

清华大学 物理实验报告

班级： 软件 71
姓名： 骆炳君
学号： 2017013573
日期： 2019-4-1

实验名称： 压电元件导纳圆的测量及互感耦合电路特性研究

目 录

一、 实验目的.....	2
二、 数据处理.....	2
1. 压电元件导纳圆的测量	2
2. 示波器研究互感耦合电路特性	3
三、 实验小结.....	3
四、 思考题.....	4
五、 拟合曲线.....	5
六、 原始数据表格.....	6

一、 实验目的

- (1) 测量压电元件的导纳，即测量阻抗，可提供该元件与所在电路之间的阻抗匹配数据.
- (2) 通过测量压电元件或压电换能器的导纳圆可以得到其发射效率.
- (3) 学习利用示波器测量交流阻抗的方法.

二、 数据处理

1. 压电元件导纳圆的测量

函数信号发生器 $V = 8V$, $R = 2.98\Omega$.

由附录中的导纳圆图可以得出

$$D = 108.520ms, f_1 = 88.94kHz, f_2 = 89.93kHz$$

测得数据如下表：

	频率 (kHz)	相差 (μs)	$U(V)$	$U_I(V)$
1	91.574	2.60	3.78	0.090
2	91.170	2.24	3.38	0.112
3	89.163	0.80	0.78	0.222
4	89.117	0.44	0.71	0.224
5	89.096	0.08	0.70	0.229
6	89.063	-0.28	0.70	0.226
7	89.029	-0.64	0.74	0.222
8	88.997	-1.00	0.82	0.222
9	88.952	-1.36	0.93	0.226
10	88.886	-1.72	1.14	0.224
11	88.764	-2.08	1.54	0.218
12	88.438	-2.44	2.44	0.192

由

$$R + R_1 = \frac{1}{D}, L_1 = \frac{R_1 + R}{\omega_2 - \omega_1}$$

得

$$R_1 = \frac{1}{D} - R = \frac{1}{0.108520} - 2.98 = 6.23(\Omega)$$

$$L_1 = \frac{1}{2\pi D(f_2 - f_1)} = \frac{1}{2\pi \times 108.520 \times (89.93 - 88.94)} = 1.481 \times 10^{-3}(H)$$

$$C_1 = \frac{1}{\omega_1 \omega_2 L_1} = \frac{1}{4\pi^2 f_1 f_2 L_1} = \frac{1}{4\pi^2 \times 89.93 \times 88.94 \times 1.481 \times 10^3} = 2.138 \times 10^{-9}(F)$$

$$C_0 = \frac{\overline{AC}}{2\pi\sqrt{f_1 f_2}} = \frac{1.239 \times 10^{-3}}{2\pi\sqrt{89.93 \times 88.94 \times 10^6}} = 2.205 \times 10^{-9} (F)$$

机械品质因素

$$Q_m = \frac{1}{R_1} \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} = \frac{1}{6.23} \sqrt{\frac{1.481 \times 10^{-3}}{2.138 \times 10^{-9}}} = 133.59$$

2. 示波器研究互感耦合电路特性

$M = (1.009 \pm 0.010)mH$, $L_2 = (1.071 \pm 0.005)mH$, $f = 5kHz$, $\omega = 2\pi f = 3.1416 \times 10^4 rad/s$
测得数据如下表：

$R_2(\Omega)$	$U_{RM}(V)$	$U_t(V)$	$(R_1 + \Delta R_1)(\Omega)$	$\Delta R_1(\Omega)$
0	1.02	1.72	10.29	3.73
10	0.92	1.88	15.65	9.09
20	0.88	1.96	18.41	11.85
30	0.86	1.96	19.19	12.62
40	0.86	1.96	19.19	12.62
50	0.86	1.88	17.79	11.23
60	0.86	1.82	16.74	10.18
70	0.88	1.82	16.02	9.46
80	0.88	1.64	12.95	6.39
90	0.88	1.60	12.27	5.71
100	0.88	1.56	11.59	5.03
∞	0.96	1.38	6.56	0.00

由 $R_2 = \infty$ 时 $\Delta R_1 = 0$ 得, $R_1 = 6.56\Omega$

由表中数据可得, $\Delta R_{1max} = 12.62\Omega$

其理论值为

$$\Delta R_{1max} = \frac{2\pi f M^2}{2L_2} = \frac{2\pi \times 5 \times 1.009^2 \times 10^3}{2 \times 1.071 \times 10^{-3}} = 14.93(\Omega)$$

相对偏差为 $\frac{14.93-12.62}{14.93} \times 100\% = 15.47\%$

三、 实验小结

本次实验主要使用了示波器和信号发生器来操作和读数, 对于之前没怎么接触过示波器的我来说有一些挑战. 在实验过程中, 我慢慢熟悉了示波器的使用方法, 但还是出现了不少的问题, 也因此耽搁了实验进度. 这也提醒了我, 在做实验前不仅应该预习实验的基本原理, 还要提前熟悉重要的实验仪器. 再次感谢助教的悉心指导!

四、 思考题

1.

压电元件的共振就是加在压电元件两端的交流电频率与其固有频率相等从而使元件得振幅达到最大的现象. 判断方法为 U 与 U_I 同相且 U_I 振幅最大.

2.

当 U_I 领先 U 时, $\varphi_{U_I} > \varphi_U$, $\tau > 0$; 当 U 领先 U_I 时, $\varphi_{U_I} < \varphi_U$, $\tau < 0$.

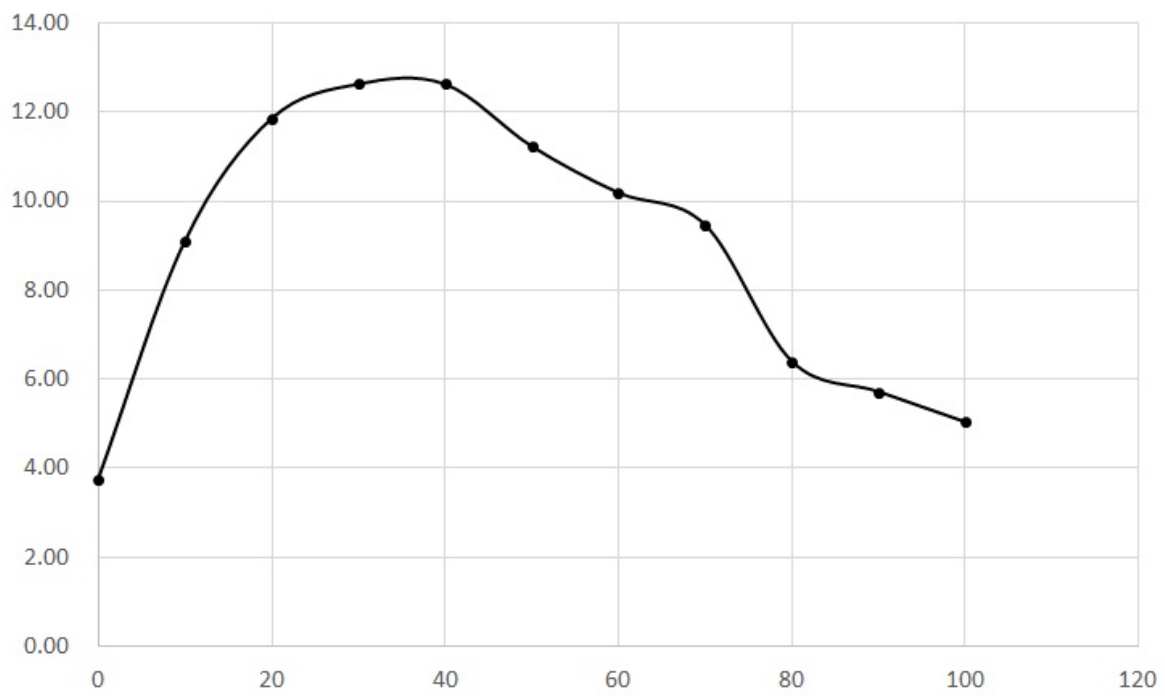
3.

由于导纳圆图中的两个圆几乎重合, 可认为此时 $(g_1, b_1) = (g, b) = (\frac{U_I}{U_R} \cos \frac{2\pi\tau}{T}, \frac{U_I}{U_R} \sin \frac{2\pi\tau}{T})$, 在 τ 为等差级数时实验点也将均匀分布在导纳圆上.

4.

R 既不能太大也不能太小. R 取大了会使电流减小, 压电元件的分压减小, 测量得出的数值过小, 效果不明显.

五、 拟合曲线



六、 原始数据表格