B2　功率超声振动系统的电声效率测量

张德俊　程建政

(中国科学院武汉物理所　武汉 · 430071)

本文用导纳圆图法和谐振导纳计算法, 分别对用于超声清洗和塑料焊接的两个振动系统的电声效率进行了测量。结果表明在小信号和功率输出下, 其电声效率基本相等。测量误差不超过±15%。为通过电声效率和电功率测量, 确定功率超声振动系统的输出声功率提供了可能途径。

关键词: 超声振动系统　电声效率　输出声功率

Measurement of electro-acoustical efficiency for power ultrasonic vibration system

ZHANG Dejun　CHENG Jianzheng

(Wuhan Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan · 430071)

The electro-acoustical efficiency of two ultrasonic vibration sysytems used for cleaning and welding are measured by using admittance circle diagram and resonance admittance calculation method in the paper. The results show that in the both cases of small-signal and power-output the measured values of electroacoustical efficiency are approximately equal. The accuracy of the measurement is ±15%. This research provided a possibility to calculate output acoustic power from the measured values of electro-acoustical efficiency and electrical power.

Key words:　ultrasonic vibration system, electro-acoustical efficiency, output acoustical power

1　引　言

随着功率超声在各种工业(焊接、清洗、加工等)、医学(治疗、美容等)方面日益广泛的应用, 对其所用振动系统的性能评价及质量监测也愈加显得重要, 特别是在大功率下的输出声功率, 更是多年来未很好解决的问题。最近在国际电工委员会 IEC TC/SC87 的一项新的工作项目建议书 "超声-外科系统-输出特性的测量与公布"中提出采用声压法及量热法, 其不确定度为±20%, 且设备复杂、操作不便。然而, 众所周知, 超声电源的电功率可以准确测定。不久前, 顺德市大良镇长兴电子厂已将电功率测量申报为超声清洗机的广东省企业标准。由此推想, 只要测出振动系统的电声效率, 便可算出其声功率。为探讨这一途径的可行性, 本文分别对用于超声塑焊和清洗的两个实际振动系统, 在小信号和大功率下的电声效率进行的测量, 通过对实验结果的初步分析, 提出基于这一方法制定功率超声设备测试标准的可能性。

2　测量原理与方法

2.1　用于小信号测量的导纳圆图法

用阻抗分析仪(4192ALE 型, HP 公司)或其它形式的导纳电桥, 分别测出振动系统空载(空气中)和在水中的导纳圆图, 按下式计算其电声效率

$$_{ea}= \frac{D_w(D_a- D_w)}{G_0 D_a} \qquad (1)$$

式中 D_a 为空载时导纳圆的直径; D_w 为水负载时导纳圆的直径; G_0 为水负载时谐振频率下的电导。

2.2　用于大功率测量的谐振导纳计算法

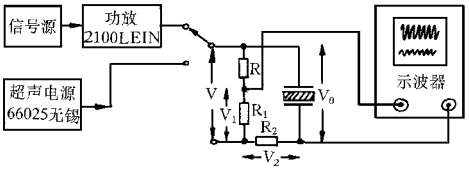
实际上, 这是导纳圆法的一个近似简便测法。即不必测出完整的导纳圆图, 只利用电压采样电阻 R_1 和电流采样电阻 R_2, 分别测出其上相应的电压 V_1 和 V_2, 通过简单的电路运算, 即可得出施加于换能器的电压 V_0 及流经换能器的电流 I_0。由此, 分别算出空气与水中, 振动系统在谐振频率下的导纳值 Y_a 和 Y_w。另外, 考虑到一般振动系统在谐振频率下, 电纳(相当于导纳圆图中 j　C_0)很小, 故可近似认为此时

电压与电流同相, 另外, 反映介质损耗的电导(相当于导纳圆图中的 $1/R_0$) 也往往甚小, 故可近似取 $D_w = G_0$, 由此, (1) 式反映的电声效率便简化为

$$_{ea} \approx \frac{D_a - D_w}{D_a} \approx \frac{Y_a - Y_w}{Y_a} \qquad (2)$$

式中, $Y_a = I_{0a}/V_{0a}$; $Y_w = I_{0w}/V_{0w}$;

$I_0 = V_2/R_2$; $V_0 = (1 + R/R_1)V_1 - V_2$。实验系统如图 1 所示:



(实验中, 取 R= 1M , R_1= 10k , R_2= 1)

图 1 大功率下谐振导纳值计算法测电声效率框图

3 实验结果

(1) 对由 4 晶片夹心换能器-耦合杆-变幅杆组成的超声塑焊振动系统及 250W 超声清洗机换能器水槽测得的导纳圆图分别示于图 2 及图 3。按(1)计算, 其小信号下的电声效率, 前者为 77.6%; 后者为 79.7%。

(2) 按图 1 实验布置, 并由式(2)近似计算, 得到大功率下, 超声塑焊振动系统的电声效率为 87.2% (信号源驱动) 和 79.3% (超声电源驱动), 清洗换能器水槽的电声效率为 79.3% (信号源驱动)。

4 初步分析与结论

(1) 不论对小信号或大功率测量, 水负载必须避免驻波的影响, 否则电声效率将随负载情况不同而变化, 难于保证测量结果的稳定性及重复性。在我们的实验中, 水容器周围均加有吸声橡皮尖劈, 效果良好。

(2) 大功率测试, 电源的输出波形应基本保持正弦波。过大的畸变将增加测量误差, 特别对一般成品设备测试时, 更应注意这一点。

(3) 图 1 所示的实验系统中, 无论是由测试仪器组成的功率源, 还是超声清洗机所用超声电源, 测量时均使振动系统处于大功率状态, 即在空气中振幅有明显手感, 在水中能产生强烈空化。但测试时间很短, 故设备的温升可不考虑。

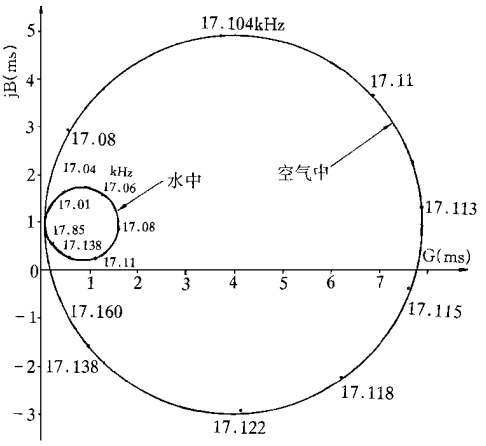


图 2 超声塑焊振动系统的导纳圆图

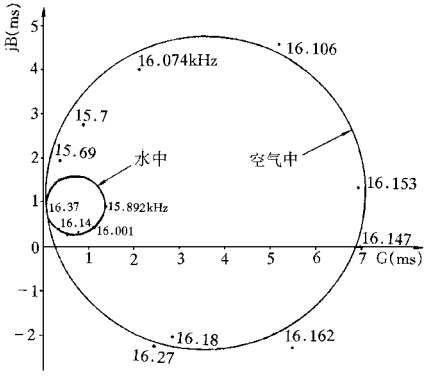


图 3 超声清洗机换能器水槽的导纳圆图

(4) 本初步实验表明, 超声振动系统的电声效率在小信号与大功率下测试结果相似。大功率下的电声效率略高于小信号下数值, 估计是近似假设的影响, 因一般情况下, $D_w/G_0 < 1$。总的来看, 测量误差不超过±15%。据此可以认为, 采用本方法通过对小信号和大功率下电声效率的测量, 包括在更大功率下, 建立它们之间可能出现的非线性及其修正, 可以为通过电声效率和电功率的测量, 确定超声振动系统的输出声功率提供一个可供选择的途径。