

连续 YAG 固体激光器电源的计算机闭环控制

陈思培 卞能俊 林明辉 李正佳

(华中理工大学激光研究所, 武汉, 430074)

摘要: 本文探讨一种用单片机构成的激光电源闭环控制系统。该系统以单片机 8031 作为控制核心, 兼有调节器和触发器功能, 可使激光器工作电流自动调节, 实现闭环。

关键词: 激光器电源 微机系统 闭环控制

A microcomputer closed-loop controller for CW Nd:YAG laser

Chen Sipei, Kuang Nengjun, Lin Minghui, Li Zhengjia

(Institute of laser, HUST)

Abstract: This paper introduces a microcomputer closed-loop controller used to control the exciting current of laser power source. The controller is a one chip computer, model 8031, which is used as a controller and a trigger. The current sampler is a current Hall sensor to provide the exciting current signal. The system is simple and reliable, can widely used in CW Nd:YAG lasers.

Key words: laser power source microcomputer closed-loop controller

一、引言

目前在固体激光器电气系统中, 单片机主要用作触发器, 即控制可控硅触发脉冲的前后移相, 并配以键盘、显示器、打印机等外围设备实现电气系统的开环控制。这种系统取代了传统的用分立元件或集成电路构成的触发电路, 简单且可靠性好。但这种系统必定是开环系统, 况且单片机内部资源没有得到充分利用, 因此我们开发了用单片机做成电气系统的闭环控制, 本文提出的闭环控制方案要求附加的硬件电路少, 软件简单。

二、连续 YAG 固体激光器电气系统的闭环控制

图 1 示出连续 YAG 激光器电气系统框图。整机采用单相可控硅调压整流电路, 其中与闭环控制有关的有两部分。一部分是采样信号的提取; 另一部分就是可控硅调压。电流采样信号由霍尔电流传感器提取如图 2 所示。其优点是信号失真小, 输出值无需转换可直接与单片机系统相连且隔离性非常好; 标准源可由供单片机用的高抗干扰工业级稳压电源经分压电路获得如图 3 所示。由于采样信号要与标准源进行比较, 故基准电阻必须一致, 此处为 150Ω。

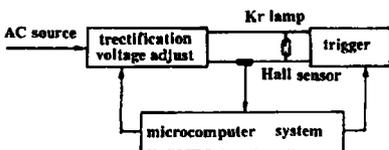


Fig. 1 Block diagram of Nd:YAG laser power

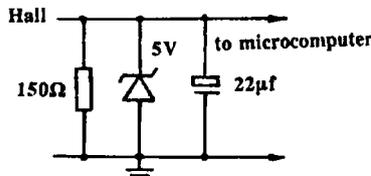


Fig. 2 Sample circuit

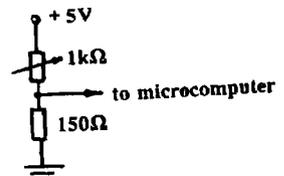


Fig. 3 Standard circuit

微机控制系统在整个电气系统中处于核心地位,系统的操作、显示以及自动控制等均由单片机完成。闭环控制是其中的一部分,工作方式如下:首先调整标准源指示出所需要的工作电流,当单片机开始工作时,电流初始值置为氩灯维持电流 4~5A,然后在每个周期(交流电经整流后周期为 100Hz)增大可控硅的导通角。每次调整后计算机测得的工作电流都要与标准源进行实时比较,若小于标准源,则下个周期增大导通角,否则就减小。这样,当两者相等时,工作电流将维持一种动态平衡,亦即实现了闭环。在激光器工作过程中,可以随时改变标准源,工作电流将自动跟随。

三、硬件设计

图 4 示出闭环系统的硬件框图。

1. 同步电路

同步电路实际上也是过零检测电路,是可控硅调压电路中不可缺少的,在这里,它是作为单片机的外同步中断源,一旦中断申请成功,计算机将暂停主程序的运行而进入外同步中断服务程序,优先权最高。

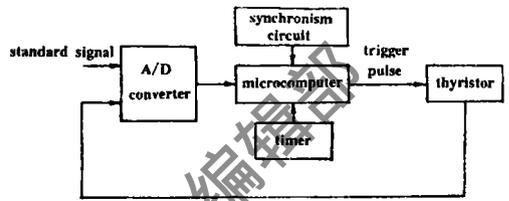


Fig. 4 Block diagram of closed-loop controller

2. A/D 转换电路

本系统 A/D 转换器选用 ADC0809,选址方式采用线选,模拟输入通道 0 用于标准源,通道 1 用于采样信号。ADC0809 与单片机之间可采用延时查询方式联络,也可采用 EOC 查询或中断方式联络。

3. 定时电路

定时电路产生脉冲方波送至单片机内部定时器,单片机通过计算其个数并溢出产生中断信号来发可控硅移相脉冲。当需要导通角大时,单片机置内部计数器初始值较大,这样计数很快溢出,移相角较小,反之亦然。由于整流波形的周期为 100Hz(10ms),要求在 10ms 内可计满 255 个脉冲,故定时电路的定时时间为:

$$t = 10 \times 10^{-3} / 255 \approx 40(\mu s)$$

所以移相分辨率为: $\theta = 40 \times 10^{-6} \times 180^\circ / (10 \times 10^{-3}) = 7.2^\circ$

定时电路的脉冲可由单片机时钟分频而得,也可简单地用 NE555 集成电路产生。

4. 单片机及其外围电路

在本系统中,单片机是控制部分的核心,它的基本配置包括地址锁存器、程序存贮器、键盘显示器以及打印机等,在这里我们只示出与闭环控制有关的部分(图 5)。

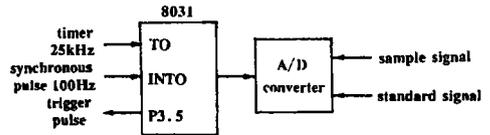


Fig. 5 Block diagram of microcomputer with peripheral circuit

一般单片机选用 INTEL 公司的 8031,其中包含一个 CPU,128 个字节 RAM,三个 I/O 口,二个 16 位定时/计数器等。它允许有五个中断源,闭环控制用了两个中断源,一个是外部中断 0 输入 INTO,入口地址为 0003H,一个是内部定时器中断 TO,入口地址为 000BH。

5. 触发电路

触发信号由单片机通过 P3.5 口发出,由于其带负载能力较差,需加射随放大才能驱动可

控硅,可直接驱动,亦可采用图6所示的电路驱动,此电路实现了数字电路与模拟电路之间的隔离。

四、软件设计

闭环控制软件包含一个主程序和二个中断服务程序如图7。

1. 主程序

主程序的工作,对于医疗机而言,就是查询脚踏开关的状态,脚踏开关开启,激光器即工作,单片机准备随时响应外同步中断。

2. 外同步中断服务程序

单片机响应外同步中断后,马上启动定时器,以保证单片机能及时发送触发脉冲,在这里需强调的是单片机响应中断程序,必须首先保护现场,否则单片机工作将乱套,中断返回前要恢复现场。

3. 内部定时器中断服务程序

内部定时器中断服务程序的内容是发送触发脉冲,另外还要调整触发字,将下个周期的计数初始值装好。调整触发字的台阶可为1,也可为2,最好根据激光器实际工作情况进行。一个台阶移相分辨率为7.2°。

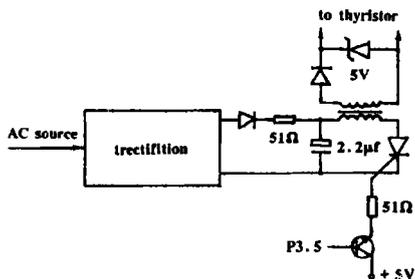


Fig. 6 Thyristor driver circuit

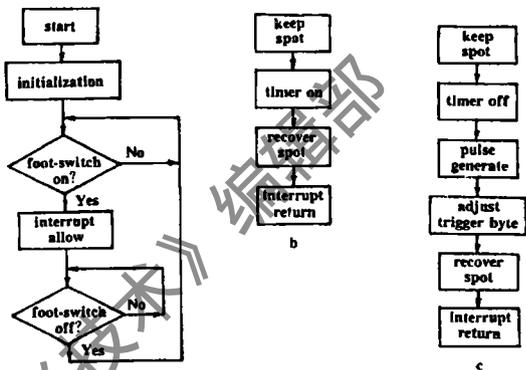


Fig. 7 Flowchart of software

a - main program b - external interrupt service routine c - internal timer interrupt service routine

五、抗干扰设计

激光器属大功率耗电设备,对供电电网的影响是很大的,因此抗干扰设计也是一个不可忽视的重要内容。要从以下几个方面进行抗干扰设计:(1)选用工业级高抗干扰直流稳压电源;(2)模拟量与数字量之间全部实现隔离;(3)程序中设置软件保护。

六、实验结果及结束语

第一步进行模拟实验,负载选用普通白炽灯,交流电网进线处加一台单相调压器。首先调整好标准源指示出所需要的工作电流,然后开启单片机,这时,工作电流能准确上升到标准源所示的电流并保持一种动态平衡。调节调压器,整个系统可靠地工作在180V~250V之间,数字表显示值几乎无跳字现象。第二步激光器开机实验。为防止意外,需采取一系列保护措施,诸如激光器工作电流不得超过30A等。同上边工作过程一样,首先调整好标准源为10A,然后开启单片机,这时激光工作电流也能准确上升至10A并维持,但有抖动现象,调整触发字的台阶也无法从根本上消除抖动现象,很明显这种抖动现象属于调节不当引起的反馈振荡,下步工作将综合考虑触发字台阶的调整、反馈周期的调整等。

参考文献

1 何立明. MCS-51 系列单片机应用系统设计. 北京:北京航空航天大学出版社, 1990:291~297