

功率超声换能器电声效率测试装置的研究

阎久春 杨 金 杨士勤

(哈尔滨工业大学 哈尔滨 · 150001)

本文以单片机为测试工具,研制了一台测量功率超声换能器电声效率的测试装置。采用本装置可以通过对电声匹配电路电学参数的测量,方便、迅速地测出功率超声换能器在实际工作状态下的电声效率。

Development of testing device for electroacoustical efficiency of power ultrasonic transducer

YAN Jiuchun YANG Jin YANG Shiqin

(Harbin Institute of Technology · 150001)

A testing device for electroacoustical efficiency of power ultrasonic transducer is developed by using a chip microprocessor as testing tool. With measuring electronic parameters in electroacoustical coupling circuit, the electroacoustical efficiency of power ultrasonic transducer under the working condition can be worked out quickly by using this device.

1 引言

电声效率是衡量功率超声换能器的设计和制作是否合理的一个重要参数。以往的测量方法多是在小信号下进行的,通过对阻抗圆、导纳圆或功率曲线等的测量,并且经过计算才能获得结果^[1],这样不仅过程繁琐,而且,换能器在这种状态下与其在实际工作状态下的使用条件相差甚远,结果偏差大。近期有人曾经采用量热法、两个相近换能器在大功率状态下发射接收法等对负载条件下的功率超声换能器的效率进行测试^[2,3],虽然测量精度比小信号测量有所提高,但是,由于测量装置复杂、过程繁琐,其测量的速度和精度都受到一定的限制,使用很不方便。

本文设计的测试装置利用了 Hickman 等^[4]的电测方法,采用单片机首先对换能器在实际工作状态下输入电功率、频率、电流和

电压有效值及其相位差等电能参数进行测量,进而由单片机直接计算并显示测量结果,使得测量过程简单、快捷。

2 测量原理

实际工作状态下,超声换能器的电声效率由输入有用电功率和其辐射声功率决定:

$$= P_s / P_r \quad (1)$$

式中 P_s 为辐射声功率, P_r 为输入有用电功率。

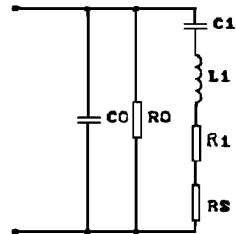


图1 换能器等效电路

由换能器等效电路图1以及换能器的结构和工作特性分析知,输入到换能器中的有

用电功率是:

$$P_r = P_i + P_j + P_s \quad (2)$$

P_i 是换能器介电损耗功率, P_j 是换能器机械损耗功率, 介电损耗功率可由下式求得⁽⁵⁾:

$$P_i = C_d V^2 t_g \quad (3)$$

为角频率, C_d 为静态电容, V 为换能器两端电压, t_g 为介质的介电损耗。式中 C_d 可通过阻抗分析仪测出, 再测出换能器两端电压即可计算出换能器的介电损耗功率 P_i 值。

在空载状态下, 式(2)中 $P_s = 0$, 则:

$$P_{ro} = P_{io} + P_{jo} \quad (5)$$

式中 P_{ro} P_{io} P_{jo} 分别为 P_r P_i P_j 在空载状态下的值。在实际工作状态下式(2)变成:

$$P_{rn} = P_{in} + P_{jn} + P_{sn} \quad (6)$$

式中 P_{rn} P_{in} P_{jn} P_{sn} 分别为 P_r P_i P_j P_s 在实际工作状态下的值。

若换能器在空载和实际工作状态下振幅输出相同, 根据 Hickman 的测量理论即有⁽⁴⁾:

$$P_{jo} = P_{jn} \quad (7)$$

由式(4) (5) (6) 知, 换能器在某实际工作状态下的辐射声功率:

$$P_{sn} = (P_{rn} - P_{ro}) - (P_{in} - P_{io}) \quad (8)$$

由以上推导可知, 只要在保证换能器输出振幅在空载和工作状态下一致的前提下, 测量出换能器两端电压有效值、流过电流有效值、电流电压相位差、频率, 即可利用单片机计算出输入换能器的有用电功率和其辐射声功率, 进而得到换能器的电声效率。

3 测试装置

3.1 信号采集

本测试装置是通过霍尔元件采集换能器两端电压信号和流过的电流信号, 经过信号处理, 输出 5 路反映功率、电压与电流的有效值和相位差、频率的直流信号, 图 2 为其原理框图, 装置中选用的电压霍尔元件为 LV 400 型, 额定电压为 1000V, 电流霍尔元件为 LA25-NP 型, 可测量 25A 的电流值。

由电流、电压霍尔元件输出的交流电流、电压信号分别经过单运放(过零比较器)输出方波, 再经施密特触发器稳定, 稳定的电流、电压方波信号作为异或门的鉴相输入信号, 异或门的输出脉冲波形经滤波后, 即得到与电流电压相位差成比例的直流信号。

电流、电压霍尔元件输出的交流电流、电压信号经全波整流后的平均值, 再经数据处理后, 即输出反映电流、电压有效值的信号。

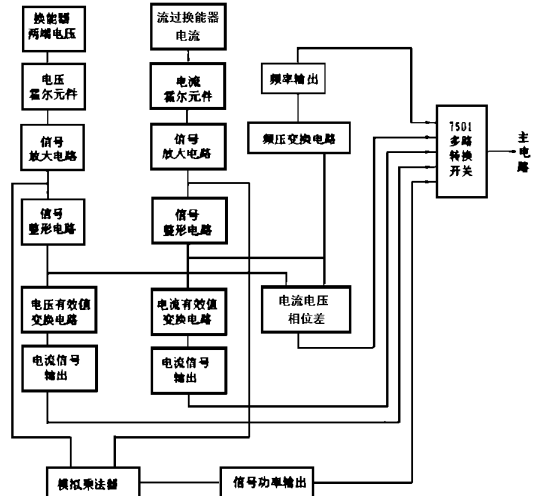


图 2 信号采集电路原理框图

3.2 测试电路

采集电路输出的 5 路直流信号, 经过多路转换选通, 再经模数转换器送入单片机中进行数据处理, 处理后的数据通过主电路的显示电路显示出来。

图 3 为测试电路图, 采集电路输出的 5 路直流信号经过多路转换开关切换, 输入到模数转换器中, 模数转换器输出的数字量送入单片机 8051 的 P₀ 口, 处理后的数据送入外部 RAM 中储存。多路转换开关采用 8 选 1 多路模拟开关 AD7501, 它具有较高的切换速度。模数转换器采用 AD1674, 它是 12 位的逐次逼近型的快速 A/D 转换器, 转换速度为 10 μs, 本身自带采样保护器, 可直接与被转换的模拟信号相连。利用 8051 的 P₁ 口的 P1.0-1.3 作多路转换开关的选通信号。利用

74LS138 译码器输出作为片选信号。74LS138 译码器除片选外部 RAM 和 AD1674 外, 还输出四根片选线作为地址锁存器 74LS273 的片选信号, p₀ 口的数据经 74LS273 锁存, 经 74LS48 译码驱动数码管, 显示出运算结果。

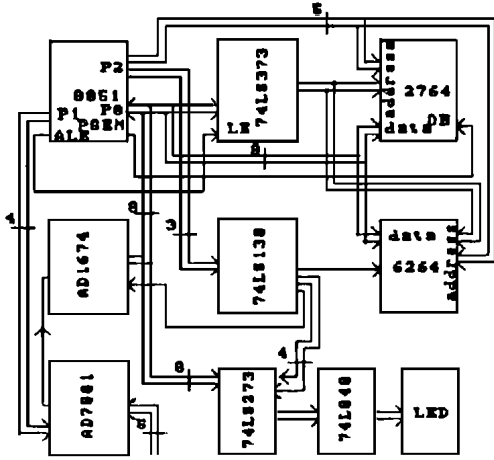


图 3 测试电路原理图

3.3 软件设计

测试用的软件主要包括信号采集程序、数据处理程序、测频及显示程序几部分组成, 主程序流程图如图 4 所示。

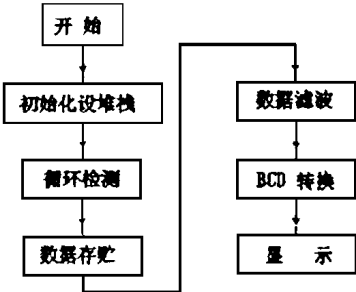


图 4 主程序流程图

4 测试装置的校准及测试结果

为了评估测试装置的精度, 对霍尔元件和模数转换器及频率分别进行了校准, 因没有测量 20kHz 的电流、电压有效值的测量仪器, 故本实验中采用了示波器进行校准, 结果

表明, 本装置的测试误差均在 3% 以下, 能够满足测试要求。

本文利用自己研制的 UPW-1 超声波塑料焊机, 在空载和负载时输出振幅均保证为 11 的前提下, 分别测出几种负载下的输入换能器的各个有用电参数及效率见表 1。

表 1 不同负载下输入换能器的各个有用电参数及效率测试结果

压力 (MPa)	0	0.05	0.1	0.15	0.20
电流 (A)	0.473	0.811	0.712	0.679	0.664
电压 (V)	212	224	274	314	365
相位差 (°)	19.4	10.2	12.4	14.0	18.8
频率 (Hz)	20000	20038	20046	20059	20072
有用功率 (W)	92	163	191	205	216
效率 (%)		42.1	51.3	53.6	56.5

5 结论

本文采用单片机作为测量工具研制的测试装置, 能够测量功率超声换能器在不同负载条件下的电声效率, 测量结果随测随显示, 方便、快捷, 测量精度高, 是研究功率超声换能器有价值的测试工具。

参考文献

- 林仲茂. 超声换能器的潜在效率. 中国科学院声学所. 1983
- 董彦武等. 功率换能器电声效率测量的初步研究. 陕西师范大学学报. 1983(1)
- 林仲茂. 大功率工作状态下压电换能器效率的实验研究. 应用声学, 1984; (4) 4.
- Eiji. Mori, Sadayuki Ueha. Load test of bolt-clamped Langevin type vibrator. Japanese Journal of Applied physics, 1984; (23), Suppl. 209~211
- 陈桂生. 超声换能器设计. 北京: 海洋出版社, 1984