

电磁炉原理的探究

汪敏 刘文捷 芦维宁

摘要:

电磁炉在人们的生活中扮演着越来越重要的角色,本实验通过拆开一个电磁炉,利用我们所有的物理学知识,对其电路进行临摹,并对其具体的工作原理进行探究,明确其关键部件的构成及其作用,并给出电磁炉之所以优于传统灶具的物理解释。

关键词: 电磁炉 工作原理 IGBT 功率管

1、前言

从上世纪 80 年代开始我国生产电磁炉,经过约 30 年的发展,电磁炉走近千家万户,在人们生活中扮演着越来越重要的角色。

电磁炉是现代厨房革命的代表,它无需明火或传导式加热而让热直接在锅底产生,因此热效率得到了极大的提高。电磁炉是利用电磁感应加热原理制成的电气烹饪器具。由高频感应加热线圈(即励磁线圈)、高频电力转换装置、控制器及铁磁材料锅底炊具等部分组成。使用时,加热线圈中通入交变电流,线圈周围便产生一交变磁场,交变磁场的磁力线大部分通过金属锅体,在锅底中产生大量涡流,从而产生烹饪所需的热。在加热过程中没有明火,因此安全、卫生。

我们的实验目的就是利用我们所有的物理学知识,对其具体工作原理进行探究,明确其关键部件的作用,给出电磁炉之所以优于传统灶具的物理解释。

2、实验内容:

2.1 电磁炉的工作原理

电磁灶是一种利用电磁感应原理将电能转换为热能的厨房电器。当电磁炉通电后,通过电子线路板组成的部分产生交变磁场。当含铁质锅具底部接触炉面时,锅具即切割交变磁力线而在锅具底部金属部分产生交变的电流(即涡流)。涡流使锅具

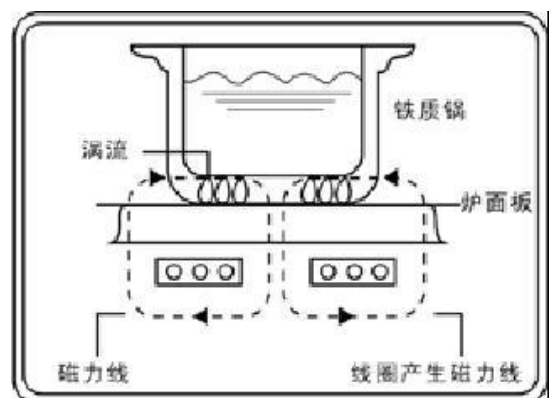


图 1 电磁炉工作原理图

铁原子高速无规则运动，原子互相碰撞、摩擦而产生热能，使得铁质锅自己发热，从而加热特质锅内的食物（如右图 1 所示）

并非只有铁磁性金属器皿可以利用交流磁场加热，但只有铁磁性金属器皿情况下能量转换效率足够高，所产生的热力、温度足以作煮食用。因为铁磁性金属器皿的磁导率较高，有较浅的趋肤深度，在交流下因为趋肤效应，可以让高频电流流过的横切面积减少，等效电阻较大，有利于依靠涡流加热。若用非铁磁性金属器皿的话效率会低至不足作煮食用途。

所谓“铁磁性金属”是指可以磁化的金属，简单来说就是可以被磁石所吸引的金属，主要的金属有铁、钴、镍。一般钢或铁制的器皿就可以。日常生活中，绝大部份的不锈钢也适用于电磁炉，传统的陶瓷瓦煲并不适用，有一些电磁炉专用的瓦煲，内藏铁磁性金属，使之可用于电磁炉。搪瓷器皿是由铁器皿外包搪瓷而成，因此可用于电磁炉。

2.2 电磁炉中的关键元件

2.2.1 IGBT 功率管

绝缘栅双极型晶体管，是由 BJT(双极型三极管)和 MOS(绝缘栅型场效应管)组成的复合全控型电压驱动式功率半导体器件，兼有 MOSFET 的高输入阻抗和 GTR 的低导通压降两方面的优点。GTR 饱和压降低，载流密度大，但驱动电流较大；MOSFET 驱动功率很小，开关速度快，但导通压降大，载流密度小。IGBT 综合了以上两种器件的优点，驱动功率小而饱和压降低。在电磁炉中担任整流桥堆，功率输出控制的作用。

IGBT 管在工作过程中会发热，应加散热片进行散热。IGBT 是高阻抗器件

2.2.2 扼流圈

利用线圈电抗与频率成正比关系，可扼制高频交流电流，让低频和直流通。在整流桥后级，主要起两个作用，一是将外界来的干扰挡住门外，二是将 IGBT、线盘工作时自产生的干扰关在门内，不让给跑出到市电上，从而影响其它电器工作。

2.2.3 电流互感器

电流互感器，是根据电磁感应原理工作，在电磁炉中起电流检测的作用，用

于整机的功率控制。

2.2.4 高频变压器

变压器是变换交流电压、电流和阻抗的器件，当初级线圈中通有交流电流时，铁芯（或磁芯）中便产生交流磁通，使次级线圈中感应出电压（或电流），它在电磁炉中是电源转换器件

1.2.5 快速反应二极管

二极管在正向电压作用下电阻很小，处于导通状态，相当于一只接通的开关；在反向电压作用下，电阻很大，处于截止状态，如同一只断开的开关。利用二极管的开关特性，可以组成各种逻辑电路。主要用于开关电源中，主要特性为工作频率高，开关导通速度快，一般反应速度越快的管，管的PN结压降越小。

2.2.6 主芯片

主芯片是电磁炉的重要组成部分，它用于电磁炉功能控制。

2.3 主芯片的电路图

实际电路图见附页，其中，可以按右图所示将其分为主回路、振荡电路、IGBT 激励电路、PWM 脉宽调制电路、同步电路、加热开关控制、VAC 检测电路、电流检测电路、VCE 检测电路、浪涌电压监测电路、过零检测、锅底温度监测电路、IGBT 温度监测电路、散热系统、报警电路、主电源、辅助电源、报警电路这 17 部分。以下，我们对其中最重要的几个部分进行重点讲解：

2.3.1 振荡电路

(1) 当 G 点有 V_i 输入时、V7 OFF 时 ($V_7=0V$), V5 等于 D12 与 D13 的顺向压降,

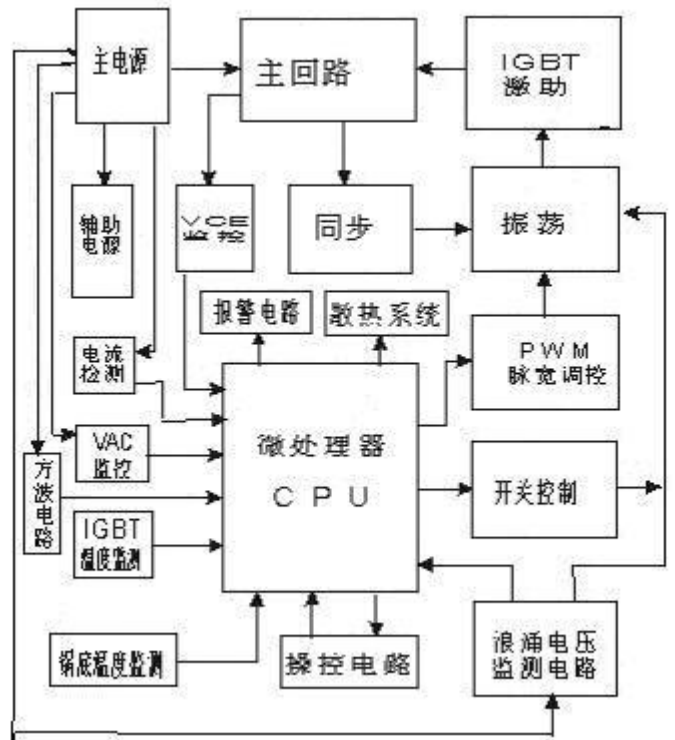


图 2 电磁炉的电路方框图

(2) 当 $V_6 > V_5$ 时, V7 转态为 OFF, V5 亦降至 D12 与 D13 的顺向压降, 而 V6 则由 C5 经 R54、D29 放电。

(3) V6 放电至小于 V5 时, 又重复(1) 形成振荡。

“G 点输入的电压越高, V7 处于 ON 的时间越长, 电磁炉的加热功率越大, 反之越小”。

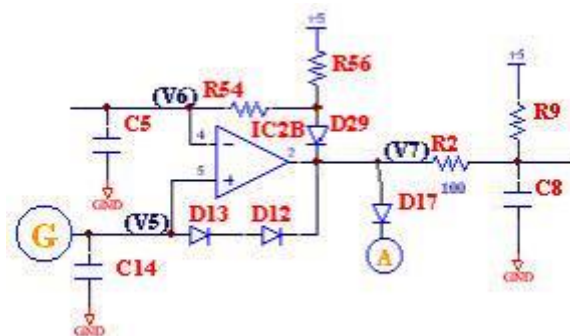


图 3 振荡电路图

2.3.2 IGBT 激励电路

振荡电路输出幅度约 4.1V 的脉冲信号, 此电压不能直接控制 IGBT(Q1) 的饱和和导通及截止, 所以必须通过激励电路将信号放大才行, 该电路工作过程如下:

(1) V8 OFF 时 ($V_8=0V$), $V_8 < V_9$, V10 为高, Q8 和 Q3

(2) V8 ON 时 ($V_8=4.1V$), $V_8 > V_9$, V10 为低, Q8 和 Q3 截止、Q9 和 Q10 导通, +22V 通过 R71、Q10 加至 Q1 的 G 极, Q1 导通。

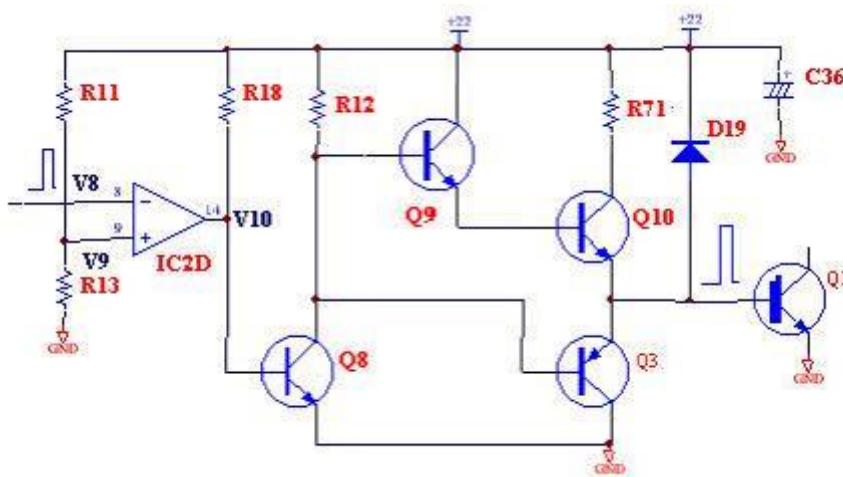


图 4 IGBT 激励电路图

2.3.3 PWM 脉宽调控电路

CPU 输出 PWM 脉冲到由 R6、C33、R16 组成的积分电路, PWM 脉冲宽度越宽,C33 的电压越高,C20 的电压也跟着升高,送到振荡电路(G 点)的控制电压随着 C20 的升高而升高,而 G 点输入的电压越高,V7 处于 ON 的时间越长,电磁炉的加热功率越大,反之越小。

“CPU 通过控制 PWM 脉冲的宽与窄,控制送至振荡电路 G 的加热功率控制电压,控制了 IGBT 导通时间的长短,结果控制了加热功率的大小”。

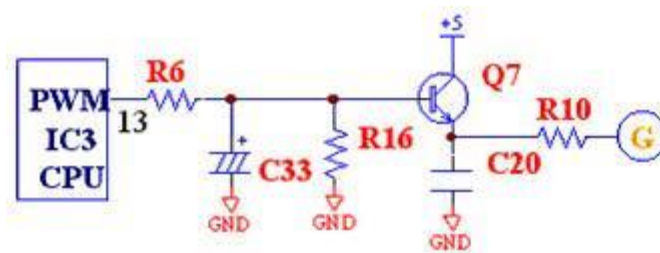


图 5 IGBT 激励电路

2.3.4 IGBT 温度监测电路

IGBT 产生的温度透过散热片传至紧贴其上的负温度系数热敏电阻 TH,该电阻阻值的变化间接反影了 IGBT 的温度变化(温度/阻值详见热敏电阻温度分度表),热敏电阻与 R59 分压点的电压变化其实反影了热敏电阻阻值的变化,即 IGBT 的温度变化,CPU 通过监测该电压的变化,作出相应的动作指令:

- (1) IGBT 结温高于 85°C 时,调整 PWM 的输出,令 IGBT 结温 $\leq 85^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) 当 IGBT 结温由于某原因(例如散热系统故障)而高于 95°C 时,加热立即停止,并报知信息(详见故障代码表)。
- (3) 当热敏电阻 TH 开路或短路时,发出不启动指令,并报知相关的信息(详见故障代码表)。
- (4) 关机时如 IGBT 温度 $> 50^{\circ}\text{C}$,CPU 发出风扇继续运转指令,直至温度 $< 50^{\circ}\text{C}$ (继续运转超过 4 分钟如温度仍 $> 50^{\circ}\text{C}$, 风扇停转;风扇延时运转期间,按 1 次关机键,可关闭风扇)。
- (5) 电磁炉刚启动时,当测得环境温度 $< 0^{\circ}\text{C}$,CPU 调用低温监测模式加热 1 分钟,1 分钟后再转用正常监测模式,防止电路零件因低温偏离标准值造成电路参数改变

而损坏电磁炉。

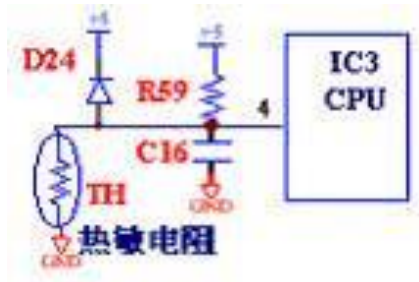


图 6 IGBT 温度监测电路

3、总结

电磁炉由于其自身的性质，它相对于传统炉灶有着很多的优点：首先它具有多功能性。由于它采用的是电磁感应原理加热，减少了热量传递的中间环节，因而其热效率可达 80%至 92%以上，以 1600w 功率的电磁炉为例，烧两升水，在夏天仅需 7 分钟，与煤气灶的火力相当。用它蒸、煮、炖、涮样样全行，即使炒菜也完全可以。其次，由于其采用电加热的方式，没有燃料残渍和废气污染。因而锅具、灶具非常清洁，使用多年仍可保持鲜亮如新，使用后用水一冲一擦即可。电磁炉本身也很好清理，没有烟熏火燎的现象。然后，电磁炉不会像煤气那样，易产生泄露，也不产生明火，不会成为事故的诱因。此外，它本身设有多重安全防护措施，包括炉体倾斜断电、超时断电、干烧报警、过流、过压、欠压保护、使用不当自动停机等等，即使有时汤汁外溢，也不存在煤气灶熄火跑气的危险，使用起来省心。尤其是炉子面板不发热，不存在烫伤的危险，令老人和儿童倍感放心，它的安全性明显优于其它炉具。最后，电磁炉本身仅几斤重，拿上它随便去哪都不成问题，只要有电源的地方它全能使用。电磁炉结构简单、维修方便，它设有多段火力选择，使用起来像燃气一样方便。它具有的定时功能十分便利。尤其是在炖、煮、烧热水的时候，人可以走开做其他的事情，即省心又省时。

正是由于电磁炉有这么多的优点，使得它在我们的生活中扮演着越来越重要的角色。