

# 上海交通大学

姓

## 实验报告

姓名 马铭康

班级 电院2353

实验名称

组别

实验指导教师

实验日期

成绩

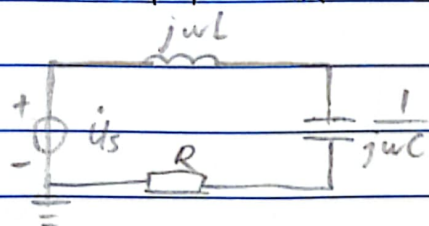
### RLC串并联谐振电路

#### 一. 实验目的

- 学习测定RLC串、并联电路的通用谐振曲线的方法, 了解Q值对通用谐振曲线的影响
- 通过对RLC串联电路的 $U_L(\omega)$ 与 $U_C(\omega)$ 的测量, 了解电路的Q值意义
- 了解电路参数对谐振曲线形状及谐振频率的影响

#### 二. 实验原理及电路图

##### □ RLC串联谐振



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

当 $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ 时, 电路处于电压谐振。

谐振角频率:  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$       谐振频率:  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

谐振条件下, 电路的阻抗呈阻性, 电阻R上的电压等于电源电压且其端口电流与电压同相位, 电路中的电流达到最大值即:

$$I_0 = \frac{U_s}{R}$$

而如果 $\omega < \omega_0$ , 电路呈容性; 如果 $\omega > \omega_0$ , 电路呈感性

$$U_L = I\omega L = \frac{\omega L U_s}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}, \quad U_C = I \cdot \frac{1}{\omega C} = \frac{U_s}{\omega C \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

谐振时 $U_L$ 和 $U_C$ 相等, 相位差为 $180^\circ$

# 上海交通大学

## 实验报告

姓名

班级

实验名称

组别

实验指导教师

实验日期

成绩

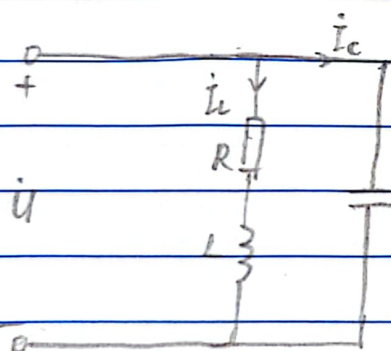
定义品质因数  $Q = \frac{U_L}{U_S} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$

$I = \frac{U_S}{R \sqrt{1 + Q^2 \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}}$  , 电流与角频率的关系称电流的幅频特性

令  $\eta = \frac{\omega}{\omega_0}$  , 有  $I = \frac{U_S}{R \sqrt{1 + Q^2 \left( \eta - \frac{1}{\eta} \right)^2}}$  ,  $\frac{I}{I_0} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \eta - \frac{1}{\eta} \right)^2}}$

绘制通用谐振曲线可以得到各参量

### □ RL-C 并联谐振电路



$$Z = \frac{L}{RC} \cdot \frac{1 - j\frac{R}{\omega L}}{1 - j\left(\frac{1}{\omega RC} - \frac{\omega L}{R}\right)}$$

谐振条件  $\frac{R}{\omega_0 L} = \frac{1}{\omega_0 RC} - \frac{\omega_0 L}{R}$

即  $\omega_0 C = \frac{\omega_0 L}{(\omega_0 L)^2 + R^2}$

并联谐振频率  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{R^2 C}{L}}$

可知并联谐振频率低于串联谐振频率, 而且在电阻值  $R \geq \sqrt{\frac{L}{C}}$  时,  $f_0$  不存在, 即电路不会发生谐振。

品质因数  $Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \sqrt{\frac{L}{R^2 C} - 1}$

有  $\frac{U}{U_0} = \frac{|Z|}{Z_0} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \eta - \frac{1}{\eta} \right)^2}}$  (忽略电感线圈电阻)



# 上海交通大学

## 实验报告

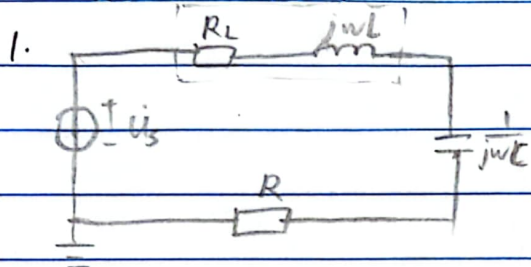
姓名

班级  
实验名称

组别  
实验指导教师

实验日期  
成绩

### 三. 实验内容及图表



按左图接线, 给定  $R_1 = 400\Omega$ ,  $L = 0.1H$  (内阻  $R_L = 15.5\Omega$ ),  $C = 0.01\mu F$ ,  $U_s = 1V$ 。保持输入信号恒定的情况下, 改变输出频率  $f$ , 测出相应的  $U_R$ 、 $U_L$ 、 $U_C$ , 记录实测的  $f_0$ 。

4.91  $R_L = 12.8\Omega$

$f/kHz$	4.0	4.4	4.7	4.9	$f_0$	5.1	5.3	5.6	6.0
$U_R/mV$	288	461	670	754	754	689	562	410	293
$U_L/mV$	1807	3227	5053	5795	5938	5603	4718	3624	2774
$U_C/mV$	2652	3798	5188	5812	5831	5397	4218	2980	1965

2. 改变上图  $R$  值, 给定  $R_2 = 1k\Omega$ ,  $L = 0.1H$ ,  $C = 0.01\mu F$ ,  $U_s = 1V$ 。在保持输入信号恒定的情况下, 改变输出频率  $f$ , 测出相应的  $U_R$ 、 $U_L$ 、 $U_C$ 。记录实测的  $f_0$ 。

4.92  $R_C = 12.8\Omega$

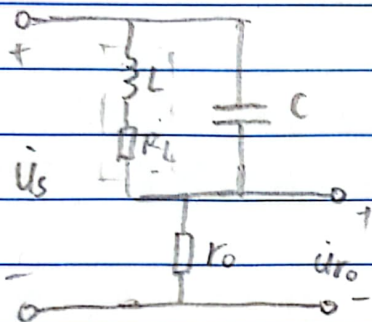
$f/kHz$	4.0	4.4	4.7	4.9	$f_0$	5.1	5.3	5.6	6.0
$U_{R2}/mV$	585	759	863	888	888	869	818	716	590
$U_L/mV$					2851				
$U_C/mV$					2475				

# 上海交通大学

## 实验报告

姓名: 班级: 实验名称: 组别: 实验指导教师: 实验日期: 成绩:

3.



按左图接线, 取  $L = 0.01\text{H}$  (内阻  $R_L = 2.8\Omega$ ),  $C = 0.1\mu\text{F}$   
 取样电阻  $r_o = 100\Omega$ ,  $U_s = 1\text{V}$ , 调节信号的频率,  
 当电路达到谐振状态, 即取样电阻  $r_o$  上的电压  
 为最小, 记录实测的  $f_0$ .

5.00

$f/\text{kHz}$	4.1	4.5	4.8	5	$f_0$	5.2	5.4	5.7	6.1
$U_{r_o}/\text{mV}$	118	59.0	19.0	10.8	10.8	34.2	58.1	92.2	134

### 四. 注意事项

- 每次改变信号发生器的频率后, 需检测其输出电压。如输出电压减小或增大, 应重新调整信号发生器的输出电压。这样才能保持信号发生器的输出电压恒定不变!
- 实验前用万用表测电感线圈的内阻, 备计算及使用



# 上海交通大学

## 实验报告

姓名 马铭康 班级 电院2353 组别 实验名称 实验指导教师 实验日期 成绩

### RLC串并联谐振课后

任务一：

$$I_0 = \frac{U_{R_1 \max}}{R_1} = 1.885 \text{ mA} \quad f_0 = 4.91 \text{ kHz}$$

$f/\text{kHz}$	4.0	4.4	4.7	4.9	$f_0$	5.1	5.3	5.6	6.0
$I/I_0$	0.38	0.61	0.89	1.00	1.00	0.91	0.75	0.54	0.39
$f/f_0$	0.81	0.90	0.96	0.99	1.00	1.04	1.08	1.14	1.22

曲线见附件

~~任务一~~  $I_0 = \frac{U_{R_2 \max}}{R_2} = 0.888 \text{ mA} \quad f_0 = 4.92 \text{ kHz}$

$f/\text{kHz}$	4.0	4.4	4.7	4.9	$f_0$	5.1	5.3	5.6	6.0
$I/I_0$	0.66	0.85	0.97	1.00	1.00	0.98	0.92	0.81	0.66
$f/f_0$	0.81	0.89	0.96	0.99	1.00	1.04	1.08	1.14	1.22

曲线见附件

任务二：

$$\text{有 } Z = \frac{U_s - U_{r_0}}{U_{r_0}} \cdot r_0, \text{ 代入得 } Z_0 = 9159.26 \Omega \quad f_0 = 5.00 \text{ kHz}$$

$f/\text{kHz}$	4.1	4.5	4.8	5	$f_0$	5.2	5.4	5.7	6.1
$Z/Z_0$	0.08	0.17	0.56	1.00	1.00	0.31	0.18	0.11	0.07
$f/f_0$	0.82	0.90	0.96	1.00	1.00	1.04	1.08	1.14	1.22

曲线见附件

# 上海交通大学

## 实验报告

姓名 \_\_\_\_\_ 班级 \_\_\_\_\_ 实验名称 \_\_\_\_\_ 组别 \_\_\_\_\_ 实验指导教师 \_\_\_\_\_ 实验日期 \_\_\_\_\_ 成绩 \_\_\_\_\_

任务三：

对于理论值

串联有  $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$  并联有  $Q = \sqrt{\frac{L}{R^2 C} - 1}$

对于 task 1, 2, 3, 分别代入解得

$Q_{1th} = \text{7.66}$   $Q_{2th} = \text{3.12}$   $Q_{3th} = \text{131.49}$

对于实际值

串联有  $Q = \frac{U_L}{U_S}$  并联有  $Q = \frac{U_C}{U_S} \sqrt{\frac{1}{1 - \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)^2}}$

对于 task 1, 2, 3, 分别代入解得

$Q_{1ex} = 5.94$   $Q_{2ex} = 2.85$   $Q_{3ex} = 31.61$

### 思考题

1. 不相等, 由于电感上存在电阻, 导致谐振时  $U_L$  略大于  $U_C$
2.  $Q$  越大, 谐振曲线变化越明显, 曲线越尖锐对频率的选择性越好;  
 $Q$  越小, 谐振曲线变化越平缓

3. 证明:  $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ ,  $I = \frac{U}{R \sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}}$

故  $\frac{I}{I_0} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\eta - \frac{1}{\eta}\right)^2}}$

由题干代入  $\eta_1, \eta_2$  可得  $\frac{I}{I_0} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ , 也即  $Q^2 \left(\eta_i - \frac{1}{\eta_i}\right)^2 = 1, i=1, 2$

展开得  $-\eta_1, \eta_2$  为  $Q\eta^2 - \eta - Q = 0$  的两根

由韦达定理  $\eta_2 - \eta_1 = \frac{1}{Q}$ ,  $Q = \frac{1}{\eta_2 - \eta_1}$

得证



