

# 浙江大学实验报告

专业： 机器人工程

姓名： \_\_\_\_\_

学号： \_\_\_\_\_

日期： 2023/11/3

地点： 紫金港东 3-202

课程名称： 电路与模拟电子实验 指导老师： 周晶 成绩： \_\_\_\_\_

实验名称： 调谐电路功效的研究 实验类型： 电路实验 同组学生姓名： \_\_\_\_\_

## 一、实验目的和要求

1. 掌握谐振频率及品质因数的测量方法；
2. 掌握频率特性曲线的测量与作图技巧；
3. 了解谐振电路的选频特性、通频带及其应用。

## 二、实验内容和原理

### 实验原理：

1. 由电阻器、电感器和电容器串联组成的一端口网络，其等效阻抗为：

$$Z = (R + R_L) + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

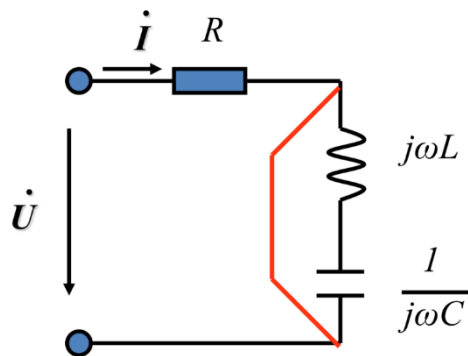
2. RLC 串联电路发生谐振时，电路具有的特点：

- (1) 电路的阻抗最小；
- (2) 电路的电流达到最大值，该值的大小取决于一端口网络的等效阻抗，与电感和电容的值无关；
- (3) 电压与电感同相位；
- (4) 电感与电容上的电压有效值相等，相位相反，电抗压降等于零。

3. RLC 串联电路的谐振

当  $\omega L = 1/\omega C$  时，电压与电流同相位，L、C 两端相当于短路，阻抗的模最小。

根据  $\omega L = 1/\omega C$  可以计算出发生谐振时的理论谐振频率  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ，根据电压与电流同相位和阻抗模最小均可测量出谐振频率  $f_0$ 。



$$\rho = X_L = X_C = \omega_0 L = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

特性阻抗

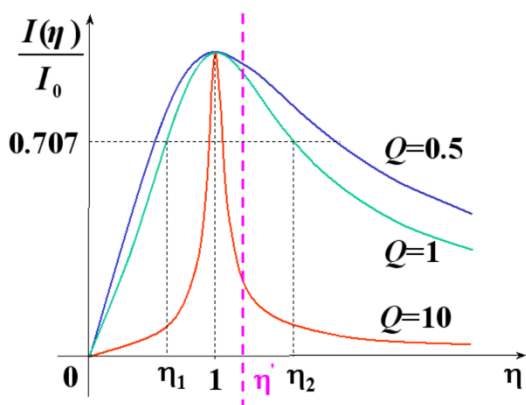
品质因数:

$$Q = \frac{U_{L0}}{U} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC} = \frac{\rho}{R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

通带宽:

$$BW = \omega_2 - \omega_1 = \frac{R}{L}$$

$$Q = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{\omega_0}{BW}$$



不同Q值下的通用谐振曲线、截止频率、通带宽

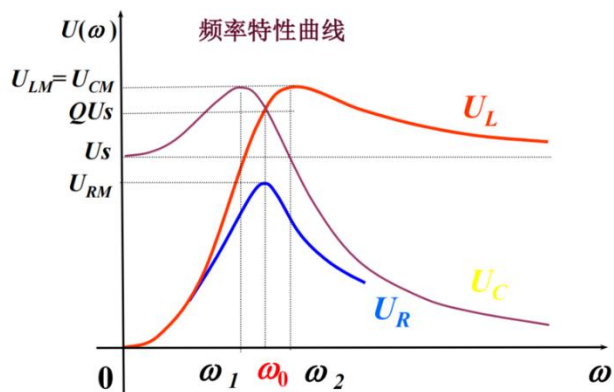
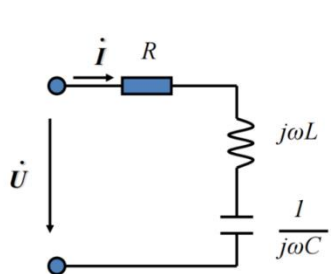
理论函数表达式（用于拟合）

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

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

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

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



### 实验内容：

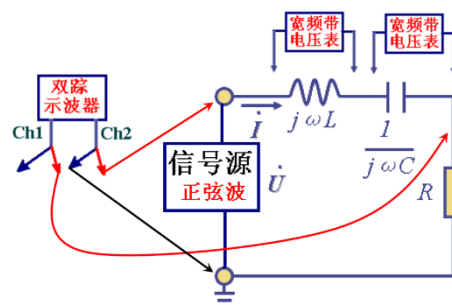
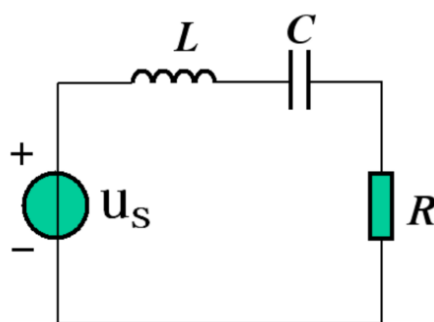
测量 RLC 串联电路的特性，根据计算出的理论谐振频率调整信号发生器的频率（在谐振频率理论值左右选取若干个频率值进行测量），记录测得的信号值输出幅值，相关电压  $U_R$ 、 $U_L$ 、 $U_{LC}$  的值，最后拟合相关曲线并与理论曲线比较。

### 三、主要仪器设备

1. 信号发生器；
2. 元件箱实验板
3. 示波器
4. 交流毫伏表
5. 电阻箱

### 四、操作方法和实验步骤

1. 由电阻、电感和电容组成 RLC 串联电路，选择  $L = 40\text{mH}$ 、 $C = 0.1\ \mu\text{F}$ 、 $R = 100\ \Omega$ ，电路输入端接入信号发生器，使其输出正弦信号。计算品质因数（由于电感的制造工艺使得其偏差较大，因此  $f_0$  只能参考）。



注意：示波器必须与外电路共地  
示波器的地在外电路只能接一处（内部已连通）

2. 根据提供的设备，预先计算出谐振频率  $f_0$  的值，确定信号输出幅值和  $U_R$ 、 $U_L$ 、 $U_C$  的极值范围。
3. 以  $f_0$  为中心向左右扩展，保持幅值  $U_s$  基本不变，依次改变频率  $f$ ，测量  $U_R$ 、 $U_L$ 、 $U_C$ 、 $U_{LC}$ ，画出幅频特性曲线。
4. 将  $R$  由  $100\ \Omega$  改成  $1\text{k}\Omega$ ，重复测量  $U_R$ 、 $U_L$ 、 $U_C$ 、 $U_{LC}$ ，再次绘制幅频特性曲线。
5. 画出上述两个  $Q$  值下的通用谐振曲线。

## 五、实验数据记录和处理

100  $\Omega$  时的实验数据

频率 (Hz)	$\omega$ (rad/s)	$U_R$ (V)	$U_L$ (V)	$U_C$ (V)
500	3140	0.11312	0.07	1.46
1000	6280	0.18382	0.27	1.61
1500	9420	0.41006	0.72	1.97
2000	12560	0.707	1.8	2.78
2200	13816	0.93324	2.53	3.21
2300	14444	1.04636	2.9	3.37
2350	14758	1.07464	3.05	3.4
2400	15072	1.10292	3.19	3.41
2450	15386	1.1312	3.28	3.37
2516	15800.48	1.1312	3.34	3.26
2550	16014	1.11706	3.35	3.18
2600	16328	1.10292	3.33	3.04
2700	16956	1.04636	3.21	2.72
2800	17584	0.96152	3.03	2.39
2850	17898	0.90496	2.93	2.23
2900	18212	0.87668	2.82	2.09
3000	18840	0.79184	2.62	1.82
3200	20096	0.66458	2.28	1.39
3400	21352	0.5656	2	1.09
3600	22608	0.55146	1.79	0.87
3800	23864	0.4949	1.61	0.7
4000	25120	0.45248	1.46	0.54

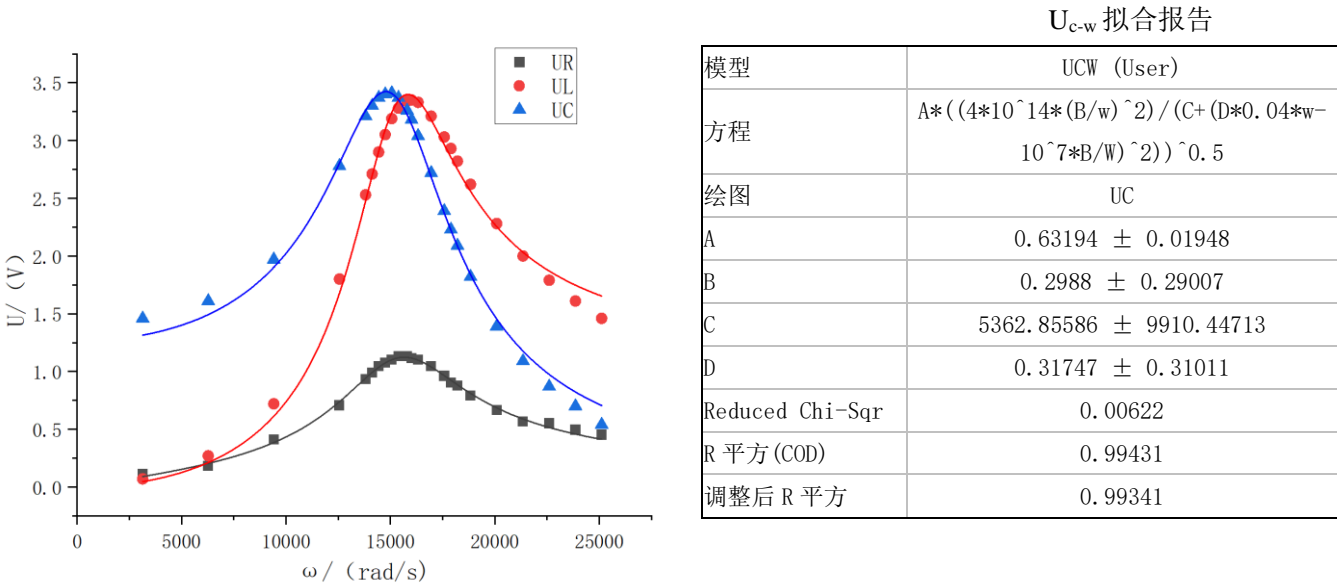
1000  $\Omega$  时的实验数据

1.6	10.048	0	0	1.17
50	314	0.08484	0	0.73
125	785	0.01131	0	1.4
250	1570	0.12726	0.02	0.79
500	3140	0.48076	0.06	1.37
1000	6280	1.52712	0.21	1.27
1500	9420	2.07858	0.4	1.27
1750	10990	2.24826	0.49	1.1
2000	12560	2.36138	0.57	1
2250	14130	2.41794	0.64	0.89
2400	15072	2.44622	0.67	1.41
2500	15700	2.44622	0.69	1.41
2600	16328	2.44622	0.71	0.7

3000	18840	2.38966	0.75	0.66
4000	25120	2.13514	0.73	0.53
5000	31400	1.85234	0.61	0.29
6000	37680	1.61196	0.46	0.16
10000	62800	1.04636	0.112	0

六、实验结果与分析

1. 100 Ω时使用实验数据在 origin 中进行拟合得到的图像如下

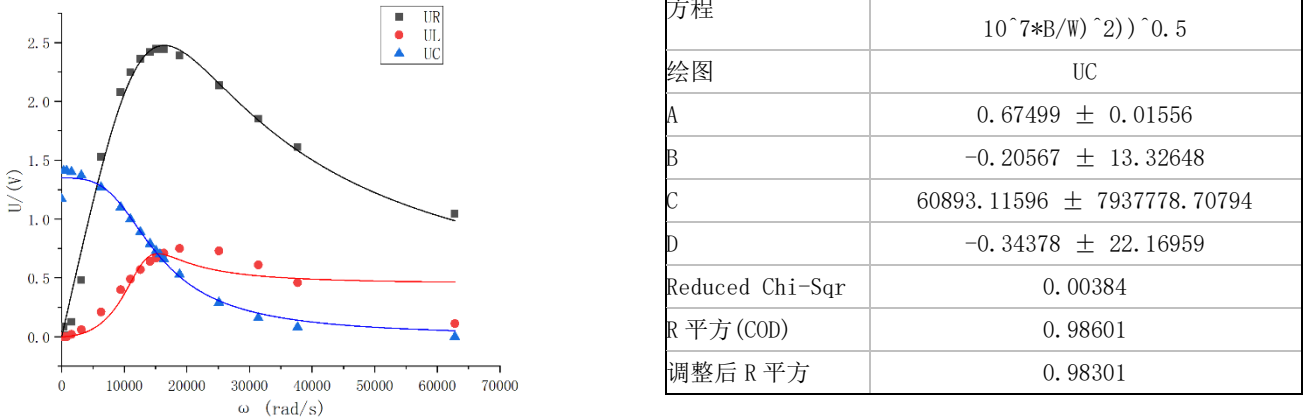


- (1) 计算品质因数。以 U<sub>c-w</sub> 拟合报告为例，可以计算出，

a) 真实的电感值为：D\*40mH = 12.7mH；  
b) 真实的电容值为：1/B\*0.1uF = 0.335uF；
- (2) 再看谐振时（f 在 2450~2516Hz 时），U<sub>R</sub> = 1.13V = 0.8U<sub>s</sub>，由此求得电感的电阻约为 20 Ω。  
于是，由此求得：

a) 品质因数 Q = 1.625；  
b) 谐振频率 f<sub>0</sub> = 2483.1Hz，与实验所测非常接近！

2. 1000 Ω时的数据在 origin 中进行拟合得到的图像如下



可以看出， $1000\Omega$ 时数据比较抽象。尽管  $U_C$ 、 $U_R$  可以较好地拟合，但是参数却出现了负值。很难通过  $1000\Omega$  时的数据计算出电容和电感的理论值。只好通过  $100\Omega$  时的数据进行计算：

品质因数  $Q$ :  $0.19 < 0.707$  ;

所以  $U_C$  和  $U_L$  不应该有极值：从图中可以看出， $U_C$  没有极值， $\omega$  从  $0 \sim 60000\text{rad/s}$  只有单调递减的趋势，且  $\omega \approx 0\text{rad/s}$  时， $U_C \approx U_S$ ，符合理论。但是电感却有极值，这可能是因为电感存在内阻，而内阻随  $\omega$  是有先增后减的趋势的，这导致测量的  $U_L$  实际上等于  $U_{RL}$ ，因此出现了先增大后减小的趋势。

## 七、讨论、心得

心得：

思考题：

1. 可用哪些方法来判断电路处于谐振状态？

答：（1）理论上可以通过判断电容、电感的电抗是否相等来判断；

（2）实验中可以通过判断回路电流与电压的波形是否同相位来判断（可用双踪示波器）。

2. 实验时我们用交流毫伏表来测量电压而不是用电流表来测量电流，试问为什么？

答：因为电流表不能测出频繁变化的电流值，而交流毫伏表则可以较为稳定、准确的测出电路中相应的电压值。

3. 试根据通带宽定义推导公式：

$$\Delta f = f_{c2} - f_{c1} = \frac{f_0}{Q}$$

答：

4. 滤波、选频、通频带的物理含义是什么？

答：滤波是将信号中特定波段频率滤除的操作，是抑制和防止干扰的一项重要措施。滤波分为经典滤波和现代滤波。

选频是指利用谐振电路只对特定频率信号产生谐振的特性，筛选出需要的信号。

通频带用于衡量放大电路对不同频率信号的放大能力。由于放大电路中电容、电感及半导体器件结电容等电抗元件的存在，在输入信号频率较低或较高时，放大倍数的数值会下降并产生相移。通常情况下，放大电路只适用于放大某一个特定频率范围内的信号。