

(16)

**实验题目：交流电路的谐振现象**

学号: 174301 姓名: 于策 班级: 计171 成绩 9.0  
 同组人: 实验日期、时段: 9月10日二时段 教师签名: 王

**一、实验目的与要求**

- (1) 观察学习交流电路的谐振现象，交流电路产生谐振的条件及特征
- (2) 测量谐振电路的品质因数Q，谐振曲线的测量方法

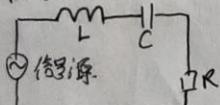
**二、实验仪器**

标准电感、标准电容、电阻箱、功率计、信号发生器、  
数字万用表

**三、实验原理(用自己语言组织)**

谐振电路由电感、电容、电阻构成，和信号源串联构成一个无分支的电路。

## 1. RLC串联电路谐振



RLC串联电路

当接入电压幅度一定，f在一定范围的正弦交流信号源时。

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

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

$$\text{电流与信号源的相位差} \varphi = \tan^{-1} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

河北工业大学 物理实验报告

$$\text{信号源角频率 } \omega = 2\pi f. \quad Z_C = \frac{1}{\omega C} \quad Z_L = \omega L$$

$\omega$  很小时, 总阻抗  $Z \rightarrow \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}$ ,  $\varphi \rightarrow \frac{\pi}{2}$ . 电流相位超前于信号源, 呈容性;  $\omega$  很大时,  $Z \rightarrow \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ ,  $\varphi \rightarrow -\frac{\pi}{2}$ . 电流相位滞后, 呈感性.

当  $\omega = \omega_0$  时, 容抗 = 感抗, 二者抵消, 总阻抗  $Z = R$ , 为最小, 电流为最大  $I_{max} = \frac{V}{R}$ ,  $\varphi = 0$  成阻性.  $\omega_0$  即为谐振角频率,  $f_0$  为谐振频率.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}. \quad f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

谐振时,  $V_L(V_C)$  与  $V$  之比为  $Q$ , 为品质因数.

$$Q = \frac{V_L}{V} = \frac{V_C}{V} = \frac{Z_L}{R} = \frac{2C}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

当  $R$  较小时,  $Q \gg 1$ ,  $V_L, V_C \gg V$ , 又称电压谐振.

当电流  $I$  为极大值为  $I_{max}$ , 两处频率之差为  $(f_2 - f_1)$ , 谐振带宽度

$$\Delta f = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}.$$

## 2. RLC 并联谐振电路.

$$\text{总阻抗 } Z_{\parallel} = \sqrt{\frac{R^2 + (1/\omega C)^2}{(1-\omega^2 LC)^2 + (2\omega RC)^2}} \quad I = \frac{V}{Z_{\parallel}}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left[ \frac{\omega L - \omega C R^2 - \omega^2 L^2 C}{R} \right]$$

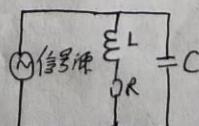
若因  $R$  RLC 线性,  $I$  不变, 不改变信号源频率.

$$\omega_0' = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2} = \sqrt{\omega_0^2 - \left(\frac{R}{L}\right)^2}$$

一般情况下  $\frac{R^2}{L^2} \ll \frac{1}{LC}$ .

$$\omega_0' \approx \omega_0$$

又称电流谐振



#### 四、实验内容与步骤

(1) 仪器启动：按下电源按钮，接通电源，进入“点频”状态，显示波形  $\sim$ ，  
频率为  $10.00000000 \text{ kHz}$ 。

##### (2) 数据输入

- ① 数据键输入：按左侧数字键输入，按单位键生效。  
② 调节旋钮输入：调节旋钮可对各量连续调节。

##### (3) 功能选择

开机后为点频功能，输入单一频率的波形，按“调制”“幅值”“扫描”“开关”  
“点频”“FSK”“PSK”。

##### (4) 点频功能模式

1. 频率：按下频率，逐一输入数据表中给定的频率值，按扫描键达单位  $\text{kHz}$ 。  
2. 幅度：按下幅度，单位为  $\text{Vpp}$ ，调节输入中西键值。

##### (5) 错误修复

按错其他键，进行复位操作，先按  $Shift$ ，再按  $8$  进行新的设置。

#### 五、数据记录(数据表格自拟)

$f(\text{kHz})$	1.40	1.70	2.00	2.10	2.15	2.20	2.23	2.30	2.35	2.40	2.50	2.80	3.00		
$V_R(\text{V})$	0.049	0.092	0.246	0.400	0.530	0.691	0.767	0.787	0.785	0.704	0.550	0.422	0.267	0.101	0.059
$I_R(\text{A})$	0.480	0.920	2.460	4.000	5.300	6.910	7.670	7.870	7.550	7.040	5.500	4.220	2.670	1.010	0.390
$V_L(\text{V})$	0.315	0.500	0.785	0.875	0.907	0.928	0.933	0.934	0.931	0.926	0.906	0.876	0.800	0.569	0.457
$I_L(\text{A})$	0.670	1.000	1.570	1.750	1.814	1.856	1.866	1.868	1.862	1.852	1.812	1.752	1.600	1.138	0.914

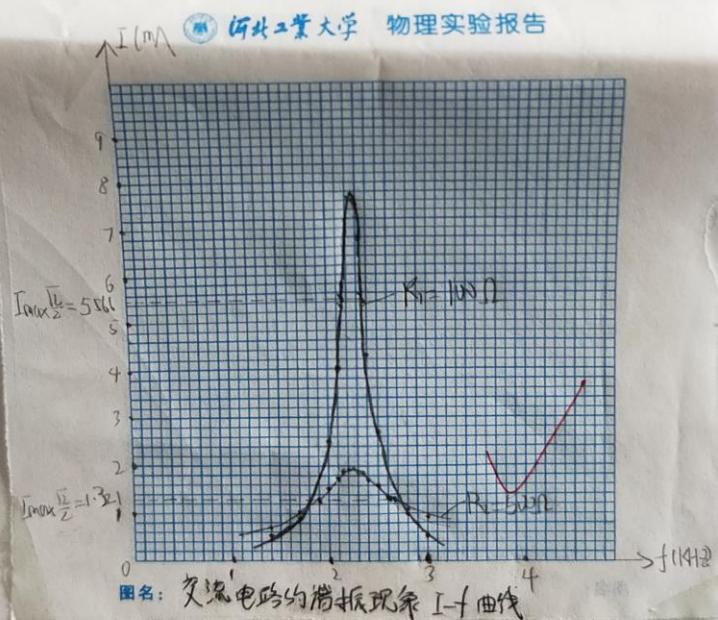
$$f=1.0 \text{ kHz} \quad V_{L1}=11.586 \text{ V} \quad V_{C1}=11.611 \text{ V}$$

$$f=1.0 \text{ kHz} \quad V_{L2}=2.721 \text{ V} \quad V_{C2}=2.727 \text{ V}$$

河北工业大学 物理实验报告

第四章 四端口网络

六、数据处理(要有详细过程,包括不确定度计算等)



(1) 串联

① 绘制两条I-f曲线

② 求带宽

a. 当  $R=100\Omega$  时, I 的最大值为 7.87mA

$$I_{max} \cdot \frac{V}{2} = 5.566mA$$

由图可知  $f_1 = 2.18 kHz$ ,  $f_2 = 2.32 kHz$

$$\Delta f = f_2 - f_1 = 2.32 kHz - 2.18 kHz = 0.14 kHz$$

b. 当  $R=500\Omega$  时, I 的最大值为 1.868mA

$$I_{max} \cdot \frac{V}{2} = 1.321 mA$$

由图可知  $f_1 = 1.90 kHz$ ,  $f_2 = 2.60 kHz$

$$\Delta f = f_2 - f_1 = 2.60 kHz - 1.90 kHz = 0.70 kHz$$

③ 求品质因数Q

a.  $R=100\Omega$ ,  $Q_{实} = \frac{V_L}{V_n} = \frac{11.586}{1} = 11.586$

$$Q_{实} = \frac{V_C}{V_n} = \frac{11.611}{1} = 11.611$$

b.  $R=500\Omega$  时,  $Q_{实} = \frac{V_L}{V_n} = \frac{2.721}{1} = 2.721$

$$Q_{实} = \frac{V_C}{V_n} = \frac{2.727}{1} = 2.727$$

于东

1111

## 河北工业大学 物理实验报告

### 七、实验分析

1. 根据 RLC 串联电路的谐振特点，在实验中先大约估测，然后在在谐振附近密集测量，找到电压最大值，对应的频率即为谐振频率
2. 电感 L：通低频，阻高频，通直流阻交流
3. 电容 C：通高频，阻低频，通交流阻直流

### 八、思考题与思维拓展

1. 串联电路谐振时，电容与电感上的瞬时电压的相位关系如下：  
电路中的电流与电阻两端的电压是同相位的，但超前于电容 C 两端的电压  $\frac{\pi}{2}$ ，落后于电感两端的电压  $\frac{\pi}{2}$ ，所以电容电压落后于电感电压  $\pi$ 。
2. 因为  $V_L$  或  $V_C$  均为电源电压 V 的 Q 倍，当 R 较小时 ( $Q \gg 1$ )， $V_L$  或  $V_C$  比 V 大很多，又称电压谐振 (串联谐振)
3. 谐振时，两分支电路中电流几乎相等，近似为工频 Q 倍，因此，又称电流谐振 (并联谐振)

计171 子策 174301

## 河北工业大学课程作业用纸

课程

系 专业

班 姓名

日期

$f(RH_2)$	1.40	1.70	2.00	2.10	2.15	2.20	2.23	$f_0$	2.28	2.30	2.35	2.40	2.50	2.80	3.00
$V_{L1}$	0.048	0.042	0.446	0.400	0.370	0.691	0.707	0.717	0.755	0.749	0.853	0.442	0.267	0.101	0.059
$V_{R1}$	0.48	0.920	2.440	4.000	5.300	6.010	7.070	7.870	7.550	7.490	5.500	4.200	2.670	1.010	0.590
$V_{R2}$	0.215	0.500	0.785	0.875	0.957	0.928	0.933	0.884	0.931	0.946	0.906	0.876	0.800	0.569	0.487
$V_{R3}$	0.670	1.000	1.570	1.750	1.814	1.851	1.866	1.868	1.862	1.852	1.812	1.752	1.600	1.188	0.914

$$f = \text{小时} \quad V_{L1} = 11.586 \quad V_{C1} = 11.611 \quad V_{L2} = 1.721 \quad V_{C2} = 2.727$$

$f(RH_2)$	1.40	1.70	2.00	2.10	2.15	2.20	2.23	$f_0$	2.28	2.30	2.35	2.40	2.50	2.80	3.00
$V_{L3}$															

9.10.2