

家用感应加热装置的典型应用是电磁灶,其功率一般在 1kW 左右,要求被加热容器的底部直径不小于 120mm.本设计的感虚加热器输出功率定在 200W~300W,感应器有效直径 100mm 左右,主要用于小容量的液体、食品、易拉罐饮品的加热,在家庭、医院、宾馆房间、零售商店中有广泛应用.

感应加热要求感应线圈的品质因数(Q 值)高,Q 可由下式计算: $Q=X/R=\omega L/R$ 其中,L 是感应线圈的电感(单位 H), ω 是驱动源的开关频率,R 是感应线圈的等效串联电阻(Ω).

通过以不同的驱动频率驱动加热线圈,可以得到线圈参数与频率的关系.当感应线圈靠近铁制品时,其等效电阻将大幅度增加,Q 值下降;而当其靠近非铁磁性金属时,其等效电阻增加很少,其 Q 值下降不大.这种特性使铁金属更易被感应加热,例如,在驱动频率为 100kHz 时,靠近铁制品的线圈,其 R 值为 2 Ω ,而靠近铝制品时,R 值仅 0.238 Ω ;当驱动频率为 400kHz 时,空载线圈的 Q 值达到 318,在靠近铝制品时下降为 124,而在靠近铁制品时下降至 13.因此,在选择驱动源频率时,要选择空载线圈的 R 值和有铁金属时的 R 值相差大的频率,这个频率范围一般在 100kHz 至 400kHz.

为了减小加热线圈自身的损耗,线圈需用很多股细铜线组成的绞合线来绕制,这样容易制战高频损失小、Q 值高的线圈.感应线圈有两种形状,一种是加热普通平底铁金属容器的平板线圈.另一种是加热易拉罐的筒形线圈.在实际的感应加热电路中,感应线圈与其等效串联阻抗 R,以及外加电容器 C 等共同构成 LCR 串联谐振电路.

图 1 是本高频感应加热器的方框图.采用绝缘栅场效应管的半桥驱动、LC 串联谐振电路,用锁相环(PLL)和脉宽调制(PWM)电路作闭环控制,以保证串联谐振频率的稳定:用半桥功率电路驱动加热线圈.半桥输出电路输出阻抗低,即使用方波信号作电压驱动,输出电流波形也是正弦波,因而电压相电流的相位差小,功率传输效率高.整机电路见图 2.

PLL 及 PWM 恒流控制电路:采用开关稳压集成电路 UC3825,实际开关频率可达 1MHz,具有两路大电流推挽式输出电路.利用 UC3825 内的振荡电路构成压控振荡器 VCO,其频率范围可取为 200kHz~300kHz,由定时阻容元件 $R_{10}+R_9/R_t$ 和 C5 的值决定.动态电阻 R_t 由小信号 MOSFET 管构成,其阻值受 MCI4060B 的输出控制.考虑到加热线圈 L 的电感量及串联谐振电容量的自由度,这个频率的可变化范围应有两倍以上.当取图 2 中的数值时,振荡频率约 160kHz~380kHz.

为了保证振荡频率的稳定,采用 PLL 电路 MCI4046B 作相位检测器.由电流互感器 CT 检测出通过加热线圈 L 的电流,CT 次级的负载 R_1 取 200 Ω ,转换,比为 1V/1A,经 D1、D2 双向限幅. C1 耦合至 IC1 的 PCa 端;IC1 的 PCb 端输入电压由 IC2 的 PWM 输出电压分压.得到,其值约 5V_{peak},以满足 CMOS 电平的需要.由于流过加热线圈的电流有少许滞后,故在 PCb 端加入容量约 1000pF 的相位补偿电容器 C2.如果工作频率和 LC 参数有变化,该电容量也应稍应变化.如 $f=300\text{kHz}$ 、电流相位滞后 45.时. 相位补偿电容: $C_{\text{comp}}=1/2\pi Rf=1/6.28\times 500\times 300\times 10^3=1061\text{pF}$

如果以某一频率驱动加热线圈,当接近铝制品时,由于 LCR 串联谐振电路的阻抗很低,通过的大电流可能会损坏 MOSFET;如果空载,也可能造成同后果.因此必须采用恒流控制.

这里,利用电流互感器 CT 的输出经 D3、D4 倍压整流后作为反馈信号,输出电流的调节用脉宽调制方式控制平均电流,由 IC2 内部的误差放大器来实现.由 IC2 内部的基准电压源经电阻分压后取得+2.5V 的电压,作为比较器的基准电压.调节 W1 可改变输出电流,也可调节输出功率.

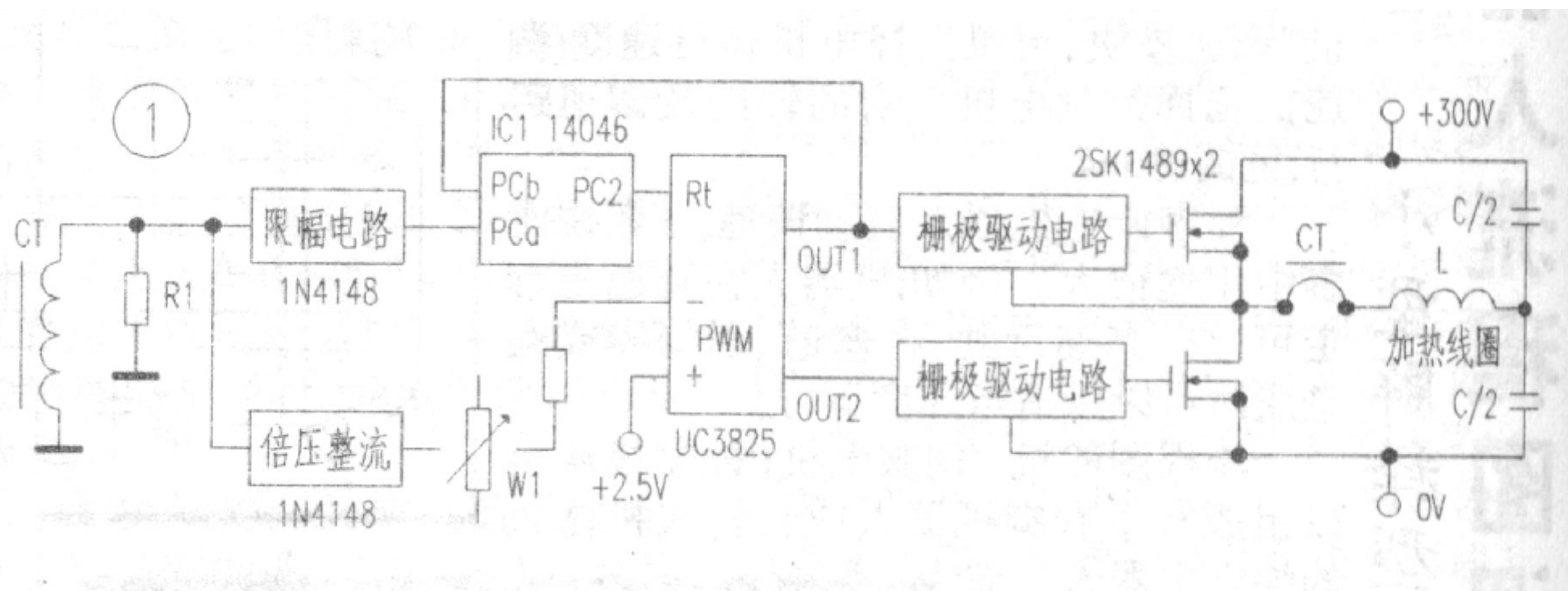
MOSFET 驱动电路、半桥输出电路及 LC 串联谐振电路:在负荷为铁制品时,由于串联谐振电路的 R 将增大,故应设置较高的电源电压(选定为 300V).又由于在空载时,R 很小而 Q 值高.将有很大的电流流过功率输出管,故应选用漏极电流大的 MOSFET 管.这里选用电流达 12A 的 2SK1489 两强构成半桥输出.驱动信号由 UC3825 输出、经 C13~C16 和脉冲变压器 T1、T2 耦合至推动级.D7~D10 用于保护大功率 MOSFET.在半桥输出电路中插入了电流互感器 CT,用以检出流过加热线圈的电流.加热线圈 L 和电容 C19、C20 构成 LC 谐振电路.作为半桥输出的负载.当 LC 串联电路谐振时,即使用方波驱动,流过线圈的电流波形也是正弦波.加热线圈可作为平板形(加热甲底容器)或筒形(加热易拉罐).为减少由于集肤效应产生高频损失,加热线圈的材料用 120 根 $\phi 0.08\text{mm}$ 的细铜线绞合而成.线圈的尺寸见图 3.

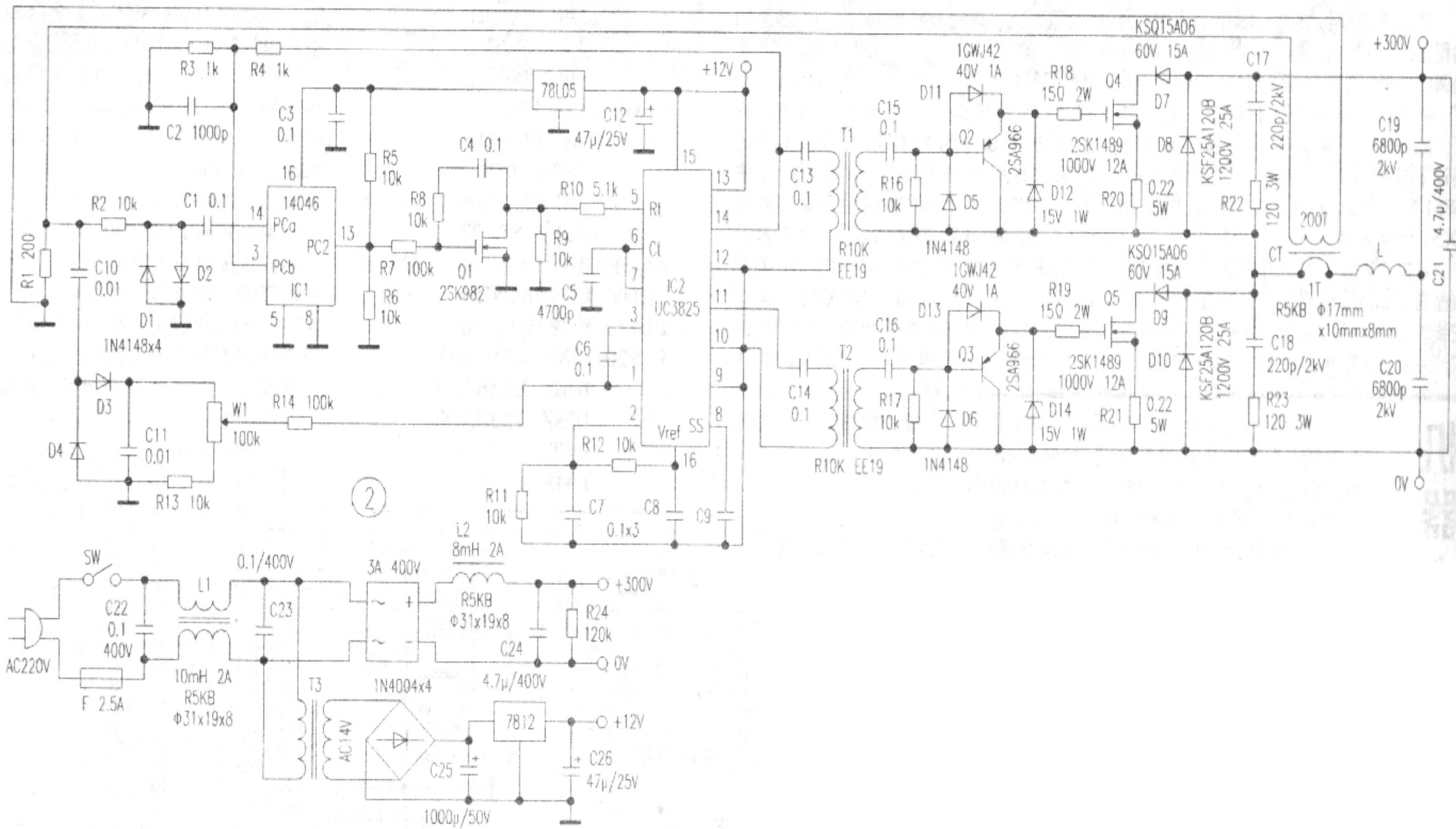
整机供电电路:功率输出电路由交流市电经桥式整流提供+300V 电源,用 7812 和 78L05 提供+12V 及+5V 给其余电路供电.+300V 电源在开机时会有大的冲击电流,因而滤波电容不能用电解电容,而要选薄膜电容器;C24 为 4.71 μF ,另在半桥输出的电源端子加 4.7 μF (C21),使滤波电容的总容最为 9.4 μF .为避免半桥输出电路产生的噪声串入交流供电线路,加入了电感 L2 作滤波器.

元件选用:D11、D13、D7、D9 采用肖特基二极管,D8、D10 采用超高速二极管;电感 L1、L2 及电流互感器 CT 均采用磁环绕制.

试用效果:由 W1 设定功率为 250W,此时交流电流约 1.2A.

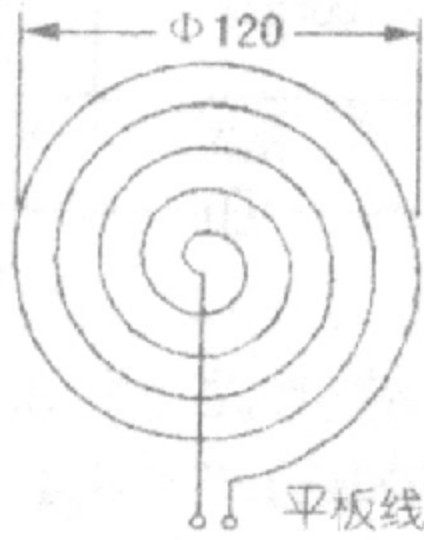
对盛水的平底铁制容器,用平板线圈加热到水温 80 $^{\circ}\text{C}$ 耗时 200 秒;当不盛水时,加热至 100 $^{\circ}\text{C}$ 仅用加 40 秒;当用筒形线圈加热盛满水的铁罐头盒时,加热至 80 $^{\circ}\text{C}$ 耗时 180 秒.



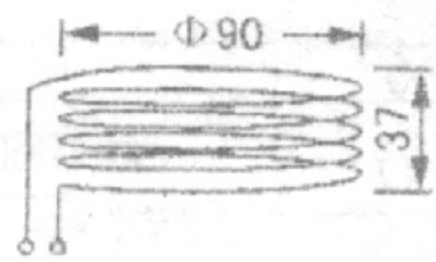


我在网上找到一份典型半桥电路图，我认为此图很经典，文章分析得也很精辟，对于初入此行的人来说，应是一份很好的资料，特推荐给大家，希望大家有所收获。但我认为这图正如文章所说，是用来做小功率高频感应加热器，如果要做大于 2KW 的半桥，简单地某些元件参数改进一下，是不能成功的。本人想和各路高手一起切磋切磋，如何用这张原理图做更大功率半桥感应加热器，欢迎加我 QQ: 79704555(酷毙男孩)，拒绝瞎聊人士。

此文章的版权归原作者所有，但对不起原作者，我不记得我是从哪一家网站上下载的了。如有哪一位找到，烦请告知一声，谢谢。



平板线圈27匝



筒形线圈20匝

单位：毫米

③