

实 验 报 告

评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-12-10

实验题目：交流谐振电路

实验目的：研究 RLC 串、并联电路的交流谐振现象，学习测量谐振曲线的方法，学习并掌握电路品质因数 Q 的测量方法及其物理意义。

实验原理：1、RLC 串联谐振电路
电路中总阻抗

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

于是总电流

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

电流与信号之间的相位差 $\varphi = -\arctan(\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R})$

当容抗 $Z_C = \frac{1}{\omega C}$ 与感抗 $Z_L = \omega L$ 相等时， $Z=R$ 为最小值， $\varphi=0$ ，这就称为谐振现象。

谐振角频率 $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ ，谐振频率 $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 。

品质因数 Q 用来反映谐振电路的固有性质：

$$Q = \frac{Z_C}{R} = \frac{Z_L}{R} = \frac{V_C}{V_R} = \frac{V_L}{V_R}$$

2、RLC 并联谐振电路

电路中总阻抗 $Z = \sqrt{\frac{R^2 + (\omega L)^2}{(1 - \omega^2 LC)^2 + (2\omega CR)^2}}$ ，电流 $I=V/Z$ 。

相位差 $\varphi = \arctan \frac{\omega C[R^2 + (\omega L)^2] - \omega L}{R}$

当 $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ 时， $Z_{\max} = Q^2 R, I_{\min} = V / Q^2 R$ 。

当 $\omega = \sqrt{\omega_0 - (\frac{R}{C})^2}$ 时，电路达到交流谐振

品质因数 $Q = \frac{I_C}{I} \approx \frac{I_L}{I} = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega RC}$

实 验 报 告

评分：

少年班 系 06 级

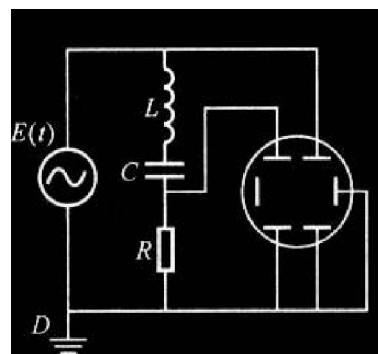
学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-12-10

实验仪器：信号发生器、电容、电感、电阻箱、示波器

- 实验内容：1、按照实验图（右图）连接好电路图，将电容、电感分别调为 $0.005\mu\text{F}$ 、 0.2H ，将信号发生器的峰-峰值设为 4V ；
- 2、在 $R=400$ 下，调节信号发生器的频率，使其从 3kHz 变化至 7kHz ，记录 25 个 V_R 的峰-峰值（谐振值附近记录密度大些）；
- 3、在 $R=600$ 下，重复（2）的过程；
- 4、分别测量两个阻值下，当电路达到谐振时的 V_L 、 V_C ；
- 5、数据比较与作图处理。



图一：实验原理图

实验数据：

$R=400$ 时： $V_L=37.2\text{V}$ ， $V_C=37.0\text{V}$

$f(\text{kHz})$	3.018	3.200	3.399	3.600	3.799	3.996	4.150	4.303	4.456
$V_R(\text{V})$	0.24	0.28	0.32	0.36	0.46	0.58	0.70	0.84	1.12
$f(\text{kHz})$	4.609	4.746	4.898	5.00	5.10	5.25	5.40	5.55	5.70
$V_R(\text{V})$	1.52	2.00	2.45	2.25	1.90	1.46	1.12	0.92	0.78
$f(\text{kHz})$	5.85	6.00	6.21	6.40	6.60	6.80	7.00		
$V_R(\text{V})$	0.66	0.58	0.50	0.44	0.40	0.36	0.34		

表一： $R=400$ 时的交流谐振数据

$R=600$ 时： $V_L=29.0\text{V}$ ， $V_C=28.5\text{V}$

$f(\text{kHz})$	3.004	3.196	3.408	3.606	3.803	4.002	4.152	4.304	4.453
$V_R(\text{V})$	0.36	0.40	0.48	0.56	0.68	0.84	1.00	1.22	1.50
$f(\text{kHz})$	4.603	4.707	4.813	4.902	5.00	5.10	5.20	5.30	5.40
$V_R(\text{V})$	1.95	2.25	2.60	2.70	2.65	2.35	2.00	1.75	1.56
$f(\text{kHz})$	5.55	5.70	5.85	6.01	6.20	6.41	6.60	6.81	7.00
$V_R(\text{V})$	1.28	1.08	0.92	0.82	0.72	0.63	0.58	0.52	0.48

表二： $R=600$ 时的交流谐振数据

数据处理：

分别计算出 $R=400$ 、 $R=600$ 时的对应电流：

$f(\text{kHz})$	3.018	3.200	3.399	3.600	3.799	3.996	4.150	4.303	4.456
$I(\text{A})$	$2.1\text{E-}4$	$2.5\text{E-}4$	$2.8\text{E-}4$	$3.2\text{E-}4$	$4.1\text{E-}4$	$5.1\text{E-}4$	$6.2\text{E-}4$	$7.4\text{E-}4$	$9.9\text{E-}4$
$f(\text{kHz})$	4.609	4.746	4.898	5.00	5.10	5.25	5.40	5.55	5.70
$I(\text{A})$	0.00134	0.00177	0.00217	0.00199	0.00168	0.00129	$9.9\text{E-}4$	$8.1\text{E-}4$	$6.9\text{E-}4$
$f(\text{kHz})$	5.85	6.00	6.21	6.40	6.60	6.80	7.00		
$I(\text{A})$	$5.8\text{E-}4$	$5.1\text{E-}4$	$4.4\text{E-}4$	$3.9\text{E-}4$	$3.5\text{E-}4$	$3.2\text{E-}4$	$3\text{E-}4$		

表三： $R=400$ 时频率与电流关系

实 验 报 告

评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

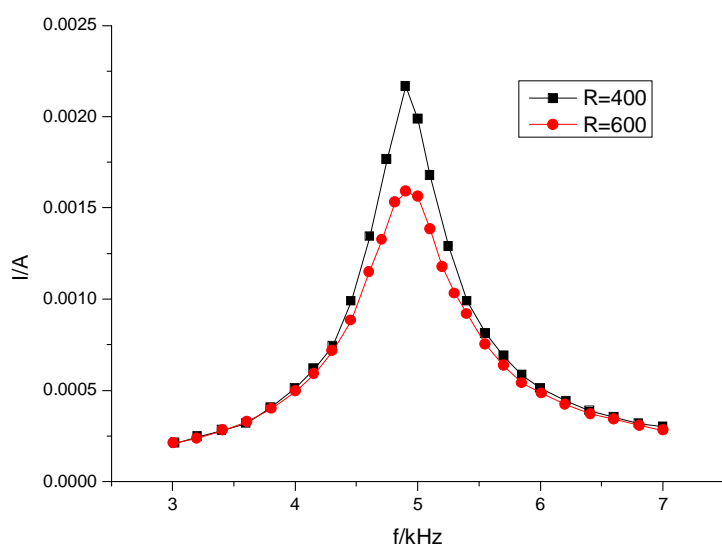
姓名 张力

日期 2007-12-10

f (kHz)	3.004	3.196	3.408	3.606	3.803	4.002	4.152	4.304	4.453
I (A)	2.1E-4	2.4E-4	2.8E-4	3.3E-4	4E-4	4.9E-4	5.9E-4	7.2E-4	8.8E-4
f (kHz)	4.603	4.707	4.813	4.902	5.00	5.10	5.20	5.30	5.40
I (A)	0.00115	0.00133	0.00153	0.00159	0.00156	0.00139	0.00118	0.00103	9.2E-4
f (kHz)	5.55	5.70	5.85	6.01	6.20	6.41	6.60	6.81	7.00
I (A)	7.5E-4	6.4E-4	5.4E-4	4.8E-4	4.2E-4	3.7E-4	3.4E-4	3.1E-4	2.8E-4

表四：R=600 时频率与电流关系

根据以上关系在同一坐标系中绘制电流-频率图象：



图二：电流-频率图

R=400 时

从表中得到 $I_{\max}=2.17\text{mA}$ ，于是 $I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{2.17}{\sqrt{2}} \text{mA} = 1.53\text{mA}$ ，在相应的 I-f 曲线中作直线 $I=1.53\text{mA}$ ，读

出两个交点的横坐标为 4.673kHz、5.154kHz。于是通频带宽度：

$$\Delta\nu = |4.673 - 5.154| \text{kHz} = 481\text{Hz}$$

读出谐振频率为 4.903kHz，理论值 $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{0.2 \times 0.005 \times 10^{-6}}} \text{Hz} = 5033\text{kHz}$ ，比较

$$\text{得到相对误差} \left| \frac{\nu - \nu_0}{\nu_0} \right| = \left| \frac{4.903 - 5.033}{5.033} \right| = 2.5\%$$

Q 的计算：

$$(1) Q = \frac{\nu_0}{\Delta\nu} = \frac{4903}{481} = 10.19$$

实 验 报 告

评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-12-10

$$(2) Q = \frac{V_L}{V_R} = \frac{37.2}{2.45} = 15.18, Q = \frac{V_C}{V_R} = \frac{37.0}{2.45} = 15.10$$

$$(3) Q = \frac{2\pi\nu_0 L}{R + R_L} = \frac{2 \times 3.14 \times 4903 \times 0.2}{400 + 80} = 12.84$$

R=600 时

从表中得到 $I_{\max}=1.59\text{mA}$ ，于是 $I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{1.59}{\sqrt{2}} \text{mA} = 1.12\text{mA}$ ，在相应的 I-f 曲线中作直线 $I=1.12\text{mA}$ ，读

出两个交点的横坐标为 4.581kHz、5.235kHz。于是通频带宽度：

$$\Delta\nu = |4.581 - 5.235| \text{kHz} = 654\text{Hz}$$

读出谐振频率为 4.924kHz，理论值 $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{0.2 \times 0.005 \times 10^{-6}}} \text{Hz} = 5033\text{Hz}$ ，比较

$$\text{得到相对误差} \left| \frac{\nu - \nu_0}{\nu_0} \right| = \left| \frac{4.924 - 5.033}{5.033} \right| = 2.2\%$$

Q 的计算：

$$(1) Q = \frac{\nu_0}{\Delta\nu} = \frac{4924}{654} = 7.53$$

$$(2) Q = \frac{V_L}{V_R} = \frac{29.0}{2.70} = 10.74, Q = \frac{V_C}{V_R} = \frac{28.5}{2.70} = 10.56$$

$$(3) Q = \frac{2\pi\nu_0 L}{R + R_L} = \frac{2 \times 3.14 \times 4924 \times 0.2}{600 + 80} = 9.10$$

思考题：

1、根据 RLC 串、并联电路的谐振特点，在实验中如何判断电路达到了谐振？

Sol：串联时，当回路中电流最大时就达到谐振；并联时，则是主回路中电流最小时达到谐振。本实验中，根据欧姆定律，可以通过测量电阻上的电压来判定电流大小，从而判断谐振。

2、串联电路谐振时，电容与电感上的瞬时电压相位关系如何？若将电容和电感两端接到示波器 X、Y 轴上，将会看到什么现象？为什么？

Sol：电容与电感的电压相差 90° 的相位。若此时将其两端接到示波器上，那么示波器显示的是李沙育图，这正是因为两者电压相差 90° 的相位，且 $j\omega L + 1/j\omega C = 0$ 。

3、如果用一个 400mH 的固定电感与一个可变调谐电容器组成一个串联谐振电路。为了使之能在 200-600m 波段上调谐，则电容的调谐范围应为多少？

Sol：根据公式 $\lambda = \frac{c}{\nu} = 2\pi\sqrt{LC}$ 分别计算波长为 200 和 600m 时对应的 C 值，得电容的调谐范围

实 验 报 告

评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-12-10

0.028pF-0.254pF