

基于 LabVIEW 的 TIG 焊机电源的控制

李 玲, 宋 进, 李培龙

(上海大学 机械自动化系, 上海 200072)

摘要: 针对焊接核燃料棒的重要性和核燃料棒的特殊性, 从理论上对焊接电源进行分析, 对反馈控制系统建立数学模型, 保证焊接数据发送的准确性。并以 LabVIEW 为开发平台, 建立了控制程序, 得到准确的跟踪曲线。

关键词: 焊接电源; LabVIEW; TIG 焊

中图分类号: TM 301

文献标识码: A

文章编号: 1002-087 X(2011)08-0991-02

Control of TIG welding machine based on LabVIEW

LI Ling, SONG Jin, LI Pei-long

(Department of Mechanical Automation, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: Based on the importance and particularity of nuclear fuel rod, the welding power was analyzed with the theoretical approach and a feedback system model was established. The accuracy of the welding data sent was guaranteed. The control procedures were established using LabVIEW and the accurate tracking curve was obtained.

Key words: welding power; LabVIEW; TIG welding machine

随着核电事业的发展, 核燃料棒的焊接占据越来越重要的地位。TIG 焊能很好地控制线能量, 非常适合焊接薄板金属, 也适用焊接钛和锆这类活性金属。其主要特点是易于控制对母材的热输入和焊缝成型, 并改善结晶组织, 从而得到高质量的焊缝。考虑到核燃料棒壳的管子是锆材料, 其直径小、壁薄, 所焊接的焊缝进入核反应堆之前, 要求对焊缝要经过 X 光透视检查、液压、气密及氦质谱检漏等试验考核。燃料棒的端塞和管子的焊接质量直接关系到核燃料棒的使用安全和寿命^[1]。

在此研究的 TIG 焊机中, 上位机是使用中国北京研华公司的四核工控机, 计算机操作系统选用的是微软的 Windows XP, 下位机采用的是 NI 公司的 PCI-6229 数据采集卡, 电焊机使用的是梅达公司的 TRITON 260。

1 焊接电源控制

焊接电源性能的优劣, 直接关系到焊接产品的质量。如何保证焊接电源的各项参数指标已成为工业产品质量保证体系的一个重要环节, 另一方面焊接过程中焊接电弧燃烧是否稳定是判定焊接产品质量的重要手段。直接数字控制的焊接电源, 不仅给定值, 而且外特性、动特性和调节特性等均由微机直接进行数字控制, 对这种电源中的微机控制系统的要求较高^[2]。

TRITON 260 是逆变焊接电源, 通过调节脉冲峰值电流 I_p , 峰值时间 t_p , 基值电流 I_b , 基值时间 t_b , 可以精确控制电弧的能量及熔池的尺寸, 控制焊接热量的输入, 从而控制焊缝的热影响区的质量及焊接变形。缩短焊缝金属高温停留时间, 可使

焊缝金属组织细密, 而且脉冲电流对熔池的搅拌作用, 可减少裂缝产生。调节脉冲波形可以调节焊缝成型和冷却结晶过程, 对于理想矩形波平均电流 I_a 为:

$$I_a = (I_p t_p + I_b t_b) / (t_p + t_b) = f(I_p t_p + I_b t_b) = \gamma I_p + (1 - \gamma) I_b$$

式中: 脉冲频率 $f=1/T$; $T=1/(t_p+t_b)$; 占空比 $\gamma=t_p/T$ 。

如图 1 所示, 是我们需要发送的焊接电流的参数, 那么如何使电源按照所要求的数值进行焊接, 就需要电流反馈系统。晶体管弧焊电源是一个多级放大的负反馈闭环控制系统, 在闭环控制系统中, 当被控量偏离给定要求值时 (通常是给定值发生变化或因扰动作用引起), 测量元件测得被控量的值或经物理量变换后由比较元件将其与给定值比较得出偏差。根据偏差大小, 经放大、调节、执行等元件后产生控制作用。控制作用使被控量回复到或趋近于要求值, 从而使偏差消除或减少。焊接控制系统的结构最终简化为如图 2 所示。R(s) 是输入量, C(s) 是输出量, F(s) 是阶跃形式的扰动量。并且设:

$$G_1(s)=K_1; G_2(s)=K_2/(T_2s+1); G_3(s)=K_3/(T_3s+1)$$

因为 F(s) 是阶跃扰动量, 因此有: $F(s)=F_0/s$; F_0 为阶跃扰动量的幅值。

由图可知, 干扰误差 F(s) 的传递函数, 也就是 C(s) 对 F(s) 为:

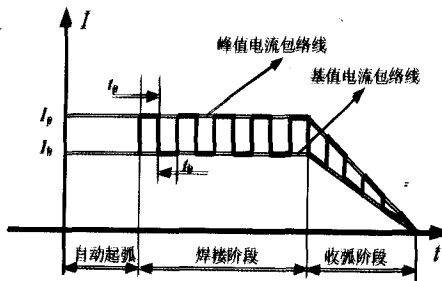


图 1 直流脉冲钨极氩弧焊电流波形

收稿日期: 2011-03-15

作者简介: 李玲 (1984—), 女, 山东省人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为 TIG 焊机的研制。

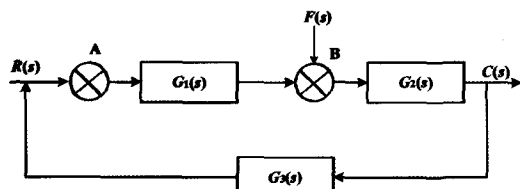


图2 反馈系统控制结构

$$C(s)/F(s) = G_2(s) / [1 + G_1(s) \times G_2(s) \times G_3(s)]$$

因为对应于扰动量的响应是扰动误差,故扰动误差输出为:

$$C(s) = [G_2(s) \times F(s)] / [1 + G_1(s) \times G_2(s) \times G_3(s)]$$

根据拉氏变换中值定理,扰动稳定误差的终值 $C(t)$ 可由下式计算:

$$C(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} C(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \frac{G_2(s)}{1 + G_1(s) \times G_2(s) \times G_3(s)} \cdot F(s) = \frac{K_2 F_0}{1 + K_1 K_2}$$

如果使 $G_1(s) = K_1/s$ 亦即 $G_1(s)$ 为一积分环节的传递函数,则有:

$$C(\infty) = C(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} s \cdot \frac{s K_2 (T_3 s + 1)}{T_2 T_3 s^3 + (T_2 + T_3) s^2 + s + K_1 K_2} \cdot \frac{F_0}{s} = 0$$

为了使系统消除阶跃扰动的误差,需在检测信号的输入点即 A 点和干扰输入点即 B 点之间加入积分环节来实现,其目的就是为了提高系统的控制精度。

在对关键性的主回路功率元件的选择、确定的同时,对整个闭环系统的分析及设计同样非常重要,因为它可直接影响功率元件的稳定运行及焊机的输出特性。下面分析该系统的动态特性,图3为电源控制原理框图。

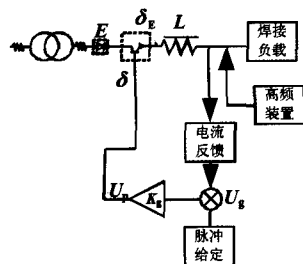


图3 电源控制原理图

为了使系统静态外特性为恒流特性,则需将整个闭环系统设计为 I 型系统,即在前向通道中引入一个积分环节就可以达到目的。系统的传递函数框图如图4所示。其中: $U_g(s)$ 为系统输入; $\Delta E(s)$ 为误差; $I_0(s)$ 为系统电流输出; K_g 为前置放大器放大系数; K_p 为转换系数; K_f 为反馈放大系数; τ_i 、 τ_p 、 τ_f 、 τ_h 为时间常数。

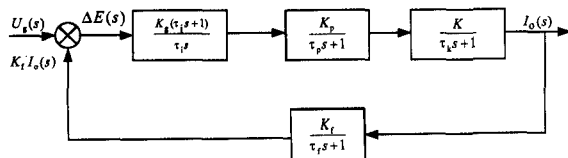


图4 系统传递函数框图

由图4所示,可得其转换系数 K_p' 为:

$$K_p' = \lim_{s \rightarrow 0} G(s)H(s) = \frac{K_g \cdot K_p \cdot K_f \cdot K(1 + \tau_i s)}{\tau_i s(1 + \tau_p s)(1 + \tau_f s)(1 + \tau_h s)} = \infty$$

则系统在阶跃输入下的稳态误差: $e_{ss} = 1/(1 + K_p') = 0$ 。

系统的稳态误差趋近于零,提高了电弧的自调节能力,保证了焊接电源在冷热态情况下输出电流变化率也趋近于零,

也保证了在电网电压波动 $\pm 10\%$ 范围内焊接电流的变化率趋近于零^[3]。

由传递函数框图可知,此闭环系统为一个多阶系统,极易振荡,通过修改电路参数,可使系统稳定,消除振荡,而且有较佳的动态组合参数 M_p (超调量), t_r (上升时间), t_s (调整时间)。通过大量试验证明系统具有很快的动态响应速度,电流 2 A 时起弧容易,晶体管工作稳定可靠,消除了系统的振荡。

2 软件编程

焊接电源我们在给定焊接数据时,要求峰值电流,基值电流和脉冲要同步,并且一致,才能保证按照给定的数据进行焊接,此种情况下就凸显出 LabVIEW 的优点,LabVIEW 是自动的多线程语言^[4]。焊接核燃料要求效率高,我们采用定时结构,由程序员指定 CPU 的分配方案。图5即为发送焊接数据与脉冲,二者同步,其中集成电路模块示意图所代表的接线柱就是指定使用哪一个 CPU 内核来处理此段程序的。

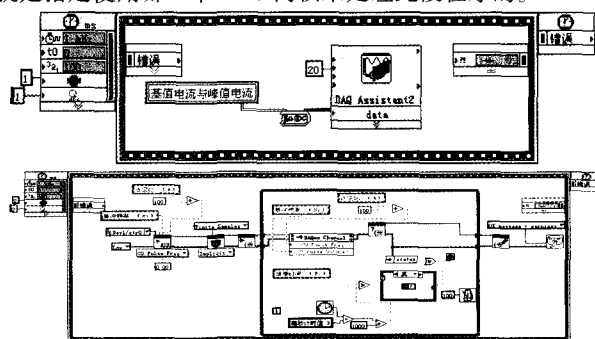


图5 焊接电源控制程序

3 结论

利用此种焊接电源及控制结构可以使焊机按照给定的焊接电流进行焊接,从图6中可以看到,图5是焊接时我们给定的电流,图6是实际焊接的电流(比例系数为10),从图6中我们可以看到,实际的焊接电流几乎与给定的电流完全一致,确保了焊接电流的准确性。此种 TIG 焊机的焊接电路具有结构简单、调试方便、工作稳定及控制精度高等优点。

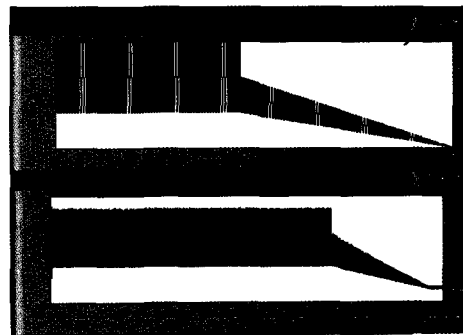


图6 电流跟踪图示

参考文献:

- [1] 中国工程机械学会焊接学会. 焊接手册[M]第二版. 北京:机械工业出版社,2001.
- [2] 胡冬,梅苑广.基于 LabVIEW 的 TIG 焊的采样控制系统[J]. 气象水文海洋仪,2006, 1:73-76.
- [3] 胡寿松. 自动控制原理[M].北京:科学出版社, 2001.
- [4] 陈锡辉. LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通[M].北京:清华大学出版社,2007.