

浅谈高精度可调恒流源的设计

文/高建强 李 博

恒流源在现代检测计量领域中发挥了极其重要的作用。在浙江虎王公司开发的“线缆自动化检测设备”系统中，恒流源是重要的组成部分。只有开发出精度高、输出功率大、可调范围广的高精度恒流源，“线缆自动化检测设备”才能满足“精准、快速、智能地检测各类线缆”的技术要求。因此，本文着重探讨该系统中高精度可调恒流源的设计问题。

一、系统设计

高精度可调恒流源主要由两部分组成：一是电流源主电路，二是控制电路。其中主控电路主要由两块场效应管产生输出所需的大电流，控制电路主要由PWM控制芯片SG3525及运放构成闭环负反馈。系统结构图如图1所示。

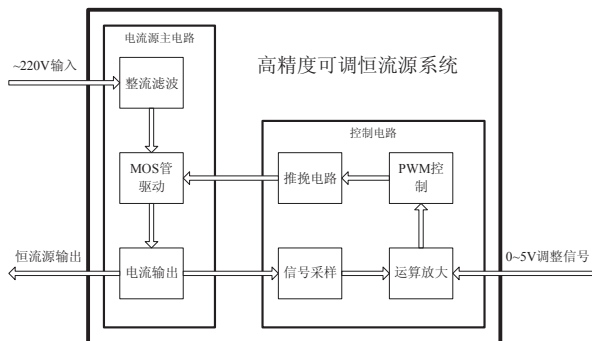


图1

恒流源主电路由整流滤波、MOS管驱动、电流输出等三部分电路模块组成。其中MOS管驱动电路如图2所示，图中开关管Q1、Q4是电压驱动全控型MOSFET，具有输入阻抗高、驱动电路简单、驱动功率小、开关速度快及安全工作区大等优点。半桥式逆变电路一个桥臂由开关管Q1、Q4组成，另一个桥臂由电容C6、C9组成。通过调节开关管的占空比，就能改变变压器二次侧整流输出平均电压 V_o ，经全波变换和电感去噪后，对外输出电流。

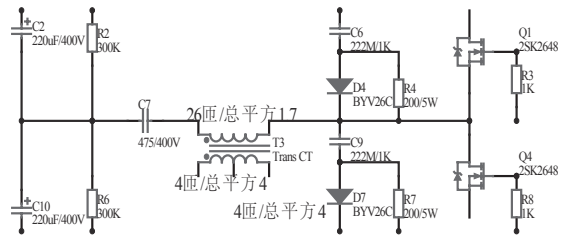


图2

场效应管选择2SK2648型芯片，它的最大漏极电流9A，最大功耗150W。由于流过场效应管的电流较大，场效应管的发热比较严重，为保证恒流源的可靠工作，可以给场效应管加装合适大小的散热片。

恒流源控制电路由信号采样、比较放大、PWM控制、推挽等电路模块组成，是稳定恒流输出、提高调节精度的关键所在，控制环节的好坏直接影响电路的整体性能。如图3所示，本设计采用以SG3525芯片为核心的恒频脉宽调制控制方式。

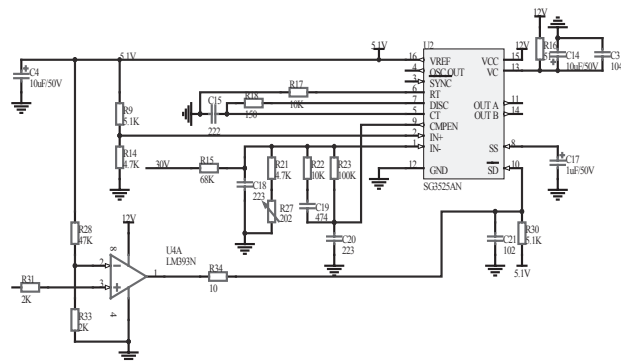


图3

SG3525芯片的脚5和脚7间串联一个电阻 R_d ，可以在较大范围内调节死区时间。SG3525的振荡频率可表示为：

$$f_s = \frac{1}{C_T(0.7R_T + 3R_d)}$$

式中 C_T 、 R_T 分别是与脚5、脚6相连的振荡器的电容和电阻， R_d 是与脚7相连的放电端电阻值。取值分别为

2200p、10k、150，即频率为61khz。11和14脚输出采用图腾柱输出，本设计采用推挽驱动隔离电路，增强了驱动能力和电源的可靠性。推挽驱动隔离电路如图4所示。

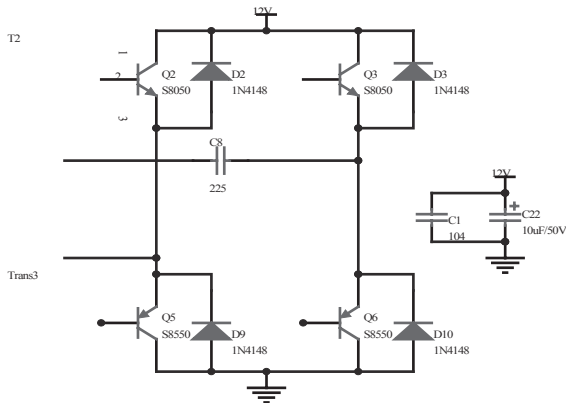


图4

二、误差分析

误差放大器的输入信号是电压反馈信号，反馈信号由采样电阻采样，并经小信号放大及电压比较、跟随电路得到。设采样电阻大小为R，二级运放放大电阻分别为R₁、R₂，外部输入调整电压为V_r，得：

$$I = \frac{R_2 V_r}{R_1 R}$$

在理想情况下R₁、R₂都是恒定不变的，可知输出电流与基准源电压成线性关系但在实际情况中电阻的温度系数和电压基准源的温度系数将影响输出电流的稳定性，对公式进行全微分后可得：

$$\frac{dI_d}{I_d} = \frac{1}{V_r} dV_r + \frac{1}{R_2} dR_2 - \frac{1}{R_1} dR_1 - \frac{1}{R} dR$$

由于R₁与R₂都是千欧级电阻值，而R是毫欧级电阻值，V_r是0~5V的电压值，由公式可知，经过倒数运算后，输出电流不稳定的影响因素主要是由R与V_r产生。本设计中，R采用18毫欧的大功率高精度低温漂的精密金属壳散热电阻，而V_r取自系统外部由下位机经过12位D/A变换后得到的高精度可调电压信号，其精度达到0.001V，满足系统的要求。

三、实测结果

高精度可调恒流源产品实物图如图5所示：

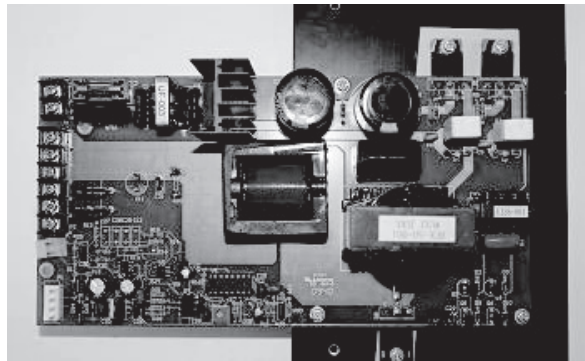


图5

图6是恒流源工作在1欧姆负载，输出电流调整为1A时，示波器的实测波形图。

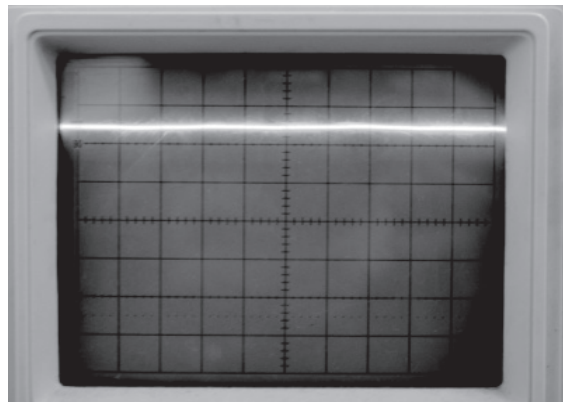


图6

根据公式

$$W_b = \frac{U_{P+} - U_{P-}}{2U_d} \times 100\%$$

由图可知，恒流源输出纹波系数为4.0%，满足技术指标的要求。

四、结论

高精度可调恒流源是“线缆自动化检测设备”系统的重要组成部分，为测试系统提供了精度高、稳定性好、电流可调范围大、调整反应时间短、负载能力强的测试所需恒流，满足系统的各项指标要求。如果进一步采取选择精度更高、温度系数更好的电阻及运放器件、保证系统的输入基准电压精度等级更高、引入精密可调变阻器对系统的局部参数进行微调等措施，那么恒流源系统的输出纹波系数将会有更好的表现，适合于对精度要求更高的场合。

(作者单位：浙江工业职业技术学院电气工程学院)