系统改为由 89C52 单片机进行控制,在原电压检测的基础上增加了电流检测等环节,实现了引弧环节的智能判断,利用能量积累的方法解决了单纯通过时间来控制熔化量的问题,即熔化过量或不足;用 PWM 控制的高频逆变电源并经整流为直流焊接来代替 50 Hz 的工频焊接电源,使得弧焊电源的体积、重量大大的减小,直流焊代替了交流焊,避免了高频焊接对环境造成的污染。系统的全过程包含引弧、熔化、挤压和保温 4 部分,整个工作过程实现了智能型全自动。系统的总框图如图 1 所示。

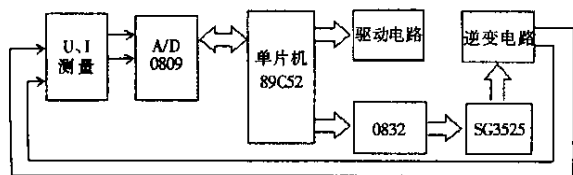


图 1 系统总框图

Fig.1 The block diagram of system

1 控制系统的结构及原理

1.1 测量电路

本系统测量对象为弧焊电源的输出电压和电流。系统的测量电路较实用且有自身的特点:

一是直流焊接电流的测量。随着逆变技术的广泛应用,弧焊电源的工作频率也不断提高,但高频交流电如直接用于焊接,会对周围的环境及人产生不良的影响,加上直流焊比交流焊的性能好,不存在断弧现象,因而直流焊得到了广泛的应用。但直流电流没有交流电流那样测试方便,尤其是大电流(本系统为 750 A)的测量,因而这里采用的是和直流电流表配合使用的分流器,该分流器能将 750 A 的直流电流转换成 75 mV 的电压,而直接将此电压送到 ADC0809 的输入端,效果及抗干扰能力都较差,因而在 75 mV 电压与 ADC0809 之间加了一个由三运放构成的高精度测量放大电路,该电路将 75 mV 变成 5 V 电压,适合 ADC0809 输入的要求,同时提高抗干扰能力,电路如图 2 所示。A1 和 A2 构成第 1 级,为具有电压负反馈之双端同相输入、双端输出的形式,其输入阻抗高,放大倍数调节方便,第 2 级 A3 为差动放大电路,它将双端输入转换为单端输出,在电阻精确配对的条件下,可获得很高的共模抑制比

$$CMRR = \left(1 + 2 \frac{R_{21}}{R_C}\right) \times CMRR_3 \quad (1)$$

式中 $CMRR_3$ 为第 2 级 A3 的共模抑制比,该测量电路的输入阻抗很大,约为 109 Ω 。

二是直流电压的测量。这里采用的是双光耦、双运放组成的光耦隔离传输电路^[1],双运放构

* 收稿日期:2003-05-21

作者简介:孙宏国(1967-),男,江苏建湖县人,盐城工学院讲师,硕士,现从事电子技术的教学和科研工作。

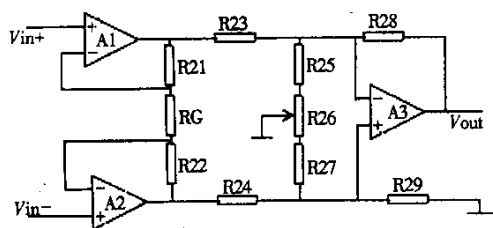


图 2 三运放测量放大器

Fig.2 The measurement amplifier
of three operational amplifiers

成两个电压跟随器,该电路利用两运放电流传输特性的对称性和反馈原理,可以很好地补偿它们原来的非线性,该电路的线性误差不超过 0.2%。

1.2 单片机电路

本系统采用内部具有 8K 程序存储器的 89C52 作为控制系统的核心,外扩 8155 及键盘显示电路。键盘是用来对不同的焊接钢筋直径($\phi 8$ mm ~ $\phi 40$ mm)进行设置,显示电路用来显示焊接钢筋直径和当前焊接电压。为了能把焊接电压、电流模拟量送入单片机,还需要加一片 ADC0809 转换。这些外扩电路与单片机的接口都较简单,不需要附加其它器件。系统采用电压、电流双闭环,结合软件处理作为引弧是否成功和熔化量是否适中的判断依据,从而解决目前产品中存在的问题。单片机根据测得的电压、电流值首先对系统的引弧进行判断,电压过大、电流过小时,控制夹具下降;电压过小、电流过大时,控制夹具上升;电压等于零或电流趋于无穷大时,说明有短路现象;只有电压没有电流时,说明有断弧现象;只有当电压和电流同时达到规定值时(电压范围为 10 ~ 30 V,电流为 100 ~ 700 A),系统才认定引弧是成功的。引弧成功后,还需要对焊接燃烧的热当量进行累计^[1],并随时和标准值进行比较,一旦相等即转入下一道工序中,挤压、保温都是定时完成的,比较简单,软件设计流程图见图 3。

1.3 驱动电路

焊机机头的上升和下降是由驱动电路来完成。驱动电路共有 3 个,其结构相似,如图 4 所示。采用低电平有效方式驱动负载,可以避免单片机复位后误动作,由于 89C52 的 P1 口带负载能力有限(仅能驱动 4 个 LSTTL 电路),故加一个反相器缓冲后推动光耦,光耦的作用是防止后向通道对单片机的干扰,R4 为限流电阻。89C52 的 P1.0 控制的继电器驱动接触器的线包,在其控制的继电器线包上并联一个发光二极管用作指示,

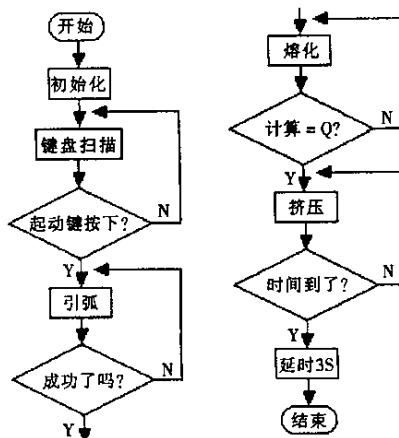


图 3 软件设计流程图

Fig.3 The flowchat of software

P1.1 和 P1.2 控制的继电器驱动伺服电机正转和反转,实现焊头夹具的上升和下降,KF 和 KZ 能够实现自锁。开关 S1 ~ S3 为手动按钮,其作用分别为焊机通电、焊头夹具的上升和下降。

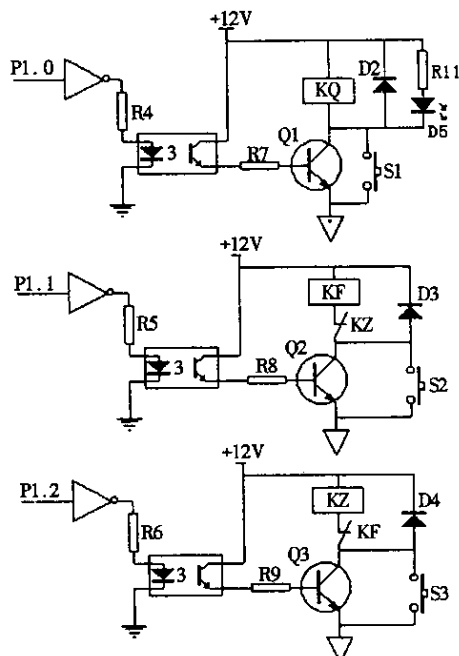


图 4 驱动电路

Fig.4 The drive circuit

2 弧焊电源的改进

2.1 工作频率的提高和器件的选用

大家知道,按正弦波分析时变压器有以下基本公式:

$$U = 4.44fNSB_m \quad (2)$$

式中 S 为铁芯截面积, B_m 为磁感应强度的最大值。

显然,变压器的重量、体积与 NS 有关,而 NS 与 f 又有直接的关系。由上式可得:

$$NS = U/4.44fB_m \quad (3)$$

当取 B_m 为一定值时,若使频率从工频提高到 40 kHz,则绕组匝数与铁芯截面积的乘积就在减小,而主变压器在弧焊逆变器中所占的重量为 1/3 至 2/3,因此,这就能使整机重量、体积显著减小,同时,铜和铁的电损耗将随着需用材料的明显减少而大为降低。

传统的焊接电源是采用工频变压器的整流式电源,其功率因数一般在 0.5 ~ 0.8 之间,这是因为其电流谐波成份和相移角都比较大,功率因数的求法为:

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{UI_1 \cos \phi}{UI} = \frac{I_1}{I} \cos \phi = \gamma \cos \phi \quad (4)$$

式中 P 为有功功率, S 为视在功率, γ 为谐波因数, $\cos \phi$ 为相位因数。

由于三相交流输入经全波不可控整流成直流后,再进行逆变,同时在逆变器的电路中均有起储能作用的电容,因此可以明显减少无功损耗, ϕ 很小, $\cos \phi \approx 1$,如采用功率因数校正技术,可使 $\gamma \approx 1$,这样 $PF \approx 1$ 。

可控硅弧焊逆变器出现最早,它具有体积小、重量轻、效率和功率因素高以及工艺性能好等优点,但其工作频率难以进一步得到提高,双极型大功率晶体管的问世,虽可在频率上得到提高,但也存在二次击穿的致命弱点而难以得到推广,新型大功率场效应管的出现,使得逆变的频率可达到 100 MHz,逆变电源的体积和重量可进一步减小,大功率场效应管是一种电压控制多数载流子器件,栅极阻抗非常高,适用于多管并联运行,驱动电路简单,控制功率极小。因而大功率场效应管在弧焊电源中得到了广泛应用。本系统中中频逆变电路采用半桥式逆变电路,具体电路可见参考文献^[2]。

2.2 控制电路

场效应管式弧焊逆变器弧焊规范(电压、电流)调节一般采用脉宽的改变来进行,断弧和短路时,都能使输出电压、电流值自动下降^[3]。近年

参考文献:

[1] 孙宏国. 单片机在建筑钢筋全自动对接焊控制系统中的应用[J]. 电工技术杂志, 2002(7):10-11.

[2] 孙宏国. 利用 PWM 集成控制器控制的弧焊逆变器[J]. 微型机与应用, 2002(10):19-21.

[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.

来,脉宽调制技术(PWM)得到了快速发展,各种类型的 PWM 控制器应运而生,使得弧焊逆变器的规范调节更加灵活、方便。本系统利用集成控制芯片 SG3525 和相关元件构成的弧焊逆变器的驱动电路,并设置了过压、过流保护。

该弧焊电源的控制电路主要由集成控制芯片 SG3525、驱动变压器 TR2、DAC0832 及相关元件所组成。SG3525 的主要功能包括基准电压产生电路、振荡器、误差放大器、PWM 比较器、欠压锁定电路、软启动控制电路、推拉输出形式。SG3525 的 2 脚是误差放大器的同相输入端,一般接参考电压,本系统参考电压由 89C52 提供,经 DAC0832 转换为模拟量送至第 2 脚,该参考电压与所焊接的钢筋型号有关,第 1 脚为反相输入端,接电压反馈信号,从而决定误差放大器的输出,并送至 PWM 的反相输入端,与同相输入端的锯齿波电压进行比较,从而产生与输出电压相关的脉冲宽度可变的脉冲信号,脉冲信号形成的原理如图 5 所示, U_c 为误差放大器的输出电压,由图可见, U_c 越高,脉宽越窄,并经脉冲分配双稳态触发器、输出电路及驱动变压器产生双脉冲,分别送至两个场效应管的栅极,控制两个场效应管的通与断,场效应管导通时间的长短由脉冲宽度来决定。

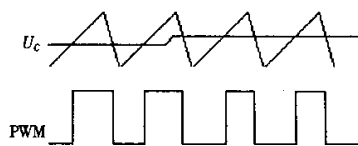


图5 脉冲形成原理图

Fig.5 The principle of impulsion generation

3 结论

本系统有效地解决了目前国内同类产品中所存在的引弧成功率和在工作可靠性不够高问题。采用单片机控制技术,使系统真正实现智能化;采用中频逆变技术和铁氧体变压器磁芯技术,节省了大量的铜材和铁磁材料,大大减小了体积和重量;焊接质量明显提高,而且还节省焊接钢材(原系统焊接时熔化量约为 20 mm,现系统可控制在 12 ~ 16 mm),提高焊接效率。

(下转第 52 页)

于断续模式时,会导致最小的电感尺寸和功率级的重量,另一方面产生更高的电流压力和传导损耗。输入滤波尺寸随着电流纹波的增加而上升,小的电流纹波适合于高功率应用,此时,电感电流产生的噪音和 MOS 管电流应力是首要考虑的问题,而此时断续模式更适合于低功率应用,其核心是小尺寸和低成本控制电路。当电感尺寸增加时,功率级的效率也增加,由于在功率级电路中,开关管损耗最大,大的电感尺寸意味着小的开关损耗,因此在某种程度上,选择大电感可以减小大的开关管损耗和改善功率级的效率。

参考文献:

- [1] 张占松,蔡宣三.开关电源的原理与设计[M].北京:电子工业出版社,1998.
- [2] Zhou C, Ridley R B, Lee F C. Design and Analysis of a hysteretic Boost Power Factor Correction circuit[J]. 1990, 11(4): 800 - 807.
- [3] Huleihel F A, Lee F C, Cho B H. Small Signal Modeling of the Single - Phase Boost High Power Factor converter with Constant Frequency control[J]. 1992, 29(3): 475 - 482.

Design and Analysis of a Hysteretic Boost PFC Circuit

ZHU Xiao - qin¹, MU Xin - hua²

(1. Department of Electric Engineering of Yancheng Institute of Technology Jiangsu Yancheng 224003, China)
(2. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Jiangsu Nanjing 210016, China)

Abstract On the basis of analyzing the RMS inductor current and the RMS switching current as well as the MOSFET switching loss, the relations between them and the efficiency of a Hysteretic Boost PFC Circuit are discussed in this paper. A computer - aided design optimization program is developed to select circuit components that will meet customer's efficiency and input - output requirements.

Keywords Hysteretic control; Power Factor Correction; Boost topology

(上接第 39 页)

Hadamard Multiplication of Matrix

XUE Chang-feng

(Department of Basic Science of Yancheng Institute of Technology Jiangsu Yancheng 224003, China)

Abstract Some properties of Hadamard multiplication are studied. By using the rank one decomposition method and Kronecker multiplication method the proof of $r(A * B) \leq r(A)r(B)$ is presented.

Keywords Hadamard multiplication; rank one decomposition; Kronecker multiplication

(上接第 55 页)

The Research of Intelligent Welding System of the Building Steel Mutual Welding

SUN Hong-guo

(Department of Electrical Engineering of Yancheng Institute of Technology Jiangsu Yancheng 224003, China)

Abstract This paper introduces a automatic mutual welding system. The four processes of mutual welding, including arc, melting - down, push down and heat, which are controlled by 89C52 single chip micro - computer. Intelligent judgment is used in the course of arc and melting - down, so as to on sure the two processes are accomplished accurately. There is a new - style arc - welding inverter, using powerful component and invert technique and PWM integrated controller.

Keywords single chip micro - computer; control; mutual welding system