

# RLC 电路的谐振现象

雷逸鸣

## 1 谐振频率 $f_0$ 的测量

通过调整信号发生器发出信号频率，直接在电压电流相位一直时，读出谐振频率为：

$$f_0 = 2.249 \pm 0.002 \text{ kHz}$$

随着示波器电压的分度值减小，李萨如图形结构更精细，但装置测量精度本身存在千分之一量级的误差，故估计不确定度大致为：

$$\sigma_f = 0.002 \text{ kHz}$$

## 2 测量谐振状态下的电路损耗

利用RLC串联电路的电压放大效应，计算品质因数 $Q$ .测量到谐振时各元件电压如下：

表 1 谐振时各元件电压

电压有效值	电阻电压	电容电压	电感电压	输入电压
单位：V	0.929	12.97	13.01	1.195

利用表 1 数据计算品质因数：

$$Q_{1L} = \frac{u_L}{u_{in}} = 10.9$$

$$Q_{1C} = \frac{u_C}{u_{in}} = 10.9$$

将其与直接代入元件参数得到的品质因数比较：

$$Q_{2L} = \frac{\omega_0 L}{R} = 11.8$$

$$Q_{2C} = \frac{1}{R\omega_0 C} = 11.8$$

两者有明显的差别，进一步将 $Q_1$ 的输入电压数据用电阻电压代入可以发现：

$$Q_1' = 10.9$$

由此推测， $Q_1, Q_2$ 的差别可能来源于电路中的部分剩余电阻未被考虑，使得电阻电压与输入电压有所差别。

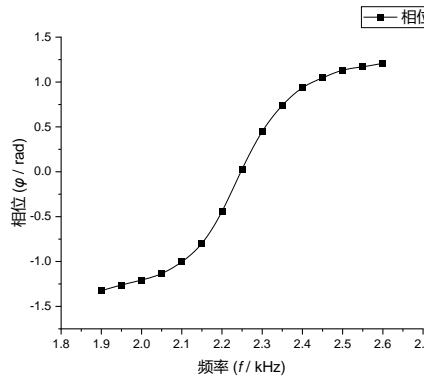
## 3 电路的相频特性

实验中通过改变信号发生器频率测得多组电压与电流相位差和频率的对应关系.原始数据如下：

表 2 电路相频特性数据

$f/\text{kHz}$	$\Delta t/\mu\text{s}$	$\phi/\text{rad}$
1.90	-111	-1.325
1.95	-103	-1.262
2.00	-96	-1.206
2.05	-88	-1.133
2.10	-76	-1.003
2.15	-59	-0.7970
2.20	-32	-0.4423
2.25	2	0.02827
2.30	31	0.4480
2.35	50	0.7383
2.40	62	0.9349
2.45	68	1.047
2.50	72	1.131
2.55	73	1.170
2.60	74	1.209

表 3 电路相频特性曲线



其中相位差由公式：

$$\phi = 2\pi f \cdot \Delta t$$

计算得到。

观察图表发现，当频率变小时，电容阻抗明显，电路表现为电容特性，相位差趋向 $-\frac{\pi}{2}$ ；当频率变大时，电感阻抗明显，电路表现为电感特性，相位差趋向 $\frac{\pi}{2}$ 。

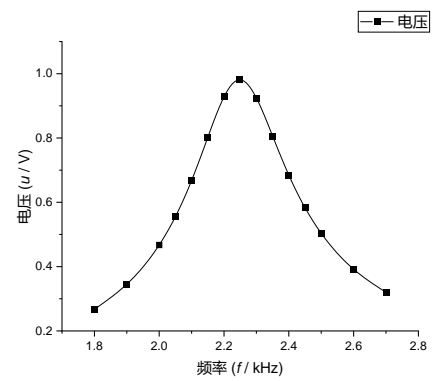
#### 4 电路的幅频特性

控制电路的输入电压有效值不变，改变输出频率，测量电路电流（电阻两端电压）有效值.原始数据如下：

表 4 电路幅频特性数据

$f/\text{kHz}$	$u_R/\text{V}$
1.80	0.2676
1.90	0.3453
2.00	0.4673
2.05	0.5554
2.10	0.6680
2.15	0.8019
2.20	0.9281
2.25	0.9814
2.30	0.9245
2.35	0.8060
2.40	0.6848
2.45	0.5835
2.50	0.5038
2.60	0.3921
2.70	0.3202

表 5 电路幅频特性曲线



利用公式：

$$Q_3 = \frac{f_0}{\Delta f} = 10.2$$

计算得到品质因数为 10.2，接近  $Q_1$  数值.进一步分析发现，我们在实验时，控制的是输入电压不变，这意味着我们的研究对象是包括电路中的剩余电阻在内的全部电路.因此我们得到的是接近  $Q_1$  数值的品质因数.

注：实验记录见下页。

姓名 雷逸桐 学号 2300011454

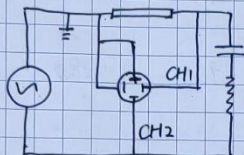
星期一 第 5 组

页码 01 /

$$1. \quad C = 0.05 \mu\text{F} \quad L = 0.1 \text{ H} \quad R_L \approx 19.66 \Omega \quad R = 100.19 \Omega$$

$$19.47 \Omega \quad 100.0 \Omega$$

电路图:



$$(1) \text{ 通过 } \varphi-f \text{ 测得 } f_0 = 2.2472 \pm 0.0002 \text{ kHz}$$

(示波器 U 分度值 ↓ 李静如更精细, 精度 ↑)

2. 品质因数

$$U_{in(\text{off})} = 1.2683 \text{ V} \quad 1.195$$

$$U_{L(\text{off})} = 13.828 \text{ V} \quad 13.01$$

$$U_{C(\text{off})} = 13.713 \text{ V} \quad 12.97$$

$$U_{R(\text{off})} = 0.929$$

$$Q_1 \approx 14.1$$

$$Q_2 \approx 10.9$$

$$\begin{aligned} U &\sim 0.2\% \\ C &\sim 0.6\% \\ L &\sim 0.1\% \end{aligned}$$

在用万用表测 C 两端电压时, 电压表与电容并联。  
观察李静如图发现此时对电路影响较大, 电路

4. 幅

三. 频率特性: (3. 相频特性见下页)

f / kHz	2.249	2.20	2.15	2.10	2.05	
<del>U<sub>R</sub> / V</del>						
<del>U<sub>R</sub> / V</del>	0.9814	0.9281	0.8019	0.6680	0.5554	
<del>U<sub>R</sub> / V</del>						
f / kHz	2.00	2.30	2.35	2.40	2.45	2.50
<del>U<sub>R</sub> / V</del>						
U <sub>R</sub> / V	0.4673	0.9245	0.8060	0.6848	0.5835	0.5038
<del>U<sub>R</sub> / V</del>						
f / kHz	1.90	1.80	2.60	2.70		
<del>U<sub>R</sub> / V</del>						
U <sub>R</sub> / V	0.3453	0.2676	0.3921	0.3202		

$$V_{pp} = 5 \text{ V}$$

$$Q \approx 10.2$$

\* 注: 此系统为包括信号源内阻的品质因数, 要计算 RLC 电路品质因数  
还需测量 路端电压值作比归一。



姓名

学号

星期

第

组

页码

/

## 3. 相频特性

$f / \text{kHz}$	1.90	1.95	2.00	2.05	2.10
$\Delta t / \mu\text{s}$	<del>0.111</del> 0.111 <del>0.111</del> 0.111	<del>0.103</del> 0.103	-96	-88	-76

$f / \text{kHz}$	2.15	2.20	2.25	2.30	2.35
$\Delta t / \mu\text{s}$	-59	-32	2	31	50

$f / \text{kHz}$	2.40	2.45	2.50	2.55	2.60
$\Delta t / \mu\text{s}$	61.5	68.5	71.5	73	73.5

二.