单片机 80C196KC 在固态超音频设备中的应用

株洲整流器厂 （湖南 412003） 彭喜艳
株洲南方感应加热设备有限责任公司 （湖南 412003） 刘仕会 刘发清

电子管振荡器在感应加热上应用已有 60 多年的历史。根据其输出频率范围不同，可分为高频、超音频，其中超音频的频率范围为 10～50kHz，它广泛用于熔炼、焊接、透热等感应加热领域。虽然电子管的应用技术较为成熟，但它具有体积庞大、耗电量大、用水量大、电压高、效率低等缺陷。随着全控型电力电子元件的出现和性能的提高，为其在中高频设备上的应用开辟了广阔的前景。在逆变控制技术方面，使用单片机可使整机的硬件构造简单、性能可靠、操作方便。与电子管设备相比较，整机具有体积小、能耗低、功效和功率因数高、低压安全等优点。本文论述使用绝缘栅双极型晶体管 IGBT 作为逆变核心元件，利用单片机 80C196KC 在超音频设备上实现信号控制和频率跟踪。

1. 工作原理

在无源逆变中，按逆变主电路元件换流方式不同可分为硬开关换流、负载换流、谐振换流。其中谐振式逆变是一种新型的变换装置，它综合了负载换相逆变器和硬开关逆变器工作特点，利用全控开关器件关断可控的性能，在流过开关器件的电流或施加于开关两端电压振荡过零时进行换流，器件的开关损耗很小，大大减少了装置中无功元件及缓冲电路元件的功率和体积，克服了硬开关逆变器因开关损耗造成的元件频率、装置效率的限制及功率因数不高的问题。因此，近年来在中高频电源装置中取得广泛的运用。图 1 表示串联谐振式逆变的主电路结构。

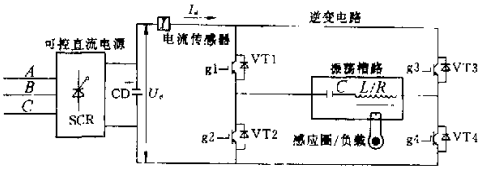

图 1 LC 串联谐振式 IGBT 逆变主电路

在图 1 中，整个电路分为可控直流电源、逆变开关电路、振荡槽路三部分。谐振逆变在振荡槽路元件参数确定后，输出电压、电流及功率均取决于逆变器工作频率和负载参数。振荡槽路电感 L（变

表 3 破坏性锯切试验

材料	直径/mm	硬度/HRC	普通锯条锯切根数	渗硼锯条锯切根数
45 钢	20	48～52	2.5	6
奥贝球铁	22	43～48	0.5	3

分析：在高温下，工件预涂硼砂在渗硼过程中产生如下反应：

$$Na_2B_4O_7 = Na_2O + B_2O_3$$

$$B_2O_3 + SiC = CO + SiO_2 + 2[B]$$

$$2B_2O_3 + 4B_4C = 3CO_2 + 16[B]$$

$$Na_2B_4O_7 + 6B_4C = 28[B] + 6CO + Na_2O$$

活性硼带正电荷，在电场的作用下向阴极迁移，在锯齿表面与铁发生反应，生产 FeB 和 Fe_2B，在温度场的作用下不断向内部扩散，从而获得一定厚度的渗层。外加电场使单位时间内活性硼向工件表面迁移的数量增多，速度加快，从而提高了渗硼速度。

3. 结语

利用外加电场局部渗硼强化工艺可以在短时间里在普通手用锯条的锯齿上生成一层硼化铁，硼化铁具有高的硬度和好的耐磨性，锯身是粒状珠光体，有好的塑性，高硬度的锯齿和好的塑性锯身的结合保证了锯条的优良品质。

（20030508）

压器）、电容 C 的参数决定了其固有谐振频率 $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$。为达到谐振的目的，必须使逆变开关电路中逆变元件 IGBT 的导通频率 f 与 f_0 相一致。但是负载（特别是铁磁物质）在加热过程中，其温度的变化（特别是在居里点）会引起振荡槽路中电感 L 的电感量变化，从而引起振荡槽路固有谐振频率 f_0 的改变。如上所述，为满足谐振条件，使设备总保持最高效率和最高功率因数，就必须使 IGBT 的逆变导通频率 f 去跟随 f_0 的改变，这就是所谓的频率跟踪。而手动方式改变触发频率 f 将无法满足固有谐振频率 f_0 变化速度和精度的要求。为此，我们采用了单片机技术来实现频率的跟踪。

2. 实际应用

使用单片机 80C196KC 进行频率跟踪的主要原理是：在图 2 中，只要逆变元件 IGBT 的导通频率 f 与 f_0 相一致时，振荡槽路中感抗（$X_L = \omega_0 L$）与容抗（$X_C = 1/\omega_0 C$）相等，电抗（$X\omega_0 = \omega_0 L - 1/\omega_0 C$）为零，复阻抗 $Z = R + j(\omega_0 L - 1/\omega_0 C) = R$，电路此时的工作状况称为谐振，流过电流传感器的直流电流（$I_d = U_d/R$）为最大。根据上述原理，也就是说只要改变导通频率 f，保持直流侧有最大电流，就能保证电路总处于谐振状态。图 2 表示以直流侧电流 I_d 为控制目标的闭环系统图。脉冲宽度调制器（PWM）SG3525 是一种常用于开关电源的集成电路，具有振荡频率可调、脉冲宽度可调、脉冲禁止等功能。其振荡频率为 $f = 1/C_T(0.7R_T + 3R_D)$，数字电位器 X9312WP 是一种通过改变输入电压而改变输出电阻的集成电路。

在图 2 中电流传感器 I（1000:1）的感应输出电流输入到以 80C196KC、74LS373、27C64 组成的单片机系统中，经单片机系统运行输出并保存传感器（I）的直流电流最大时对应的一个 0～5V 的直流电压信号至数字电位器 X9312WP，数字电位器有 256 抽头，可输出的阻值范围为 0～100kΩ。

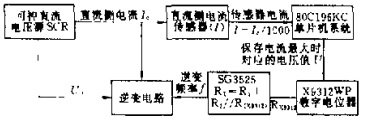

图 2　频率跟踪原理功能方框图

数字电位器 X9312WP 的输出阻值的改变引起 R_T 阻值的变化（具体连接见图 3），R_T 的改变从而促使脉冲宽度调制器（PWM）SG3525 的输出频率发生变化，逆变频率 f 不断改变并以此来保持最大电流，即保持电路总处在谐振状态。图 4 表示单片机系统的编程流程图。在实际使用过程中，负载温度升高时，其阻值和电感量折算至原边总是变小的，振荡槽路固有谐振频率 f_0 是升高的，一般用一个电阻与 X9312WP 并联，然后与另一电阻串联来达到逆变频率升高和限制最高频率的要求。

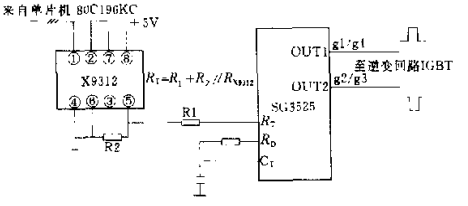

图 3　SG3525 与 X9312 之间的部分连线图

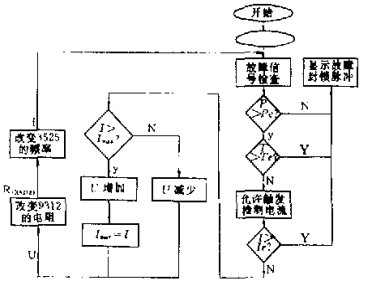

图 4　单片机 80C196KC 控制频率跟踪及信号检测程序流程图

3. 结语

在固态超音频设备中，利用单片机 80C196KC 可实现频率跟踪和信号控制，使控制电路简单可靠，整机的效率高，大大降低能耗和冷却水用量。株洲南方感应加热设备有限责任公司从 1999 年开始研发以 IGBT 为逆变元件（功率为 15～60kW，频率在 10～25kHz，油水两级冷却）的超音频感应加热设备。它具有体积少、操作方便、连续工作、故障率低等特点，已广泛用于钎具、刀具焊接、金属熔炼及非金属加热等领域。

（20030818）