

基于 TL494 的 PWM 等速送丝电路的设计

田松亚, 顾公兵, 龙火军

(河海大学机电工程学院, 江苏 常州 213022)

摘要 通过对电压负反馈配合电流正反馈的送丝调速系统与转速负反馈调速系统的比较, 得出了这两种调速系统的等效条件. 设计了一种基于 TL494 芯片的电压负反馈配合电流正反馈的 CO₂ 焊机送丝调速电路. 该电路通过 PWM 脉宽调制, 实现转速的均匀调节, 并具有过电流截止保护功能. 通过实验, 验证了该调速电路的可靠性. 实验中, 当电源电压由 342 V 变到 418 V, 负载从 25 N 变到 50 N 时, 送丝速度的变化率小于 5%, 符合 JB/T9533-1999 专业标准要求.

关键词 脉宽调制; 等速送丝; 调速系统; 二氧化碳焊机

中图分类号 : TM131 **文献标识码** : A **文章编号** : 1000-198X(2004)03-0324-04

细丝 CO₂ 焊通常都采用等速送丝方式配合平特性电源, 使得电弧有较强的自身调节功能, 燃弧稳定. 设计合理, 性能优良的送丝装置是实现高焊接质量的前提. 送丝电机一般采用惯性小、机械特性硬的印刷电机. 为了确保电机能够稳定送丝, 工程上多采用 3 种调节方式: 转速负反馈自动调节, 电枢电压负反馈自动调节和电枢电压负反馈配合电枢电流正反馈调节. 采用速度反馈方式, 虽然控制精度高, 但必须采用测速发电机, 成本较高; 电枢电压负反馈只能实现电枢电压的稳定, 不能补偿负载力矩变化造成的转速变化, 因而控制精度较低; 电压负反馈配合电流正反馈不仅能够实现转速的稳定, 而且电路设计简单, 成本低. 本文所设计的等速送丝电路就是采用电压负反馈与电流正反馈相结合的调节方式, 运用 PWM 脉宽调制技术实现均匀调速. 在网压 ±10% 和负载在 50% ~ 100% 变化时, 送丝速度的变化率小于 ±5%.

1 电机转速调节系统的比较

为了使输出的转速稳定, 最直接的控制方式就是采用转速负反馈自动调节系统^[1], 其结构如图 1 所示.

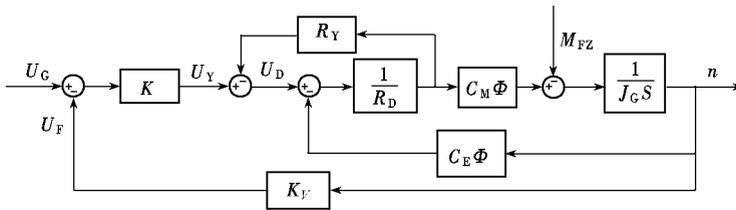


图 1 转速负反馈系统

Fig. 1 Rotational speed negative feedback system

从图 1 可以得出输出转速对负载转矩的传递函数:

$$\frac{n}{M_{FZ}} = - \frac{R_D + R_Y}{J_C S (R_D + R_Y) + (K K_V + C_E \Phi) C_M \Phi} \quad (1)$$

式中: n ——电机转速; M_{FZ} ——负载转矩; R_D ——电枢电阻; R_Y ——电源内阻及导线电阻; J_C ——电枢转动惯量; K ——误差放大倍数; K_V ——速度反馈放大倍数; C_E, C_M ——电动机的结构参数; Φ ——电动机磁通; S ——拉氏变量.

电压负反馈配合电流正反馈的调节系统不仅能使电枢电压稳定, 而且可以使转速恒定, 其结构如图 2 所示.

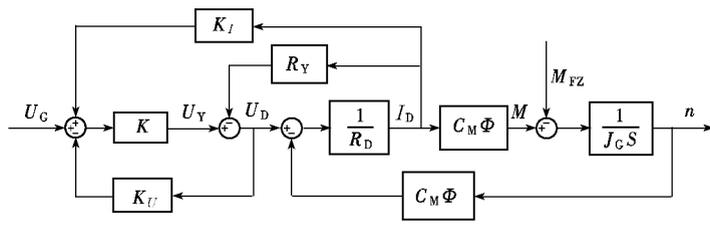


图 2 电压负反馈和电流正反馈调速系统

Fig.2 Voltage negative feedback and current positive feedback speed regulation system

由图 2 可以得出输出转速对负载转矩的传递函数

$$\frac{n}{M_{FZ}} = - \frac{R_D + R_Y + (KK_U R_D - KK_I)}{J_C S [(R_D + R_Y) + (KK_U R_D - KK_I)] + (C_E \Phi KK_U + C_E \Phi) C_M \Phi} \quad (2)$$

式中： K_I ——电流反馈系数； K_U ——电枢电压反馈系数。

比较式(1)与(2)可知,当 $(KK_U R_D - KK_I) = 0$, $C_E \Phi KK_U = KK_V$ 时,即

$$K_U R_D = K_I \quad K_V = C_E \Phi K_U \quad (3)$$

两个系统等效.这就是两个系统的等效条件.可以得到电压负反馈配合电流正反馈调节系统的总反馈信号为

$$K_I I_D - K_U U_D = -K_V n$$

即反馈量正比于电动机的转速,从而实现了转速负反馈.

需要说明的是,虽然电流正反馈配合电压负反馈可以等效速度负反馈,但不能完全取代.例如它对温度等的变化所引起的速度细微变化不具有补偿作用.但是,对于送丝机来说,这个等效精度足够了.

2 电路原理

图 3 是设计的电路原理图.

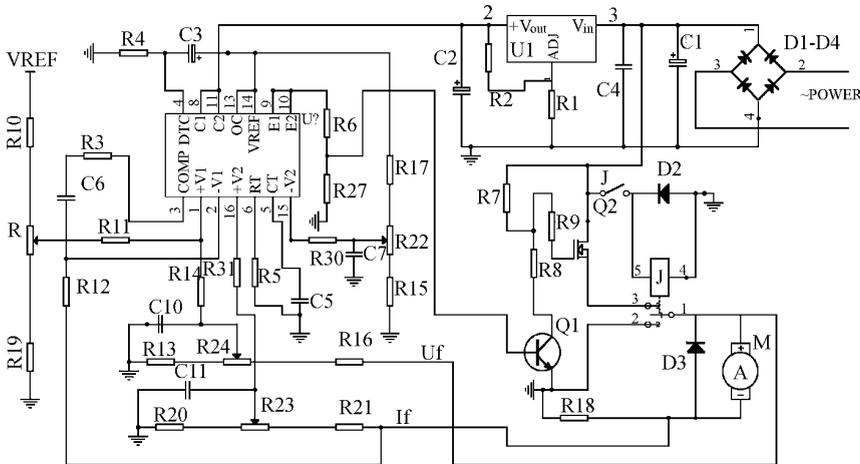


图 3 送丝调速电路原理

Fig.3 Schematic diagram of wire feeding circuit

以整流桥 D1 与可调稳压芯片 LM317 为核心,直流稳压电路可以提供 24V 和 15V 直流电压.24V 电压为印刷电机供电,再经 LM317 产生 15V 恒定电压,为 TL494 提供电源.TL494 是 PWM 控制电路的核心.管脚 1、2 是 TL494 运算放大器的误差输入端,系统的电压给定和电压负反馈由管脚 1 引入,电流正反馈和运放的 RC 反馈网络由管脚 2 引入,构成输入比较环节.电压反馈取样电路经 $0.1 \mu F$ 的电容 C10 滤波后,消除了反馈信号中的脉动成分.管脚 9 和 10 驱动三极管 Q1.为了增强输出,保持振荡器频率,用 8、11 脚并联接入 15V 电源,9、10 脚并联输出,为输出驱动电路提供输入信号.管脚 15、16 为 TL494 运算放大器的误差输入端.16 脚用于电流取样信号输入,15 脚引入给定电流门限电压.两路输入进行比较,当发生过电流时,比较器输出高电平,TL494 的 COMP 的电压达到正向饱和电压 4.8V 左右,输出脉宽为 0,关闭输出.电流取样电路中的电容 C11 的作用与 C10 相同,用于消除反馈信号的脉动成分.

三极管 Q1(S8050)与场效应管 Q2(IFR9530)是驱动输出电路的核心元件.其中,IFR9530是功率开关器件,在 S8050 驱动下,对 24 V 电源进行斩波,为印刷电机提供电压. J 是直流继电器,当开关 S 闭合时,电枢与 J 的常开触点 3 闭合,电机工作.当 S 断开时,电枢经 J 的常闭触点 2 接地,与大功率电流反馈电阻 R₁₈ 构成闭合回路,进行能耗制动.其中的偏置电阻 R₇, R₈, R₉ 的电阻值对功率放大电路输出波形影响较大,不宜选得过大, R₇ 取 1~2 k Ω , R₈, R₉ 取 100~200 Ω 为宜.

3 试 验

根据机械行业标准 JB/T9533-1999,对该送丝装置的要求:(a)直径 0.8~1.2 mm 的焊丝所需要的额定牵引力为 50 N.(b)供电电压在额定值 $\pm 10\%$ 波动时,速度变化率在 $\pm 5\%$ 以内.(c)当送丝牵引力由额定值的 50% 变化到 100% 时,速度变化率在 $\pm 5\%$ 以内.

送丝速度范围偏差值

$$\Delta = [(V - V') / V'] \times 100\% \quad (4)$$

式中: V——速度实际测量值; V'——速度给定值.

送丝速度范围偏差值的测量在最小送丝速度、最大送丝速度两点进行.电网电压波动时,送丝速度变化率

$$\Delta V_u = [(V_u - V_{eu}) / V_{eu}] \times 100\% \quad (5)$$

式中: ΔV_u ——速度变化率; V_{eu} ——额定电压时送丝速度; V_u ——90% 或 110% 额定电压时送丝速度.

试验装置由 120 SN01-C 直流印刷电机(24 V, 5 A, 65 W), SK-404 电子计数器、计时器(秒表)、砝码等组成.电机在 3 m 高处垂直拖动砝码运行,用计数器记录电机旋转圈数,计时器记录时间,经过多次测量,按式(4)(5)计算,得到数据见表 1、2.

表 1 电压波动 $\pm 10\%$ 实验数据

Table 1 Experimental data for voltage variation in a range of $\pm 10\%$

U/V	V/(m·min ⁻¹)			
	低速($\varnothing 1.2$)	$\Delta V_u/\%$	高速($\varnothing 0.8$)	$\Delta V_u/\%$
342	2.43	4.3	12.62	2.2
380	2.54		12.90	
418	2.61	2.8	13.46	4.3

表 2 负载变化 50%~100% 实验数据

Table 2 Experimental data for load variation in a range of 50%~100%

负载 /N	V/(m·min ⁻¹)			
	低速($\varnothing 1.2$)	$\Delta V_u/\%$	高速($\varnothing 0.8$)	$\Delta V_u/\%$
25	2.65	4.3	13.46	4.3
40	2.60	2.4	13.28	2.9
50	2.54		12.90	

3.1 电压波动试验

以 380 V 额定电压为参考电压,在负载为 50 N 时,可以看出,电压波动 $\pm 10\%$,在高速 12.90 m/min 时,速度误差小于 $\pm 5\%$,在低速 2.54 m/min 时,速度误差也小于 $\pm 5\%$,试验分别采用 $\varnothing 0.8$, $\varnothing 1.2$ 的焊丝.

3.2 变负载试验

以 50 N 额定负载为参考负载,电压为 380 V,可以看出当送丝速度为 12.90 m/min,电机负载在 50%~100% 的额定负载范围内变化时,误差小于 5%;当送丝速度为 2.54 m/min 时,误差小于 5%,转速十分稳定.试验分别采用 $\varnothing 0.8$, $\varnothing 1.2$ 的焊丝.

综合上述试验结果,可以看出用电压负反馈配合电流正反馈等速送丝效果令人满意,系统符合机械行业标准 JB/T9533-1999.

4 结 论

- a. 采用 TL494 设计的送丝调速电路结构简单、可靠、成本低廉.
- b. 该调速系统在抗网压波动和负载波动上,送丝速度变化率小于 5% ,符合标准 JB/T9533-1999 的要求.
- c. 电枢电压负反馈配合电枢电流正反馈可以等效速度负反馈,使送丝速度更稳定,提高焊接质量.

参考文献:

[1] 殷树言. CO₂ 焊接设备原理与调试 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000. 118—121.

TL494-based PWM constant-speed wire-feeding circuit

TIAN Song-ya , GUO Gong-bing , LONG Huo-jun

(College of Mechanical & Electrical Engineering , Hohai Univ. , Changzhou 213022 , China)

Abstract : By the comparison of the voltage negative feedback wire-feeding speed regulation system supported by current positive feedback and the rotational speed negative feedback regulation system , the equivalent condition of the two systems is obtained. Then , a wire-feeding speed regulation circuit for the CO₂ welding machine is designed based on TL494 chip. Owing to the adoption of the pulse width modulation technology , the motor of the system can run smoothly at adjustable speeds , and the system also has the self-protective function under the condition of current overloading. The reliability of the circuit is verified by experiments. In the experiments , when the power voltage varies from 342V to 418V , and the load from 25N to 50N , the variation ratio of the wire-feeding speed is smaller than 5% , which satisfies the JB/T9533-1999 professional standard.

Key words : pulse width modulation(PWM); constant-speed wire-feeding ; speed regulation system ; CO₂ welding machine