

智能大功率软启动恒流源的设计

王锐¹, 付庆波¹, 王彪², 王金明¹, 林冠男¹

- (1. 吉林大学 电子科学与工程学院 集成光电子国家级重点实验室, 吉林 长春 130012;
2. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘要: 为了获得稳定的大电流, 设计了基于单片机控制的智能软启动大功率恒流源, 电流范围 0~8 A, 最大峰值可达 10 A。采用大功率运放 OPA549 构成大电流恒流源, 利用 PID 控制算法实现了大功率电源的软启动和控制。该方法设计的电源在软启动过程中超调量很小, 具有很好的稳定性; 在恒流源工作时, 稳定性也很好。

关键词: 软启动; PID; 大功率; 恒流源

中图分类号: TP23

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)18-0014-03

Design of intelligent high power soft-start constant current source

Wang Rui¹, Fu Qingbo¹, Wang Biao², Wang Jinming¹, Lin Guannan¹

- (1. State Key Laboratory on Integrated Optoelectronics, College of Electronic Science and Engineering, Jilin University, Changchun 130012, China;
2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: To obtain stable high current, designed a soft-start power constant current source based microcontroller, current range 0~8 A, and the maximum peak of up to 10 A. We designed high-power current source by OPA549. PID algorithm was used to implemented soft-start in the high power constant current source. The overshoot in the process of soft-start is very small, and stability is better.

Key words: soft-start; PID; high power; constant current source

电源启动过程中瞬时电流冲击很大, 对电源和器件的使用寿命有很严重的影响, 采用良好的控制方法对启动电流进行控制以减小其危害, 使启动过程中无瞬间冲击且能连续变化, 是电源启动控制中关键的一步^[1]。电源软启动方式就是控制输出电压和电流, 使负载的电压和电流渐增。对于线性时不变模型的被控对象适当整定 PID 参数可获得较满意的控制效果, 可以很好地解决电流过大的问题^[2]。PID 控制能很好地解决启动过程中震荡和超调的问题, 可以更好地保护电源, 且启动可靠、稳定性强。采用单片机作为控制器, 编程灵活、性价比较高, 易实现人机界面管理^[3]。利用软件调整系统的非线性, 以降低实测值与设定值之间的偏差。电源电压或电流的波动、电路元件的老化、环境温度等因素都将影响电源的稳定性。为了稳定地控制电源功率, 该方案采用基于单片机的高速 AD、DA 数据采集系统, 并采用 PID

算法实现大功率电源的软启动, 系统采用 PID 电压采样反馈控制输出电流的恒定不变, 精度较高、响应速度较快、灵活性较好、稳定性较高^[4]。

1 大功率精密恒流源的实现

1.1 电源系统设计

以单片机为核心, 完成以下功能: 处理键盘输入数值, 包括电路预定值和“+”、“-”步进; 控制数 LCD 显示预定值和实际值; 控制 ADC 和 DAC; 根据得到的反馈信号通过程序控制算法进行偏差值补偿。由于运放 OPA549 一路受 D/A 转换器控制, 调整运放 OPA549 输入端电压, 一路为比例放大电路。当 DAC 输出预定值或步进值后, 电流源的输出在 0~8 A 范围内变化。输出电压经与负载串联的小电阻采样后, 送入 ADC, 采样值与预定值在单片机内部进行计算、比较输出控制信号, 对偏差值进行补偿。利用软件调整系统的非线性, 以降

低实测值与设定值之间的偏差。

1.2 电源电路设计

(1) 数控部分核心采用单 C8051F, 控制数控直流源的键盘和显示, 与 D/A 转换器和 A/D 转换器控制输出电流。A/D 转换器的基准电压由专门 ±9V 电源供电, D/A 转换器的基准电压由 +20V 电源供电, 由单片机送出数据经 DAC 转换输出控制电压。

(2) 运放 OPA549 放大电路电流源。OPA549 是 BB 公司新推出的一种高电压大电流功率运算放大器。它能够提供极好的低电平信号、输出高电压、大电流, 可驱动各种负载。该器件的主要特点: 输出电流大, 连续输出电流可达 8A, 峰值电流可达 10A; 工作电压范围宽, 单电源为 +8V~+60V, 双电源为 ±4V~±60V; 输出电压摆动大; 有过热关闭功能, 电流极限可调; 有使能及禁止功能; 有过热关闭指示; 转换效率(压摆率)最高为 9V/μs; 工作温度范围为 -40℃~+85℃。该器件主要应用于驱动工业设备、测试设备、电源、音频功率放大器等大电流负载。在该电源系统中, 主要为负载提供大电流, 采用 PID 控制算法控制负载的发光强度^[5]。输入为单片机经 DAC 输出的控制电压, 一路为比例放大电路, 如图 1 所示增益 $G=1+R3/R2$ 。电流型 DAC 通过 R1 转换成电压, 控制 OPA549。输出电流经采样电阻转换为采样电压, 送入 A/D 转换器反馈至单片机进行偏差值补偿^[9]。

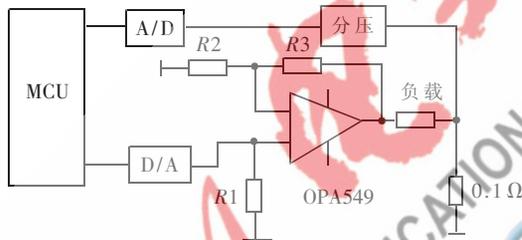


图 1 OPA549 构成可调大电流恒流源

(3) 散热及抗干扰

OPA549 大功率管工作时产生恒定的大电流, 功耗较大, 产生的热量较多, 散热成为该电源急需处理的问题。一般的轴流风扇内部电机置有脉冲驱动电路, 驱动时, 脉冲成分很容易直接顺电机电源线“外溢”, 干扰其他电器设备。视频设备上干扰表现为横通斜线, 音响设备上产生噪音。为此, 安装大面积的铜散热片, 同时用风扇对设备中的电子元器件强制散热。安装风扇时, 需要在风扇电机电源线上串绕一只高频磁环以抗干扰。串绕磁环有效滤除这些干扰成分, 一般只需绕上 1~3 匝即可。

2 PID 控制算法

系统软启动的控制功能通过比例积分微分控制器实现。通过比较给定信号与反馈信号的偏差, 并进行比例、积分、微分等运算进行控制, 是技术较成熟、应用广泛的一种控制方式。其结构简单、灵活性强、系统参数调整方便, 不要求出模型^[6]。

PID 控制原理如图 2 所示。PID 控制是一种线性调节器, 它把设定值 W 与实际输出值相减, 得到控制偏差 e 。偏差值 e 经比例、积分、微分后通过线性组合构成控制量 U , 对对象进行控制。其中比例调节器起到基础调节作用, 主要对控制系统的灵敏度和控制速度有影响。积分调节器可以自动调节控制量, 消除稳态误差, 使系统趋于稳定。微分调节器可以减小超调, 克服振荡, 同时加快系统的稳定速度, 缩短调整时间, 从而改善系统的动态性能^[6]。

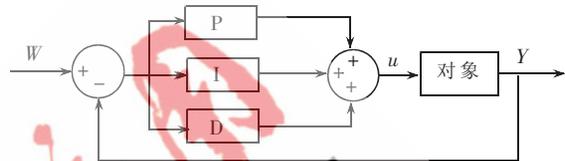


图 2 PID 控制原理图

PID 控制器的输出与输入之间的关系可表达为:

$$U(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

$$= K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

式中: T_i 为积分时间常数; T_d 为微分时间常数; K_p 为比例系数; K_i 为积分常数, $K_i = K_p/T_i$; K_d 为微分常数, $K_d = K_p/T_d$ 。

系统启动时间较短, 启动电压、电流较大, 负载所承受的冲击也较大, 致使启动阶段负载的动负荷峰值远远大于正常运行时的负荷, 容易造成负载的损坏。为解决此问题, 设计了一种新型的 PID 控制软启动电源系统, 主要由电源、大电流恒流源、输出大电流端采样和控制系统组成, 并完成了实验室内的试验。当电源启动时, 首先由单片机系统给定设定电压、电流或功率。PID 软启动是按负载线性上升的规律控制输出。在负载电压线性增加的过程中, 如果电流超出了所限定的范围, 则马上投入电压闭环, 使电流值限定在所设定的范围内后, 再线性逐渐增加电压至额定值, 系统的光强也由零逐渐增大, 完成启动过程^[7]。

PID 控制系统软启动效果图如图 3 所示。通过串行通信端口 com1 通信, 电压单位 mV、电流单位 mA, 功率单位 mW, 时间单位 s。

从图 3 的软启动效果图可以看出, 在恒定电压、电流、功率的模式下工作时, 系统开机过程超调量很小, 有效地控制了启动过程, 防止了启动过程产生过大的扰动电压, 产生过大的功率, 有效地保护了负载。

3 实验结果

由于输出电流达到 8A, 对电源的功率要求较高, 易产生噪声, 这种随机噪声也会对输出电流产生一定的影响。为减弱这种噪声, 各个模块分别供电, 以减少交叉干扰, 同时在电路板上多加装去耦滤波电容, 减小干扰

《微型机与应用》2011 年 第 30 卷 第 18 期

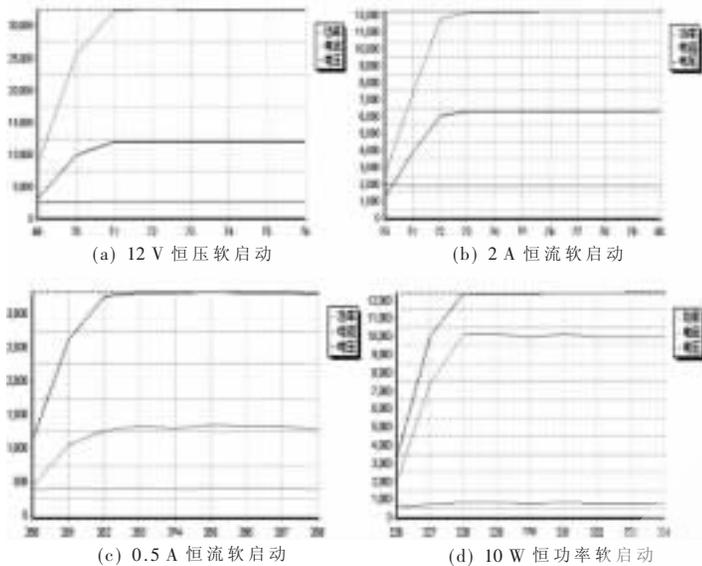


图3 软启动效果图

的影响,同时 OPA549 能有效地抑制纹波。影响电源稳定性的因素很多,如负载的变化、取样电阻的变化、A/D、D/A 的影响等^[5]。如图 4 所示,不同负载的情况下,电源误差不同。10 W 的负载,由于功率较低,在电压、电流增加时,误差变化也较小。35 W 的负载,由于功率较大,工作电流的变化范围比较大,功耗较大,电源的误差变化相应地也比较大。如图 5,在 10 W、20 W 和 35 W 的负载时,工作状态稳定,能够满足大电流、大功率的需要。

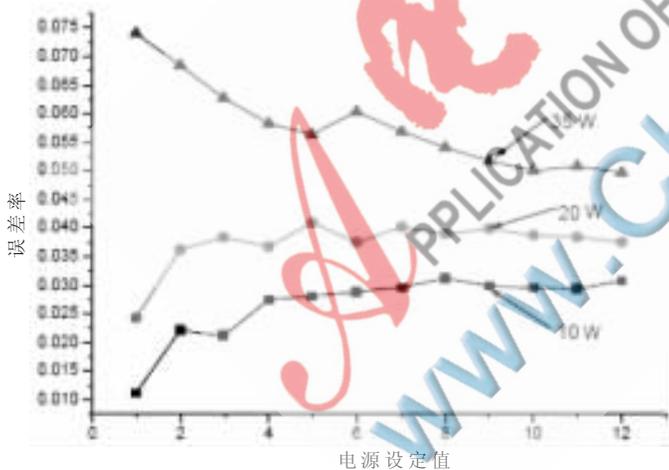


图4 电源设定值的误差率

该系统利用 PID 算法进行控制,采用大功率运放 OPA549 输出电流在 0~8 A 范围内可调,最大峰值可达到 10 A,能够有效抑制纹波电流,克服了传统电流源输出电流范围小的缺点。可设置并能实时显示输出电压、电流、功率实测值,具有“+”,“-”步进调整功能,输出可在 LCD12864 显示,同时通过 RS232 与上位机同步通信,直接显示,保存实验数据。通过对测试结果的分析,系统在软启动的过程中,超调量很小,启动效果很好,避

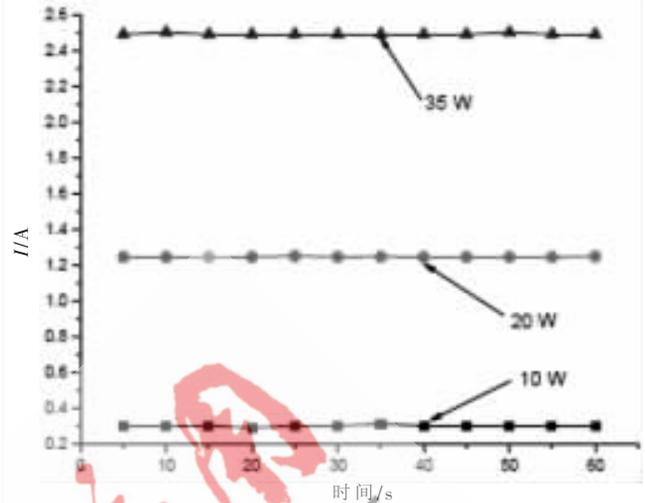


图5 负载工作的稳定性

免了对负载的冲击。由于大功率调整管的电流大范围变化时,经过软件补偿、放大电路调整等方法解决线性度较差,实测值和设定值存在偏差的问题。该电源适用于大功率的场合,本电源具有很好的实用性。

参考文献

- [1] Wang Yifeng, Xu Dianguo, Guo Desheng, et al. The new soft starting methods for electronics ballasts of UV lamps based on microcontroller[C]. Industrial Electronics and Applications, 2006 1ST IEEE Conference on.2006(5):1-6, 24-26.
- [2] Feng Zhuang, Liu Shu. Electric motor soft-start control based on fuzzy theory. Intelligent Networks and Intelligent Systems (ICINIS), 2010 3rd International Conference on, 2010:430-433.
- [3] 陈忠华,郭凤仪,石兆元.异步电动机软启动控制方法的研究与仿真[J].工矿自动化,2008(2):5-7.
- [4] 王蓉,李伟民.基于 80C196 的数控直流电流源设计[J].九江职业技术学院学报,2009(4):27-29.
- [5] 方佩敏.高电压大电流功率运算放大器[J].电子世界,2000,9(252):44-45.
- [6] 吴宏志,侯友夫,张伟,等.带式输送机可控启动系统的试验研究[J].工矿自动化,2003(4):4-6.
- [7] 李婷婷,李洪波.数控大功率精密恒流源设计[J].通信电源技术,2006,23(5):35-37.

(收稿日期:2011-04-06)

作者简介:

王锐,男,1983 年生,硕士生,主要研究方向:功能材料与传感技术以及信号处理在工程应用中的研究。

付庆波,男,1984 年生,博士生,主要研究方向:光谱分析与检测以及信号处理在近红外分析工程中的应用。