

大功率输出级,在最佳工作状态时,负载是处于纯阻状态,由于工作条件变化,一旦由于某种因素使功率输出级处于失谐状态,输出功率减小。若这时激励级的输出功率不能及时地减小,必然导致过激励。如上所述,由于存储时间增加必然导致D类功率放大器的“直通”现象,损坏功率晶体管。

如图5所示,功率输出级是一个桥式D类功率放大器。在功率级电路处于正常工作时,桥式电路的两个臂轮流工作,若在第一个半周期晶体管 Q_1 、 Q_2 导通,则 Q_3 、 Q_4 截止,反之亦然。即是说,在桥的两个臂 Q_1 、 Q_4 和 Q_3 、 Q_2 中不会同时出现较大的电流,一旦两个臂同时出现较大电流,意味着有直通现象出现,电流越大直通现象越严重。图中两个桥臂中的串联电阻是直通电流采样电阻。正常工作时,在两个电阻上轮流出现较大的脉冲电压,当两个电阻上同时出现脉冲电压时,表示桥式功率级出现了“直通”现象。图中集成电路IC1和IC2是两个比例限幅器,其限幅特性如图6所示,设置阈值电压 V_{th} 的目的是排除静态功率晶体管漏电流的影响。超过阈值电压之后,采样电阻上的采样电压随直通电流的增加而线性增加。乘法器IC3的输出与两个桥臂的采样电压乘积成比例,在没有出现直通现象时,IC3的输出为零,一旦出现直通现象时,IC3的输出随直通电流的增加,其输出也成比例地增加,此时IC3的输出使脉

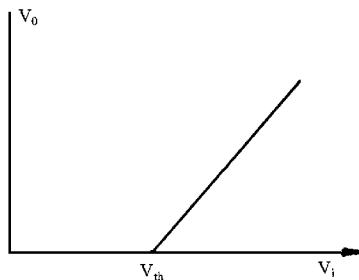


图6 IC1、IC2的限幅特性

宽调制级的输出脉冲宽度减小。由于激励级脉宽减小,消除了由于输出功率减小造成的过激励,防止了直通现象进一步恶化。

此外,在电路中还设置了过载保护再启动装置,一旦直通电流超过一个极限值之后,永久性过载保护电路起动,使激励脉冲的宽度减小到零,并显示过载,处于永远保护状态,待一切修复之后,按过载复位即可重新启动。

参考文献

- 1 谢元清编著. 模拟集成电路应用. 人民邮电出版社, 1984: 199 ~ 202
- 2 J. H. Kuno. Rise and fall time calculation of junction transistors. IEEE Transaction on electron devices, ED- 11. 1964, Apr 151 ~ 155
- 3 Walter .J. Chudobiak. Frequency and power limitations of class-D transistor amplifiers. IEEE. Journal of Solid-State Circuits, Sc-4, 1969; Feb. (25 ~ 37)

C2 用于声化学研究的大功率超声系统的研制*

何北星 方启平 颜忠余 林仲茂

(中国科学院声学研究所 北京·100080)

根据声化学反应的特殊要求,我们研制了用于声化学研究的大功率超声系统,由参数可调节的超声发生器配合不同频率的换能器工作,并用它组合成杯式变幅杆结构声化学反应器。解决了有关声化学设备的一些技术问题,为声化学技术从实验室规模向工业应用过渡做了必要的准备。

关键词: 声化学, 大功率超声系统, 声化学反应器

* 本工作得到国家自然科学基金资助

Design and development of high-power ultrasonic system used for sonochemical research

HE Beixing FANG Qiping YAN Zhongyu LIN Zhongmao
(Institute of Acoustics, Academia sinica, Beijing 100080)

In order to adapt to sonochemical reactions, a high-power ultrasonic system used for sonochemical research is developed. It consists of a electric power generator with adjustable parameters and various frequency transducers. On the basis of this, a cup-horn sonochemical reactor is produced. Some technical problems about sonochemical equipment are solved. The necessary preparation for sonochemistry transforming from laboratory scale into industrial applications is made.

Key words: sonochemistry, high-power ultrasonic system, sonochemical reactor

1 引言

声化学是指利用超声波加速化学反应,提高化学产率的一门新兴交叉学科。^[1,2,3]

用于声化学实验的声化学反应器是进行声化学研究的重要工具,它由产生超声波的超声系统和反应容器构成。由于声化学反应的特殊性,因此对超声系统提出了更高的技术要求,主要有如下几方面:

(1) 为使空化强烈,反应液中必须能够达到足够的声强。所以要求超声系统能够发出足够高声强的超声波。用于该系统的发生器及换能器均应能输出足够大的功率,并能够连续长时间工作。

(2) 在研究声参数对化学反应的影响时,需要改变不同的声参数(频率、声强等)。这就要求超声发生器能够与各种不同频率(频率范围为 10kHz ~ 100kHz)的换能器配合工作,并且能够实现频率自动跟踪,输出功率连续可调。

(3) 不能对反应液体产生污染。

(4) 声化学反应器应能够控制反应温度。

目前在声化学研究中,大多是采用现成的超声设备组成声化学反应器,其中超声清洗机式反应器和变幅杆浸入式反应器最为常见,此外还有杯式变幅杆结构反应器。超声清洗机反应器是将反应容器直接放入清洗槽中,超声波穿过反应容器底壁而在反应液中发生空化。为此,要求超声波有足够大的强度,才能确保超声波在受到底壁衰减之后仍能在反应液中达到足够的空化强度。但一般清洗机的声强都较低,不能满足要求。此外,清洗槽内的温度难以

控制,声变幅杆浸入式反应器,是由超声换能器驱动变幅杆,将其发射端直接浸入反应液中辐射超声波。这种方式可在反应液中获得足够的声强,但探头表面受空化腐蚀会污染反应液体,反应温度也难以控制。杯式变幅杆反应器是上述两种系统的复合。反应器的上部为温度可控的小水槽,变幅杆置于水槽下部,向上辐射超声波。反应容器置于变幅杆上方,超声波透过反应容器底壁作用于反应液,变幅杆不会对反应液产生污染。这种结构有效地克服了上述两种反应器的缺点,是一种用于声化学实验的较好的系统。然而,由于水槽的容积有限,反应容器的尺寸将受到限制。可见由现成的超声设备组成的声化学反应器都各有优缺点,因而限制了他们的使用范围。

根据以上分析,我们设计了一种适应于声化学研究的特点和要求,可在 10kHz ~ 100kHz 频率范围内工作的大功率超声系统,并用它组成杯式变幅杆声化学反应器,基本上满足实验室中进行声化学研究的需要。下面我们将详细介绍。

2 超声振动系统的设计

在进行声化学研究实验时,往往要求超声系统在高声强条件下长时间连续工作。因此除选用较好的大功率元件外,还需要优化设计以提高超声系统的效率。我们利用夹心式换能器的优化设计法^[4]设计了在液体负载条件下高效率工作的换能器。

由于超声换能器在进行电-机转换时总要损耗一部分功率而产生热量。而且超声波在传播过程中也会因在材料中的损耗而产生一部分热量。当超声

系统在大功率长时间工作时,这两种热量的积累是可观的,因而会导致换能器严重发热。另外,如果声化学反应是在高温中进行,热量又会通过变幅杆向换能器传递,致使换能器的温升加剧。这是不希望发生的,因为换能器在高温下工作会使它的各项参数发生变化,导致与发生器匹配劣化,使换能器系统效率降低,工作不稳定,严重时甚至会损坏换能器或发生器的功放。为抑制换能器的温升,我们采取对换能器进行密封水冷的措施,从而消除了换能器自身发热及热溶液的影响,提高了振动系统的工作稳定性,使之适应于长时间连续工作。经我们试验证明效果良好。

3 大功率参数可调节超声发生器的研制

如前述,在声化学研究中,需要研究声参数对化学反应的影响,所以声化学反应器需配合不同参数的超声振动系统工作。这就要求超声发生器的输出参数可以调节,即同一台发生器在与不同的换能器配合时,不但能输出足够的电功率,而更重要的是应能对换能器的机械谐振频率进行自动跟踪。我们在设计发生器时,采用了锁相原理来实现频率自动跟踪。考虑到同一台发生器需配合不同的换能器工作,为实现这一目标,我们采取了以下几项技术措施:

(1) 调谐:通过对压电换能器等效电路的分析可知,压电换能器在机械谐振时,由于静态电容的影响,其等效电路具有容性,输入电阻抗相角不为零。这不仅造成功率传输中无功功率增大,而更重要的是不利于用锁相原理实现频率自动跟踪。如果外加一个适当的电感与压电换能器串联,电感将与压电换能器的容性部分发生谐振。这时输入电阻抗相角趋近于零。并且满足:激励信号的频率低于换能器的机械谐振频率时,电流的相位超前于电压;当激励信号的频率高于换能器的机械谐振频率时,电流滞后于电压。这种相位关系完全适合于利用锁相原理进行频率自动跟踪。对于不同的压电换能器,由于各自的静态电容及工作频率均不相同,需要匹配不同的电感,方能满足上述谐振的条件。所以我们将电感设计为可调式,分为粗调与细调,并使二者组合的电感量基本上都能够与 10kHz ~ 100kHz 频率范围内的各种换能器调谐。

(2) 变阻:由于每个换能器的有功电阻不同,欲使不同的换能器均能从功放获取足够的电功率,要求功放的输出阻抗也应能调节。为此,我们将输出变

压器的次级多点抽头,做成具有多种变比的形式,从而做到不同的阻抗输出。

(3) 分频:由于一般换能器系统都具有多个机械谐振点,所以当锁相电路在宽频带下工作时,发生器有可能误工作在换能器的非主谐振点上,这种现象应避免发生。采用限制锁相电路工作频带的方法可以避免这一现象。为此,我们采用分频的方法,将 10kHz ~ 100kHz 的频率范围分为 10kHz ~ 18kHz, 18kHz ~ 32kHz, 32kHz ~ 58kHz, 58kHz ~ 100kHz 4 段。这样既实现了锁相电路在相对较窄的频率范围内工作的要求,又满足了发生器在 10kHz ~ 100kHz 频率范围内工作的需要。

(4) 扩大功放的容量:由于发生器既要有较高的功率输出,又要能够克服在使用过程中由于“变阻”,“调谐”等调节不当而造成的过载。所以我们采用多支功率管并联的方法,加大功率级的容量。并设计了多种保护电路来提高功放的安全系数。使功放能够安全稳定地向负载提供 0 ~ 400W 的电功率。

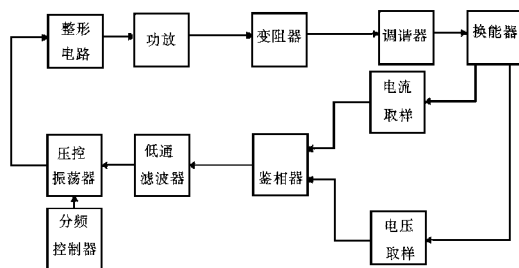


图 1 大功率参数可调超声发生器

我们通过以上的分析研究后设计的大功率参数可调节超声发生器的基本工作原理框图如图 1 所示。该发生器由于设置了调谐器、变阻器及分频控制器等功能电路,从而解决了用同一台发生器匹配不同换能器工作的技术问题。

4 杯式变幅杆声化学反应器的设计

有了可靠的超声振动系统和超声发生器,就为声化学反应器的成功设计创造了有利条件。我们所设计的杯式变幅杆声化学反应器的示意图见图 2。设计时将水槽的直径适当加大,这样便于容纳较大尺寸的反应容器。

由于我们研制的超声振动系统能够辐射足够高的声强,所以超声波在穿过反应容器底部并受到衰减之后,仍能在反应液中产生足够的空化强度。此

外,由于对换能器采取了冷却措施,所以这一反应器也能进行高温下的声化学反应。该系统已作为专用设备用于声化学实验,取得了满意的效果。

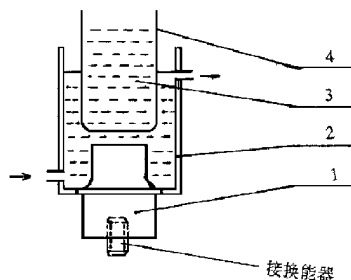


图2 杯式变幅杆声化学反应器示意图

5 结束语

通过对声化学研究的调研分析以及根据声化学

反应器的一些特殊要求,我们研制了用于声化学研究的大功率超声系统,解决了有关声化学设备的一些技术问题,为声化学研究工作的开展提供了必要的实验手段,也为声化学从实验室规模走向工业应用做了必要的准备。

参考文献

1 Mason, T. J., Practical sonochemistry, a user's guide to applications and chemical engineering. Ellis Horwood, Chichester, 1991.

2 Mason, T. J. and Lorimer, J. P., Sonochemistry, theory, applications and uses of ultrasound in chemistry. Ellis Horwood, Chichester, 1988.

3 林仲茂. 应用声学, 1993; 12(1): 1~5

4 颜忠余. 林仲茂. 声学学报, 1995; 20(1): 18~25

C3 场效应管型超声波清洗机研制中的若干问题

田修波 杨士勤 董震 王小峰

(哈尔滨工业大学现代焊接国家重点实验室 哈尔滨·150001)

1 引言

在各种化学的、物理的以及机械的清洗方法中,超声波清洗是最理想、最有效的一种,尤其对于深孔、盲孔、狭缝中的污物,以及形状复杂的部件清洗效果更为明显^[1]。但由于清洗工艺的特殊要求,对电路、声学系统、清洗槽等也提出了相应的要求

超声波焊机和清洗机都属于大功率超声应用,由于其工作对象不同,在设计考虑上就应有所侧重,本文将我们在清洗机制作中遇到的问题提出来,以和大家交流。

超声波清洗机由如下几部分组成:超声波发生器、超声换能器、超声清洗槽(包括机身)及控制电路,现就这几方面分别叙述如下。

2 清洗槽

超声清洗的有效性与声场参数有关,因而清洗槽的结构、尺寸的确定就显得特别重要。

(1) 体积 清洗槽体积的大小决定于被清洗物品的大小以及声功率的大小。

(2) 结构 关于其结构的设计主要考虑槽壁和槽底的厚度(重量),如果选择不合适,会引起不必要

的振动,从而影响清洗效果,本文所述的清洗槽采用的是成型产品替代,槽壁厚仅为 0.5mm,当功率增加为 500W 时,槽侧壁可以发现较强的振动,且有较强的雾化产生,从而使槽内声场变化,清洗效果变弱。此时槽内液面上可见清晰的垂直于侧壁的水波纹。为消除这种现象,本文在槽壁四周加上四块合适的钢板,结果当功率超过 1000W 时也未发现这种异常的振动。槽底处理也要合适,因为整个槽底的刚度对声场分布有影响。就用清洗槽控制声场而言,文献[2]提出采用斜底槽取得了较好的效果。

3 换能器

换能器是清洗机中较为关键的部件,它的好坏直接影响清洗的效果。

(1) 设计 清洗用换能器前盖板采用喇叭状,用于与水负载的匹配,从设计要求看,清洗用换能器要具有宽的频带。

(2) 散热 一般清洗要连续工作,所用的换能器发热问题则较为严重,当在大功率下工作时必须采用强制风冷。

(3) 相互位置 对于功率较大的清洗机一般需