

可关断可控硅 超声清洗机

张 大 安 毛 信 杰 徐 长 富

(北京市新技术应用研究所) (北京变压器厂)

1982年2月4日收到

可关断可控硅,在控制极加正脉冲可使其导通,加负脉冲可使其关断;且其功率增益较大,故较适合于超声功率逆变。本文介绍了用可关断可控硅制成的超声清洗机的实际电路和效果。

普通可控硅控制极触发导通后,控制极就失去了控制能力;它的关断时间较长,限制了其高频应用。因此,利用普通可控硅来实现超声频逆变,通常要用时间分割法,电路复杂。

可关断可控硅(简称GTO),在控制极加正脉冲可使其导通,加负脉冲可使其关断,这是比普通可控硅优越之处。另外,它可以用于大电流及高电压状态下,其功率增益比一般的功率晶体管大,而且其控制信号只需要正、负脉冲,无需像晶体管那样在整个工作周期内提供基极信号,这是它比功率晶体管优越之处。据此,我们研制了可关断可控硅超声清洗机。

本机输出功率连续可调,最大为300W;电发生器频率可在10kHz至20kHz范围内连续调节,根据所用换能器调在16kHz;面板上有电压、电流指示表,指示GTO两端的电压及工作电流。清洗槽体积为 $320 \times 270 \times 200\text{mm}^3$,四只夹芯式压电换能器并联使用。

本机的超声电源部分包括:GTO主电路;GTO触发电路;主回路半控整流电路;过流保护电路。图1为总电路方框图。图2为整机电路图。

GTO元件在阳极加有正向电压的情况下,当控制极加足够大的正脉冲时导通,当控制极加足够大的负脉冲时关断。由触发电路产生两组相位相差 180° 的正负脉冲分别加到GTO₁和GTO₂的控制极,两只GTO交替导通与关断,组成推挽工作的形式,经输出变压器耦合到清洗槽的换能器上去,产生超声振动。

GTO触发电路原理如下:

由G₈、G₉组成多谐振荡器,R₂₄、R₂₅可调频率,使其符合于换能器的谐振频率。多谐振荡器双边输出,控制间歇振荡器G₇和G₁₀。间歇振荡器通过脉冲变压器MB₁和MB₂分别控制由G₃、G₄和G₅、G₆组成的两个脉冲功率放大器。利用脉冲变压器能改变脉冲极性的性质,

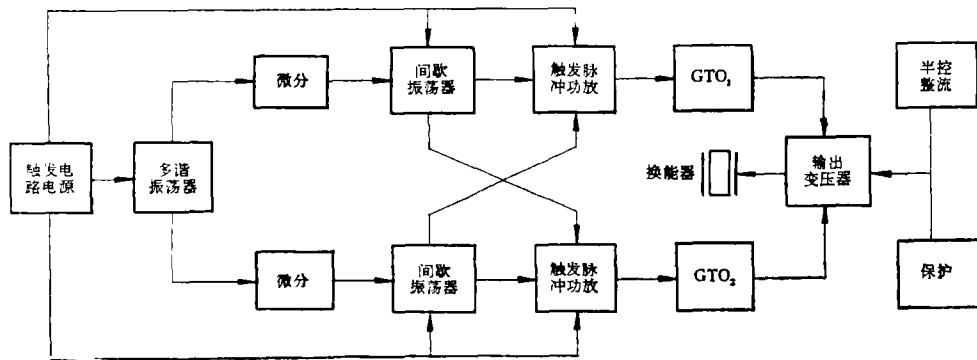


图1 电路方框图

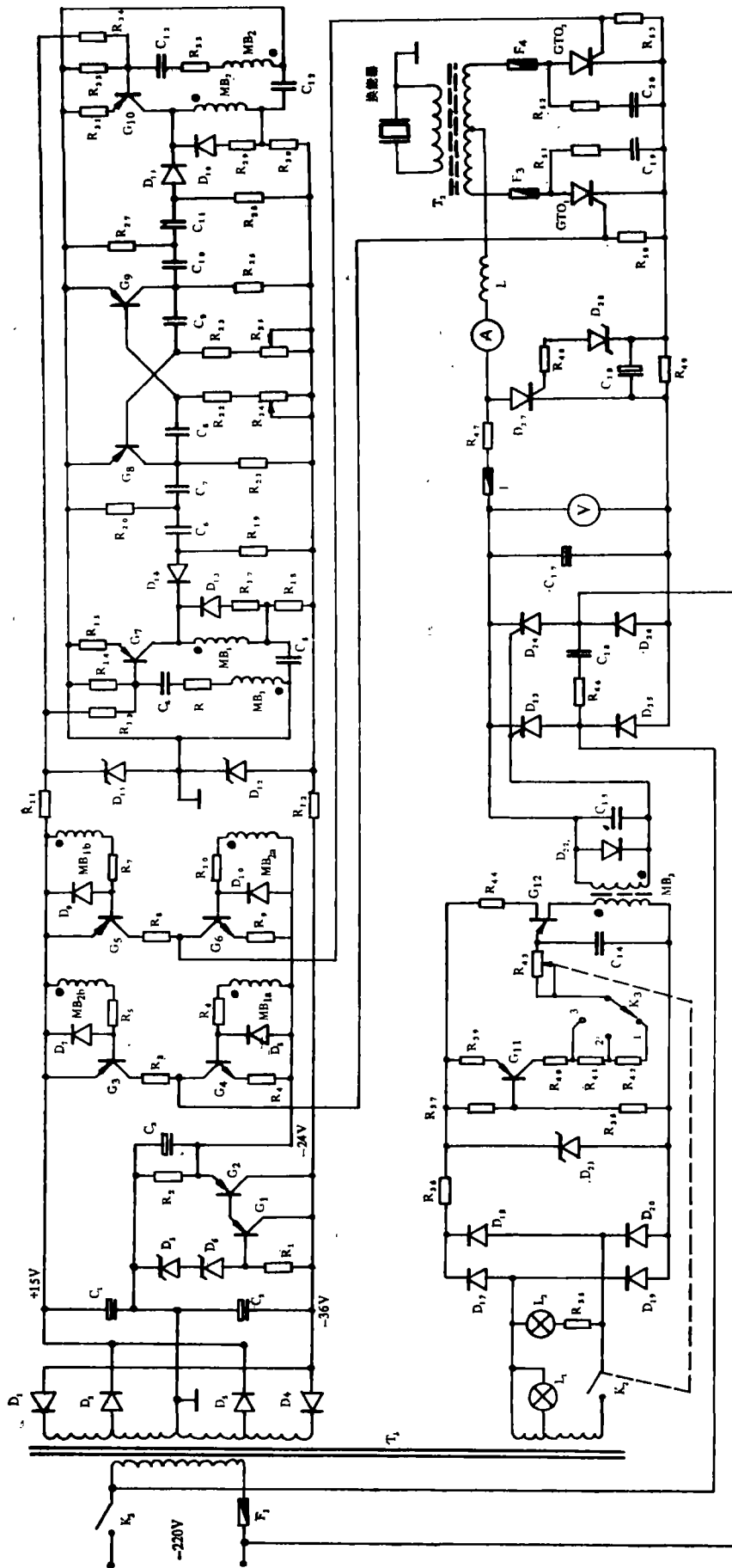


图2 整机电路图

使其一个绕组输出正脉冲的同时,在同一个脉冲变压器的另一绕组输出负脉冲.由于多谐振荡器的两个输出端是反相输出,所以在同一时刻、在脉冲变压器 MB_1 和 MB_2 的对应绕组中亦产生反相的输出脉冲.即当 MB_{1a} 产生正脉冲时, MB_{2a} 产生负脉冲;与此同时, MB_{1b} 产生负脉冲, MB_{2b} 产生正脉冲.其作用结果是: MB_{1a} 的正脉冲使 G_4 导通,而 MB_{2b} 的正脉冲则使 G_3 截止,产生使 GTO_1 关断的负的控制极脉冲;与此同时, MB_{1b} 的负脉冲使 G_5 导通, MB_{2a} 的负脉冲使 G_6 截止,产生使 GTO_2 导通的正触发脉冲.过了半个周期, MB_{1a} 为负脉冲, G_4 截止, MB_{2b} 为负脉冲, G_3 导通, GTO_1 导通; MB_{1b} 为正脉冲, G_5 截止, MB_{2a} 为正脉冲, G_6 导通, GTO_2 关断.如此 GTO_1 和 GTO_2 交替导通构成推挽工作方式.触发电路的波形如图 3 所示. GTO 元件的选择,要求正向阻断电压和最大可关断电流有足够的裕量;关断增益应大于 5.

R_3 、 R_8 限制 GTO 控制极上的正脉冲幅度使不致过高.考虑到 GTO 关断脉冲的幅度要求比触发脉冲的大,所以用了两组全波整流电路对触发脉冲功放级以正负电源分别供电.

GTO 主电路的供电来自 D_{23} 、 D_{24} 、 D_{25} 、 D_{26} 半控桥式整流电路.半控桥的触发电路由单结晶体管 G_{12} 组成.输出功率由波段开关 K_3 控制为三档:1 档最大输出为 100W,2 档 200W,3 档 300W.电位器 R_{43} 为功率连续调节用.

为保护 GTO 元件不致因过流而烧坏,采取了如下保护措施:1.在主电路中设有保险丝 F_2 、 F_3 、 F_4 ;2.空心电感 L 在 GTO 关不断而过流的瞬间有抑制电流增长速度的作用;3.由 D_{27} 、 D_{28} 、 R_{49} 组成过流保护电路,当主电路中的电流超过某个调定值时,可控硅 D_{27} 导通以保护 GTO . R_{47} 限流保护 D_{27} .该保护电路消耗一定的功率,是其缺点,有待改进.

输出变压器用铁氧体芯: E_{20} , 4 至 6 对.输出变压器的初次级匝数、变比及线径对阻抗匹配、清洗机工作的稳定性、变压器发热等有较大影响.经试验,本机选取:初级 2×30 匝,

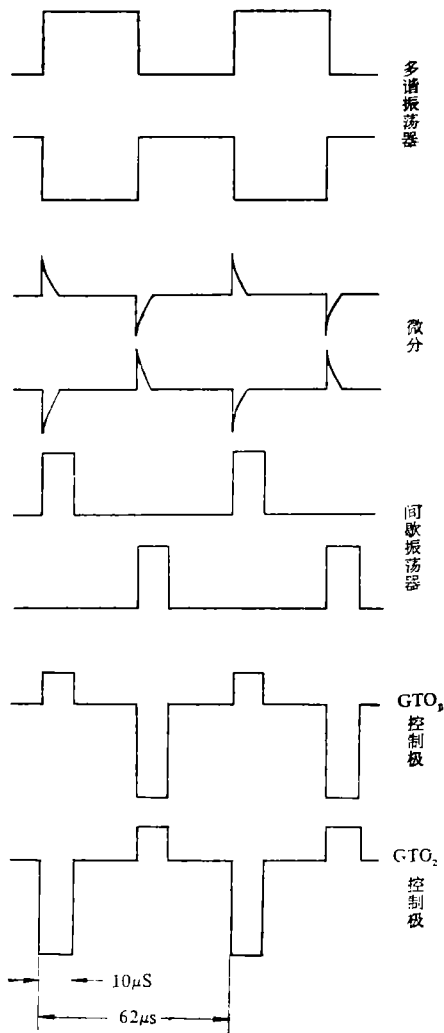


图 3 触发电路波形图

$\phi 1.95$ 高强漆包线;次级 90 匝, $\phi 0.72$ 高强漆包线.

本机电路中,由于可关断可控硅是开关工作状态,故管耗很小;另外,主电路采用半控桥式整流电路,省去了电源变压器,所以整机效率较高.经计算和测试,整机电效率可达 80%.由于可关断可控硅的开通与截止都是由控制极信号控制的,因而不易出现逆变失败的现象.当输出变压器采用上述参数时,整机具有较好的工作稳定性.例如清洗槽中的水深由 10mm 变到 80mm 时,都能稳定工作;甚至将一公斤的重物直接放在清洗槽底,本机仍能正常工作.本
(下转第 24 页)

的“伴峰”。这在指针式电压表上反映是不明显的，测量时须特别注意观察，以免引进疏失误差。

测量波长的装置结构如图 2 所示。其距离标尺固定在上壳体上。螺杆和刻度圆盘连为一体。转动圆盘可使反射器上下移动，以改变发射面与反射面之间的距离(声程)。螺杆的螺距为 0.5mm，圆盘刻度分为 500 小格。从固定标尺和刻度圆盘上即可读出声程的数值。其精密程度为 0.001mm。

为了尽量减少由负载变化引起的信号源输出电压变化，以及因仪器的电抗和导线的杂散电容并入线路，而引起的对共振(反共振)点的误判，我们采用了如图 3 虚线内所示的 π 形网络^[1]。整个网络装在屏蔽盒内。其输入和输出部分也采取屏蔽隔离(点划线所示)。

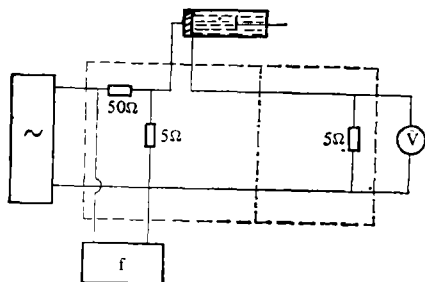


图 3 π 形测试网络示意图

2. 据报道，人体软组织的声速值，在压缩范围不超过 25% 时不会变化^[2]。测量时注意改变声程不要超过该范围。

3. 由于 2 中所述原因，为了在允许压缩范

围内得到尽量多的共振点，以提高测量波长的精密程度。这就要求波长尽量短。因此，在保证衰减不太大，共振效应能正常产生的前提下，尽量采用谐振频率较高的换能器。

三、典型实例

1. 液体：测无水乙醇(含水 0.3%) 的声速。

测试温度为 20℃。每 10 个谐振点测一次 λ 和 f 的平均值。共测 14 组。算出积 λf 的算术平均值 $\bar{c} = 1172\text{m/s}$ 。其均方根误差 $\sigma \leq \pm 0.9\text{m/s}$ 。相对误差 $E \leq \pm 7.8 \times 10^{-4}$ 。

据有关资料^[3]：乙醇(20℃)声速 $c = 1170\text{m/s}$ 。

2. 软组织：测婴儿肝组织的声速

测试温度：37℃。标本状态：离体冷冻保存。测 10 个谐振点，得 $\bar{c} = 1574\text{m/s}$ 。 $E \leq \pm 0.15\%$ 。与有关资料比较^[4]：人肝声速 $c = 1570\text{m/s}$ 。

参 考 文 献

- [1] 山东大学压电铁电物理教研室，《压电陶瓷及其应用》，山东人民出版社，1974，176。
- [2] S. A. Goss, etc., National Bureau of Standards Spec. Publ., 525, 1979, 44.
- [3] A. E. Crawford, Ultrasonic Engineering, 杜连耀，应崇福译，《超声工程》，科学出版社，1959，6。
- [4] 上海市超声医学研究组，《超声诊断学》，上海科技出版社，1978，6。

(上接第 36 页)

机是为了满足北京变压器厂半导体器件生产过

程的需要而研制的超声清洗设备，研制成功后即放在北京变压器厂生产线上使用，效果良好。