

可控硅过零触发装置

赵迪 周永林

一、前言

可控硅元件是一种新型半导体元件，具有体积小、重量轻、动作快、无噪声和操作维护方便等许多优点，在电热工业中可以取代笨重的继电器、调压器和磁饱和电抗器。目前，在电热工业生产中已广泛应用。

采用可控硅作执行元件，大部份是移相触发控制方式。这种控制方式线路简单，能连续调节。但是在大面积推广应用可控硅技术过程中，普遍遇到多台之间相互干扰的问题。

在研究可控硅抗干扰问题方面，一些单位进行过大量的工作，积累了宝贵的经验。

七四年以来在南京玻纤院等单位协作下我们继续进行试验研究工作，对干扰产生的原因、解决办法取得了较满意的结果。但可控硅移相触发控制方式，对电源波形的破坏及暂态电压对周围的高频干扰还是个严重的问题。

由可控硅导通、关断的特性可知，可控硅关断时只有很小漏电流流过，当可控硅导通时只要几个微秒的时间，因此可以将可控硅看成一个理想的开关。可控硅供电线路可近似用以下等效线路代替（见图1）。

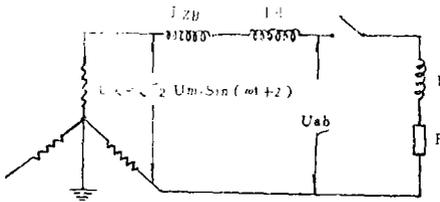


图 1

可控硅导通时，由基本公式：

$$U_{ab} - (L_{zb} + L_d + L_r) \frac{di}{dt} = R \cdot i$$

及初始条件 $t=0, i=0$ 经推导得出：

$$U_{ab} = \left[\sqrt{3} U \sin(\omega t + \alpha) - \sqrt{3} U \omega (L_{zb} + L_d) \cos(\omega t + \alpha - \varphi) \right] \frac{L_{zb} + L_d}{L} + \frac{\sqrt{3} U \cdot R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \cdot \sin(\alpha - \varphi) \cdot e^{-\frac{R}{L} t}$$

式中： L_{zb} — 车间电源变压器漏感；

L_d — 供电电源线路电感；

L_r — 可控硅输出回路等效电感；

$L = L_{zb} + L_d + L_r$

$$\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{\omega L}{R}$$

从上式不难看出， U_{ab} 第一项为一周期函数，是稳态电压；第二项为随时间衰减的暂态电压。当 $t=0$ 时幅值最大，随着 t 增加逐渐衰减趋于零。两项合成后即为在可控硅导通处产生“r”缺口的电源电压波形（见图2）。

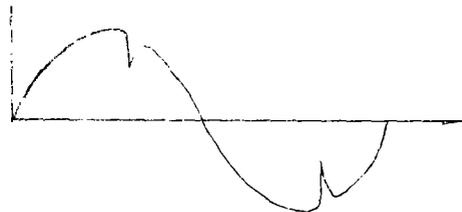


图 2

“r”缺口的深度就是暂态电压的幅值，主要取决于： $\frac{L_{zB}+L_d}{L}$ 及控制角 α 的位置。缺口的宽度取决于时间常数 $\frac{L}{R}$ ，L越大，R越小，

缺口就越宽，也就是说负载功率越大，对电源波形的破坏越严重。解决可控硅对电源波形的破坏可在电源上并联很大的滤波电容，能得到较好的效果，但不能彻底解决问题。

怎样才能彻底解决这个问题呢？就是要完全消除暂态电压。从上式我们可以看出当 $\alpha = \varphi$ 时第二项为零， U_{ab} 就等于第一项，电源上不产生缺口，也就是说可控硅实现过零触发控制时，不产生暂态电压，从而避免了对电源波形的严重破坏及多台干扰现象。同时因为实现了过零触发，消除了暂态电压，负载上流过完整的正弦波电流，也就避免了对周围环境的高频干扰。所以在BII-2持久试验机控温系统中我们采用了可控硅过零触发装置。

二、可控硅过零触发装置

可控硅过零触发控制有以下几种方式：

1. 通断式调节
2. 周期比例调节
3. 准连续调节

我们选用了第二种控制方式。所谓周期比例控制就是在一固定时间周期T内，通电一段时间t，然后断电。通电比例 $\frac{t}{T}$ 越大，输出功

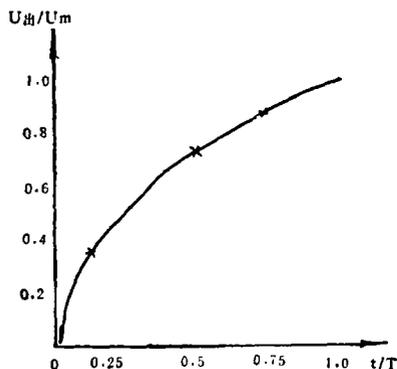


图 3

率就越大。输出电压有效值：

$$U_{出} = \sqrt{\frac{t}{T}} \cdot U_m \quad (\text{见图 3})$$

近几年来，国内很多单位，都进行了过零触发装置的研制工作，并投入了实际使用。我们学习了兄弟单位的先进经验，结合我们过去的工作实践及满足调节温度梯度的要求，试制了周期比例可控硅过零触发装置。线路见图4、5。整个装置由锯齿波发生器、电压比较、负与门、微分及功放等部份组成。各点的工作波形见图8。锯齿波发生器由单结晶体管BT33F及RC充放电回路组成，锯齿波电压由电容C取出经二级射极跟随器进行功率放大，送电压比较器。锯齿波的幅值为10V，周期为0.5~8秒连续可调。

由温度调节器输出的信号(0~10V)经调梯度电位器送电压比较器(见图7)与锯齿波电压进行比较。当锯齿波电压小于信号电压时，比较器第一级截止，第二级导通，输出零电位送负与门。反之，当锯齿波电压大于信号电压时，比较器的第一级导通，第二级截止，输出高电位，送负与门。比较器输出零电位的时间t，正比于信号电压的幅值。

同步电压经阻容滤波，去掉干扰信号，同时也产生5°左右的相移，增加了脉冲的有效宽度。整流后送负与门。当同步电压过零，比较器输出零电位时，负与门截止(其它情况都导通)，电源经电阻R3k、二极管及功率放大管基极，发射极给电容C0.47μ充电，经功率放大管放大，输出脉冲去触发可控硅，见图6。同步电压过零后，负与门导通，电容C0.47μ经负与门，稳压管、R150、二极管放电。

在一个周期内，脉冲输出的个数正比于电压比较器输出的零电位时间t。也就是说正比于由调节器输入的信号电压的幅值。从而实现了周期比例过零触发。输出脉冲的宽度为15°~20°，可触发100A的双向可控硅。

锯齿波部份的供电电源，没有稳压，外电压升高或降低，锯齿波电压的幅值也随之升高或降低，电压比较器输出的零电位时间 t 也相应地减少或增加，输出脉冲的个数，也相应地减少或增加，从而补偿了外电压的变化。

这项工作于75年下半年开始进行，经反复调试、修改，于75年12月15日投入现场运行。

经两个月连续考验和抗干扰试验，性能良好。配用 CWT-F₂ 型热电偶控温仪表，在室温自然波动下，电压 $220V \pm \frac{1}{15}\%$ ，梯度变动小于 $0.5^{\circ}C$ 控制精度小于 $\pm 1.5^{\circ}C/100$ 小时。过零触发装置的温漂小于 $1\%/10^{\circ}C$ 。电压补偿效果在外电压变化 $\pm \frac{1}{15}\%$ 时，可控硅输出变化小于

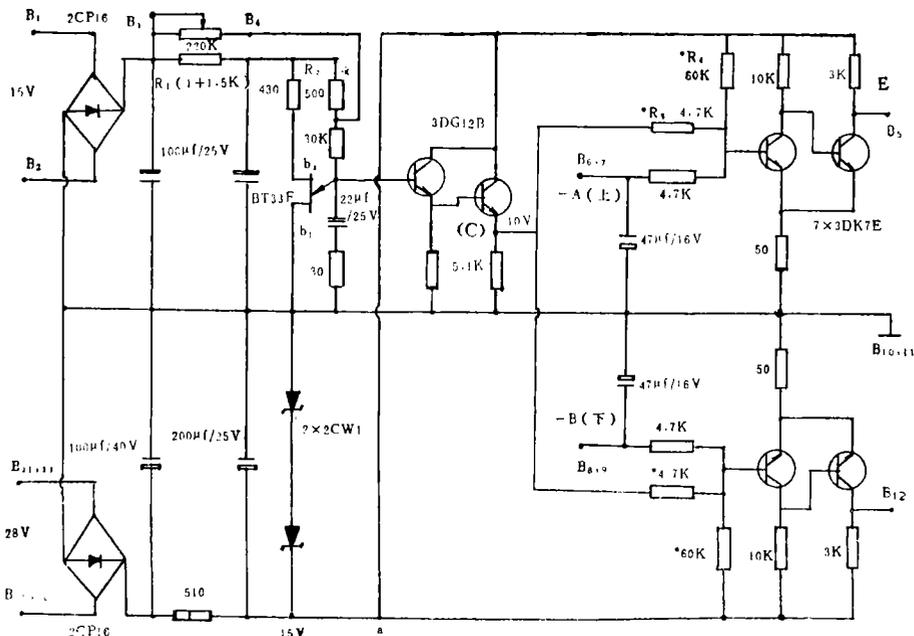


图 4 锯齿波发生器与电压比较电路

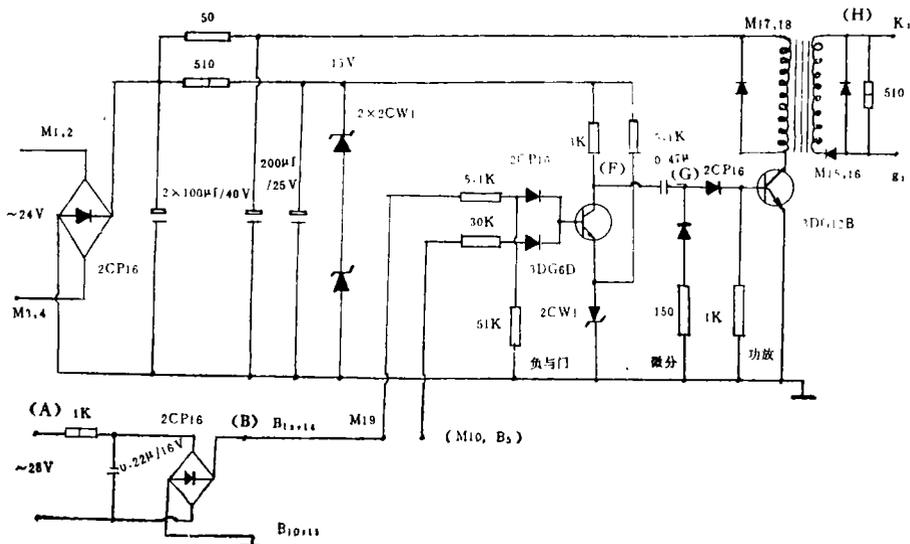


图 5 过零脉冲电路（两组）

$4\% \left(\frac{t}{T} > \frac{1}{6} \text{ 时} \right)$ 。

实践证明这种触发装置不产生暂态电压，

不破坏电源波形，也无高频干扰现象，是解决可控硅互相干扰的较好办法。特别对于大功率的电阻性负载值得采用。

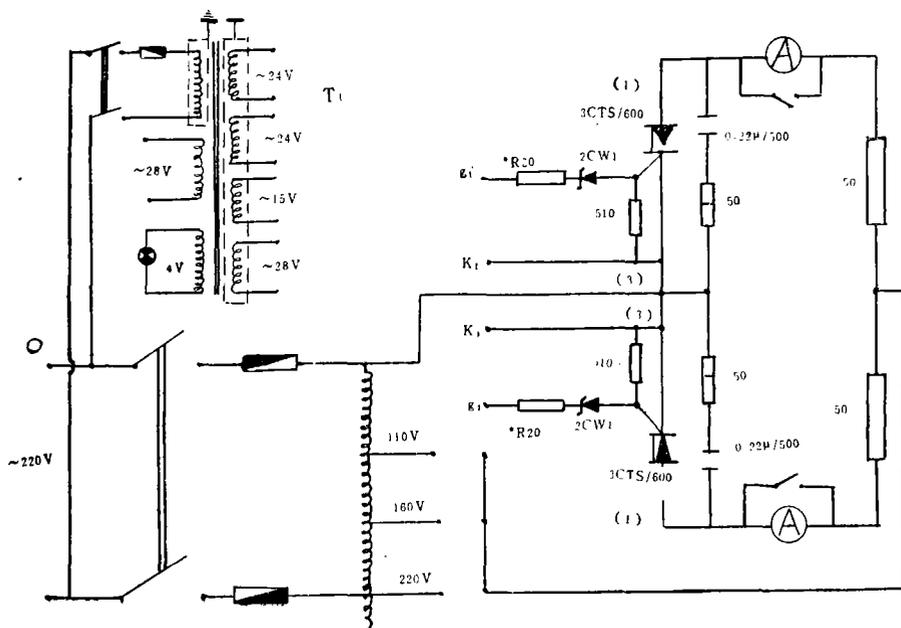


图 6 主电路

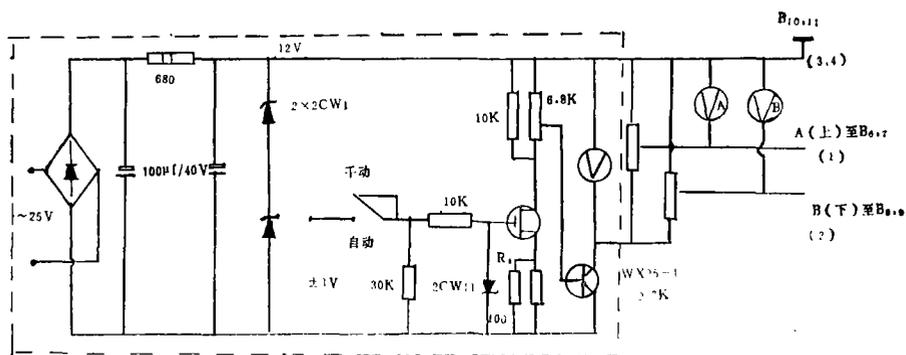


图 7 调节器输出电路

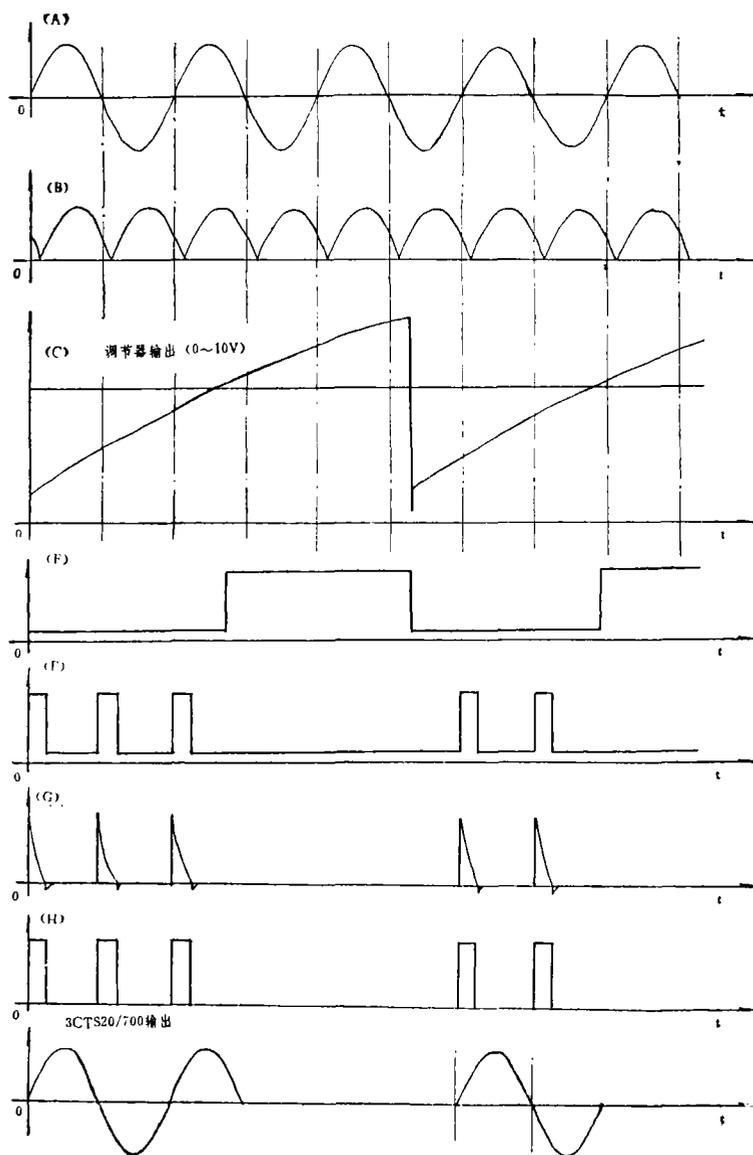


图 8 各点波形示意图