

弧焊逆变电源本脉冲反馈控制

田松亚¹, 陈丽华²

(1. 河海大学 常州校区, 常州 213022; 2. 金狮自行车总厂, 常州 213000)

摘 要: 由于 IGBT(Insulated gate bipolar transistor) 较其它电力电子器件开关频率高、载流容量大、开通损耗小、饱和压降低等优点, 已逐渐成为逆变焊机的主流, 为了提高 IGBT 逆变电源的可靠性, 设计了本脉冲反馈技术的控制电路, 该电路实现整个电弧负载变化范围内焊接电流的无超调快速控制, 既可满足焊接静特性和动特性要求, 又可保证逆变弧焊电源的可靠性。本电路适用于单端正激式、半板式和全桥式逆变焊机等。

关键词: 绝缘栅极双极晶体管; 反馈控制; 逆变焊机

中图分类号: TG474 文献标识码: A 文章编号: 0253-360X(2002)03-83-03



田松亚

0 序 言

IGBT 逆变弧焊电源的控制要求实现的是瞬间处理而非传统的平均量反馈。因为 IGBT 允许的最大过流时间远远小于平均量反馈的响应时间^[1]。因此必须设计快速反应数字式逆变控制器即采用本脉冲反馈控制, 在逆变器每一个脉冲输出期间, 对输出电流的瞬态值进行处理, 根据给定电流即刻决定逆变器控制单元当前输出脉冲的宽度, 反馈信号处理环节只对电流瞬态波形进行整形, 调节灵敏度并改善系统的稳定性, 不存在滤波滞后的环节。

1 控制电路的设计

图 1 为数字式逆变焊机的控制电路, 该电路由主力调节和推力调节两部分组成。主力调节通过电位器 P_2 射极跟随器 CA 和 R_6 给比较器 DB 一直流电平, 反馈信号通过反馈线圈 L 、整流二极管 D_1 、充电电容 C_1 和放电电阻 R_1 经 R_8 给比较器 DB, 反馈波形如图 2a 所示。经比较后输出触发脉冲给脉宽调制器 PWM(3525)的 9 脚, 调节输出脉宽的原理如图 2b。9 脚为高电平时输出一个控制脉冲, 9 脚输出低电平时停止输出脉冲, 无反馈时 9 脚一直为高电平, PWM 则输出最大脉宽的脉冲, 对应脉冲变压器的输出波形如图 2d。本脉冲反馈技术中 C_1 、 R_1 的参数有严格的要求, 控制脉冲的同步和相位受图 2c 控制。通过电位器 P_1 的调节来改变推力电流的大小, 主力电流和推力电流经过运算放大器叠加

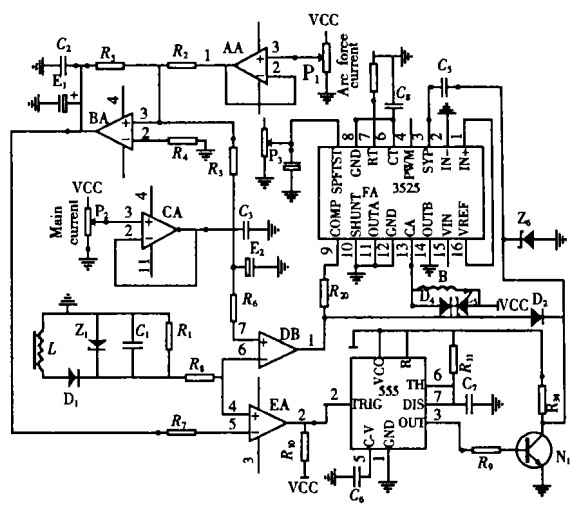
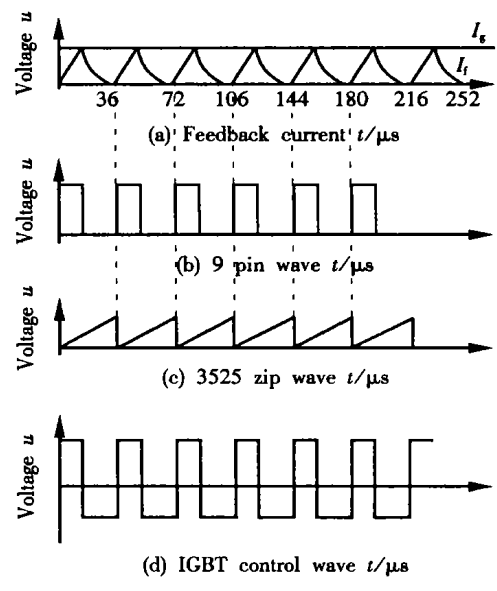


图 1 逆变焊机的控制电路

Fig. 1 Control circuit of invert welding machine



(d) IGBT control wave $t/\mu s$

(c) 3525 zip wave $t/\mu s$

(b) 9 pin wave $t/\mu s$

(a) Feedback current $t/\mu s$

图 2 正常工作的调节原理

Fig. 2 Normal control adjustment

后的值如小于反馈信号, 输出信号给 555 单稳态触发器, 反馈波形如图 3a, 555 输出的信号经三极管反相后, 通过 D₂ 嵌位使 3525 的 9 脚为低电平, 关断 3525 的 13 脚的输出脉冲, 时间为 144 μs, 如图 3b, 时间的长短由电阻 R₁₁和电容 C₇ 决定, 所对应脉冲变压器的输出波形如图 3d, 产生焊接短路推力电流, 形成外拖特性。如果经过运算放大器叠加后大于反馈信号, 则 555 不起作用, D₂ 处于截止状态。同样, 控制脉冲的宽度和相位受图 3c 控制。

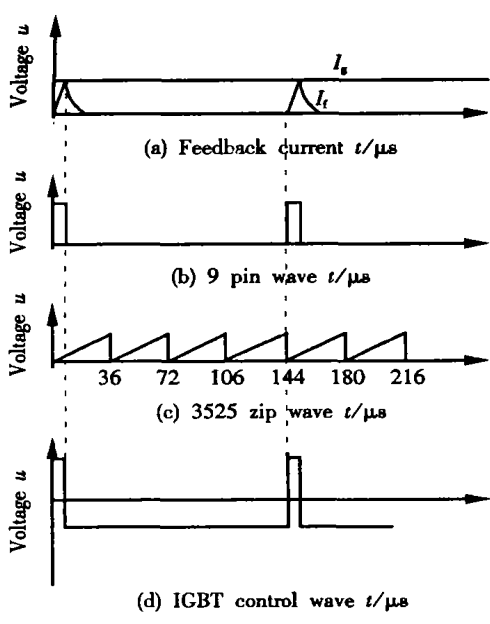


图 3 推力工作的调节原理
Fig. 3 Arc force control adjustment

2 脉冲反馈电路中的电阻及电容的计算

如果变压器的变比 $n_1=5.4$, 反馈线圈的匝数 $n_2=120$, 参比电压为 10 V, 输出电流 $I=315$ A, 工作频率 25 kHz, 最大工作时间 $t=16 \mu\text{s}$ 。IGBT 导通时, 通过反馈线圈对电容 C₁ 进行接近恒流充电, 充电电压最大幅值应等于给定最大电压幅值 10 V, 反馈电阻为 R, 反馈电容是 C, 由电容充电电流 I、充电时间 t₂ 和电容电压 U 关系得:

$$\begin{aligned} i t_2 &= CU, \\ i &= I / (n_1 \times n_2), \\ \frac{315}{5.4 \times 120} t_2 &= 10 \text{ C}, \\ t_2 &= 16 \times 10^{-6} (\text{s}), \\ C &= 0.8 \times 10^{-6} (\text{F}). \end{aligned}$$

在 IGBT 关断时间 t₁ 内, 电阻 R₁ 必须将电容 C₁ 的电荷放电完毕, 近似取 U=1 V, 反馈电容放电初始电压 U₀ 取 10 V。

$$\begin{aligned} U &= U_0 e^{-\frac{t_1}{RC}}, \\ 1 &= 10 e^{-\frac{t_1}{RC}}, \\ t_1 &= 20 \times 10^{-6}, \\ \frac{20 \times 10^{-6}}{0.8 \times 10^{-6} R} &= 2.3, \\ R &= 10.86 (\Omega). \end{aligned}$$

在实际应用中必须考虑焊条焊接是动态的过程, 经历着空载、短路、燃弧、熔滴过渡 (短路)、再燃弧的过程, 为了保证焊接过程稳定进行, 必须具备很好的动特性。如果按上述公式计算所得的 R、C, 在焊接时电流变化很大, 指示输出焊接电流为 200 A 而实际焊接电流在 150 ~ 250 A 之间振荡, 使焊接无法正常进行。因为上面仅考虑电阻箱作为负载的情况。振荡时反馈电路中 R₁ 和 C₁ 影响特别大, 因为电容 C, 充电电流 I, 充电时间 t₂ 及充电电压 U 满足以下关系

$$\begin{aligned} IT &= CU, \\ dU &= \frac{T}{C} dI. \end{aligned}$$

经微分后可以看出在相同的时间内 C 越小, 相同的 dI 所对应的 dU 越大, 这表明对动特性越好, 同时 R 越小, 电容放电速度越快, 剩余的电荷越少, 动特性也越好。电阻不变, 电容由 0.8 × 10⁻⁶ F 变为 0.1 × 10⁻⁶ F 就满足焊接的动特性要求。焊接时电流基本保持稳定。然而空载电压调到较低时, 可能出现丢失一个周期脉冲的现象。

3 IGBT 驱动电路

脉冲变压器的信号经过 R₁₃、稳压管 Z₁、Z₃ 给场效应 BG₁ 脉冲整形后送给 BG₄, BG₄ 导通形成关断 IGBT 的负脉冲。BG₁ 整形后的波形经 BG₂ 反相后送给 BG₃ 形成 IGBT 开通脉冲, 电路如图 4。由于正脉冲必须具有一定的幅值, 所以串入稳压二极管 Z₄、Z₅ 以嵌住正电压, 保证上升沿开通陡度。由于脉冲变压器 B 要形成一定幅值的负脉冲, 因此必须在脉冲变压器原边串入稳压管 Z₅, 结果导致反向放电时低于稳压管的电压不能放尽 (见图 1)。因而在要求最窄脉冲时, 因反向电压不能及时放尽, 使场效应管 BG₁ 不能及时关断, 最窄脉冲不能达到 4 ~ 5 μs。

目前以脉冲反射法为基础的自动检测系统已经定型并获得了广泛的工业应用。利用衍射波技术测量缺陷高度也很成功,但如何开发更灵敏的缺陷检测与测量技术如 3DSAFT 技术等是今后努力的方向。另外,提高各种检测技术的兼容性也是目前发展的趋势之一,例如,已出现具有脉冲反射法、衍射波法、穿透波法与相控阵探头检测技术的检测系统(或设备)。

除了先进的自动超声波检测技术以外,人们正在积极地开发兼有超声、涡流和电磁场测量等多功能的设备,研究新型的非接触超声波换能方法,研制轻便的材料性能、组织与化学成分的在线检测技术与设备^[3]。

4 结 束 语

随着自动检测技术和设备的进一步完善及成本的降低,焊接构件的超声波检测将逐步摆脱单一的手工操作的检验方式,进入到自动检测与计算机辅助识别缺陷的时代,本文列举了一些有代表性的超

声波自动检测技术和设备,该技术将伴随着材料与工业技术的发展而发展,并随着人们对产品质量与安全性的不断重视而得到进一步提高。在这种趋势下,超声波自动检测技术在焊接构件的制造、安装、再役检查等多个领域中必将得到更多的关注与发展。

参考文献:

[1] 李生田,刘志远. 焊接结构现代无损检测技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000. 71 ~ 83.
[2] Mundell P, Grimes K. A new breed of intelligent pig for the detection of defects in the long seam weld of steel pipelines [J]. Insight, 1999, 41 (2): 75 ~ 79.
[3] 刘振清, 刘 饶. 超声无损检测的若干新进展[J]. 无损检测, 2000, 22(9): 403 ~ 405

作者简介: 周旭南, 男, 1963 年 5 月出生, 在读研究生, 从事锅炉压力容器检验工作及检验管理工作, 主持并参与过多项大型工程(如电厂)的检查工作, 有着丰富的检验实践经验和管理经验。发表论文 2 篇。

Email: guojian@mail.szbqts.cov.cn

[上接第 84 页]

为了减少 3525 的发热必须增大脉冲变压器的感抗 X_L , 流过脉冲变压器的电流 I 为

$$I = U / X_L,$$
$$X_L = \omega L,$$

式中: ω 为角频率; L 为脉冲变压器的电感。

少时, 最窄脉冲变窄, 如 R_{13} 由 1.2 k Ω 变为 200 Ω 就可以满足最窄脉冲的要求。

另外, 应注意脉冲变压器的原边的极性, 否则出不同步的超周期脉宽, 造成变压器饱和的现象。

4 结 论

通过反馈电路的阻容计算, 实现弧焊逆变电源本脉冲反馈控制。用 CT60M301 的 IGBT, 采用单端正激逆变电路已成功制造出 315A 的手工电焊机。

参考文献:

[1] 都 东, 韩赞东, 张 杰, 等. 弧焊逆变器输出电流本脉冲反馈控制[J]. 焊接学报, 1997, 18(3): 166 ~ 169.

作者简介: 田松亚, 男, 1963 年 12 月出生, 硕士学位, 副教授。主要从事逆变焊机, 可控硅等离子切割机, 自动跟踪以及焊条的研究和教学, 参加并完成多项部级项目以及为企业服务的应用课题。发表论文 10 多篇。

Email: tiansongya@263.net

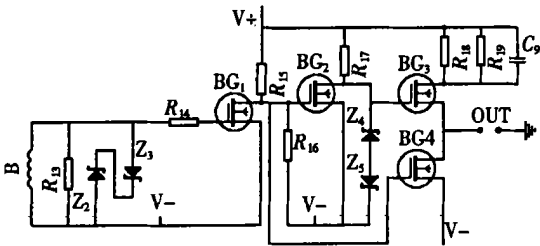


图 4 IGBT 驱动电路
Fig. 4 IGBT drive circuit

增大脉冲变压器的匝数使 L 大约为 100 mH, 可以明显减低发热程度, 同时相当于在驱动电路中 BG_1 的栅极和源极之间接入较大的电感, 从而出现最窄脉冲不能达到要求。但当电阻 R_{13} 从 5 k Ω 减