

# GTO 斩波、稳幅方波输出准连续 YAG 激光电源

宁喜发 姚建铨 赵广仪

(天津大学精仪系)

## A current amplitude-stabilized square-wave output power supply with GTO chopping circuit for pumping quasi-CW YAG lasers

Ning Xifa, Yao Jianquan, Zhao Guangyi

(Department of Precision Instrument Engineering, Tianjin University, Tianjin)

**提要:** 采用 SCR 三相交流调压器及其反馈控制稳幅网络, 输出稳幅方波电流 10~90A 连续可调, 重复稳幅精度可达 0.001, 其平顶波动小于 0.01; 输出直流电压 0~510 V 连续可调; 重复频率可达 200 Hz。

**关键词:** GTO 斩波, 稳幅方波

### 一、引言

准连续激光电源一般均采用两个大功率可控硅作斩波器, 而且采用三相调压变压器调压, 尚无稳幅措施。本文采用 GTO (可关断可控硅) 作斩波器, 用反馈控制可控硅三相交流调压网络取代三相调压变压器, 从而以稳幅方波电流输出, 大大提高了方波的重复稳流精度, 减少了方波平顶波动, 而且使电源的重复率也大为提高。

### 二、两种 GTO 斩波器的控制电路

#### 2.1 直接控制电路

直接控制电路是指 GTO 门极开通和关断电路的直流电源与 GTO 斩波电路共地, 如图 1(a)、(b) 所示。(a) 是单信号(开通脉冲)控制电路: GD312 为光电耦合器, 在其 3、4 端加上 GTO<sub>1</sub> 的开通脉冲信号(此信号脉宽应与 GTO<sub>1</sub> 的导通时间一致)时, GD312 导通, 1 点电位降低使 BG<sub>1</sub>、BG<sub>2</sub> 亦导通, 此时电源电压  $V_0$  通过隔离二极管  $D_1$ 、谐振电感  $L_1$  对  $C_1$  的充电电流  $i_1$  和通过  $R_1$  的电流  $i_{R1}$  一起流过  $R_2$  和 GTO<sub>1</sub> 门极入地, 调节  $R_2$  的阻值就能使 GTO<sub>1</sub> 可靠触发导通; 接入  $L_1$  是为了使  $C_1$  的充电电压高于电源电压, 以加速 GTO<sub>1</sub> 的开通。当开通脉冲信号变为零时, GD312、BG<sub>1</sub> 和 BG<sub>2</sub> 均截止, 1 点电位升高, 使

SCR<sub>1</sub> 触发导通,  $C_1$  通过 SCR<sub>1</sub>、 $R_2$  和 GTO<sub>1</sub> 的阴极——门极放电, 此放电电流使 GTO<sub>1</sub> 可靠关断; 当放电电流衰减到 SCR<sub>1</sub> 的维持电流以下时, SCR<sub>1</sub> 自动关断; 此时 GTO<sub>1</sub> 斩波器输出一个方波电流脉冲, 如此周而复始。

图 1(b) 显示的是双信号(开通脉冲和关断脉冲)控制电路: 当 GTO<sub>2</sub> (100A/800V) 的开通脉冲信号加于 5、6 端触发 BG<sub>3</sub> (3DD30/C) 时, 电源电压  $V_0$  (60 V) 通过  $R$  (10 $\Omega$ ) 和 GTO<sub>2</sub> 的门极对  $C$  (2 $\mu$ F) 充电, 其充电电流  $i_1$  使 GTO<sub>2</sub> 触发导通, 同时  $C$  充上  $V_0$  的电压; 而当 GTO<sub>2</sub> 的关断脉冲信号加于 7、8 端触发 SCR<sub>2</sub> (3CTK3B) 时,  $C$  通过  $R_3$  (3 $\Omega$ )、SCR<sub>2</sub> 和 GTO<sub>2</sub> 的阴极——门极放电, 其放电电流使 GTO<sub>2</sub> 可靠关断。

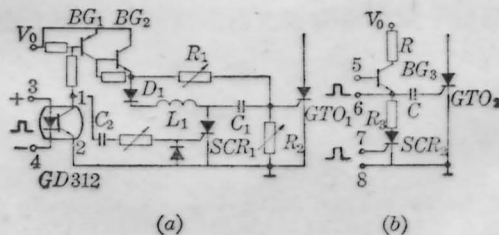


图 1

#### 2.2 用脉冲变压器的控制电路

在实际应用中经常需要将主回路与门极控制回路电隔离, 以消除相互间的干扰, 因此必须采用脉冲

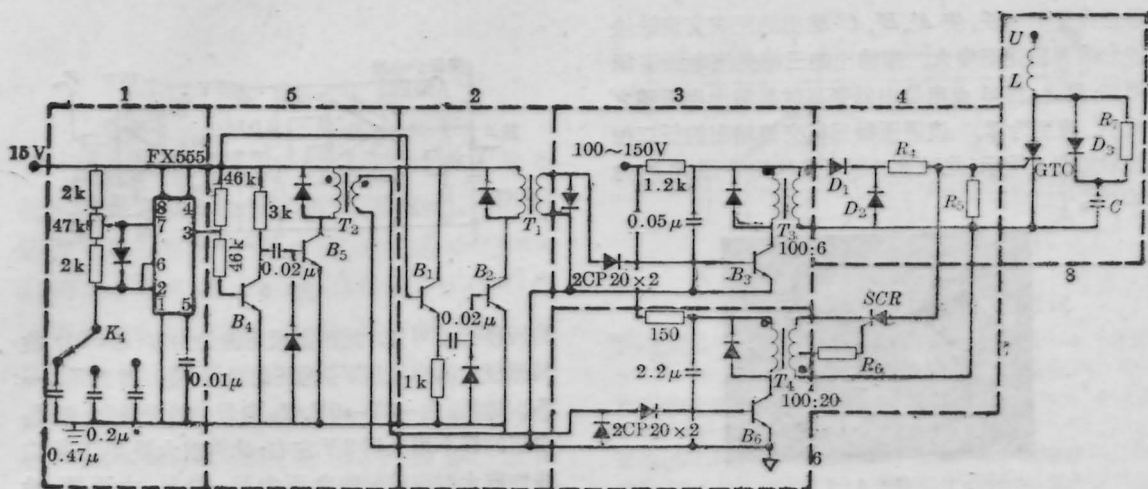


图 2

变压器的供电方式。这种控制电路的具体电路如图 2 所示。电路原理简述如下：方波发生器主要由 FX 555 定时器组成，以 47K 电位器调节定时器输出方波的占空比；以开关  $K_4$  分档调节定时器输出方波的重复率。方波发生器输出方波分为两路，一路进入方波前沿放大器，该放大器主要由  $B_1$ (3DG12)、 $B_2$  和  $T_1$  组成；正方波先经  $B_1$  同相放大，再经微分取出方波前沿正脉冲微分信号触发  $B_2$ ，由  $T_1$  次级输出已放大的方波前沿脉冲以触发  $B_3$  (3DA 50 A/300 V)，经该管功放后由  $T_3$  输出大电流脉冲，经  $R_4$  限流( $R_4$  约为  $5\Omega$  左右)以足够大的分流触发 GTO；定时器输出方波的另一路进入方波后沿放大器，该放大器主要由  $B_4$ (3DG12)、 $B_5$  和  $T_2$  组成；正方波先经  $B_4$  倒相放大，再经微分取出方波后沿正脉冲微分信号触发  $B_5$ ，由  $T_2$  次级输出已放大的方波后沿脉冲以触发  $B_6$ ，经该管功放后由  $T_4$  次级输出大电流脉冲，其中一小部分分流通过  $R_6$  开通 SCR，使之快速导通，同时该大电流脉冲以一较大分流通过 GTO(400 A/800 V)的阴极—门极，使之可靠关断。用二极管  $D_3$ (30 A/150 V)和 SCR(3CT K 30A/200 V)可防止开通脉冲电路与关断脉冲电路之间的干扰；若无 SCR 正向阻断作用，开通脉冲电流将主要通过  $T_4$  的次级而不能触发 GTO；若无  $D_2$  的正向导通短路作用，关断脉冲电流的一部分将流入  $T_3$  的次级，使之贮存磁能，当关断脉冲电流消失后，此磁能立即释放出来，恰好可将刚刚关断的 GTO 再次触发，造成误导通或 GTO 的损坏。

保护电路原理：该电路由  $L$ 、 $D_3$ 、 $R_7$  和  $C$  组成；当 GTO 开通时，电感  $L$ (0.5mH)处于非饱和区，电感量较大，故有抑制电流上升率的作用；当铁芯达到

饱和后， $L \approx 0$ ，故不贮存磁能；当 GTO 关断时， $L$  中的电流并不马上减小，而是通过吸收电路(由快速二极管  $D_3$ 、 $R_7$  和  $C$  组成)继续流通。因此抑制了 GTO 两端的电压上升率，故串联电感  $L$  起到有效保护 GTO 的作用。当 GTO 关断时，关断电流经二极管  $D_3$  对  $C$  充电；当 GTO 再次导通时， $C$  经  $R_7$  向 GTO 放电，若  $R_7$  较大会使 GTO 导通不充分，导通方波前沿不陡，此时可适当减小限流电阻  $R_7$  和增大电容  $C$ ，就可获得很陡的导通方波前沿。

### 三、反馈控制可控硅三相交流输出调压器

该调压器如图 3 所示。各可控硅触发电路由三套单结管振荡器组成。各供电电源为与各相同步的梯形波电压(均经变压器降压、桥式整流和稳压管削波获得)。当  $A$  点电位由高变低时，三个三极管均逐渐导通，三个单结管电路在各自的梯形波里产生触发脉冲的位相逐渐前移，使三对交流调压可控硅的

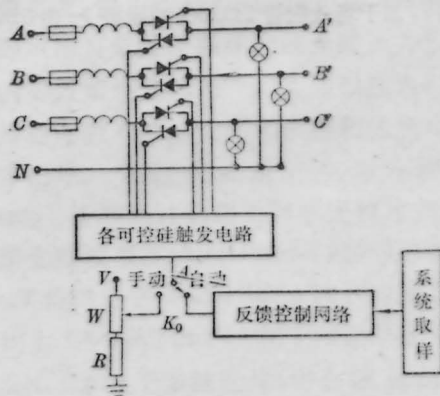


图 3 反馈控制可控硅三相交流输出调压器框图

导通角逐渐增长,使  $A'$ 、 $B'$ 、 $C'$  输出的正弦交流缺波波形的面积逐渐增大,即输出的三相交流电压逐渐增加;反之,当  $A$  点电位由低变高时其输出电压随之减小,直至为零。该调压器三相交流输出的任二相波形如图 4 所示(此时这二相可控硅的导通角约为  $100^\circ$ )。

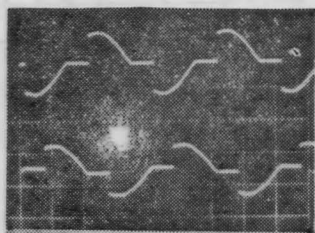


图 4  
时标: 5 ms/div

为减小电源对外电网的影响,即电源与外电网相互隔离,并使电源工作电流更加稳定,在三相进线上均串接 1 mH 左右的电抗器;实验表明,这样电源可对外电网几乎无冲击,一般而言,在该调压器额定负载(如 40 A 直流)时,取各相交流电抗器的压降为电源相电压的 0.04 倍,所以交流电抗器的压降应为  $0.04 \times 220 = 8.8$  V;而通过进线电抗器的额定交流为  $40/1.26 \approx 32$  A,因此串联交流电抗器的电感量应为  $L = X_L/\omega = (8.8/32)/314 \approx 0.88$  mH。该调压器的另一特点是,三个输出端均通过灯或电阻与中性线(重复接地线)形成交流通路,因此可将一些高、低频干扰信号直接导入到地,故此,本调压器抗干扰能力强,工作稳定可靠。

反馈控制网络如图 5 所示。电压比较器 F007①的同相输入端接入电流取样电压  $V_{sen}$ ,反相输入端接入电流标准电压  $V_{ref}$ (以此预置工作电流);二者之差值  $\Delta V$  经其放大后输出,若  $\Delta V < 0$  ( $\Delta V = V_{sen} - V_{ref}$ ),则比较器输出为负饱和,对应  $G$  点分压约为  $-3$  V,加于场效应管 3DJ6G 的栅极上,由 3DJ6G

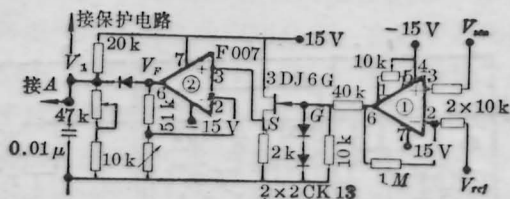


图 5

的转移特性可知,此时漏极电流约为零( $I_D \approx 0$ ),故其源极的输出电压  $V_S$  为正的极小值;随着  $V_{sen} \rightarrow V_{ref}$  则  $V_G$  由  $-3$  V  $\rightarrow 0$  V,  $I_D$  由最小趋于最大,即  $V_S$  由正的极小增大到 3 V 左右;比例放大器 F007②以线性放大对应输出的电压为  $V_F$ ,当  $V_F$  大于  $W_1$  给定的预置电压  $V_1$  为 0.67 V 时,隔离二极管  $D_1$  导通,故此该反馈输出电压决定三相交流调压可控硅的导通角。若不设预置电压  $V_1$  则开始瞬间由于  $V_F$  很小,使得三相调压可控硅的导通角为最大,其输出电压经三相全波整流后将会超过电容器的耐压,造成滤波电容击穿;因此预置  $V_1$  十分必要。本电源  $V_1$  的变化范围为 8~11 V。当通过氙灯的工作电流偏离设定值,如较其稍有增大,则由于  $V_{sen}$  值的增加,使反馈控制网络的输出  $V_F$  增大,从而使  $A$  点的电位升高,各相单结管振荡器输出的触发脉冲相位后移,使各相调压可控硅的导通角相应减小,使工作电流回到设定值;反之亦然。由于高精度的负反馈控制过程,可使准连续输出的方波电流的幅值稳定。实测表明,相对于外电网相电压的变化为  $\pm 0.01$  时,其方波电流幅值的稳定度可达 0.001。

## 参 考 文 献

- 1 张立编著,可关断可控硅及其应用(人民邮电出版社,1982),第 4、5 章

(收稿日期:1987年11月23日)