

## 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：[Signature]

### 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

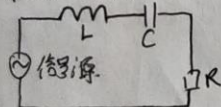
### 二、实验仪器

标准电容，标准电阻，电阻箱，功率计，数字信号发生器，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闭合的电路。

#### 1. RLC 串联电路谐振



RL 串联电路

当接入电压幅值为  $U$ ，角频率为  $\omega$  的正弦交流信号源时。

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

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

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

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

$\omega$  很小时, 总阻抗  $Z \rightarrow \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}$   $\varphi \rightarrow \frac{\pi}{2}$ . 电流相应超前于信号源, 呈容性,  $\omega$  很大时,  $Z \rightarrow \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$   $\varphi \rightarrow \frac{\pi}{2}$ . 电流相应滞后, 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  $I_{max} = \frac{U}{R}$ .  $\varphi = 0$  成阻性.  $\omega_0$  即为谐振角频率,  $f_0$  为谐振频率.

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

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

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

当  $R$  较小时,  $Q \gg 1$ .  $V_L, V_C \gg U$ , 又有电压谐振

当电流  $I$  为极大值的  $\frac{1}{Q}$  倍, 两点频率之差为  $(f_2 - f_1)$ , 通频带宽

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

## 2. RLC 串联谐振电路.

$$\text{电路总阻抗 } Z_{\text{串}} = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} \quad I = \frac{U}{Z_{\text{串}}}$$

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

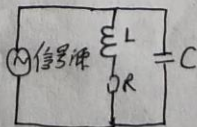
若因 RLC 串联,  $I$  不变, 只及信号源频率.

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

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 10.000 0000 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: 调节旋钮可对信号连续调节

(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”“调幅”“扫描”“锁定”

“点频”“FSK”“PSK”

(4) 点频功能模式

1. 频率: 按下频率, 逐一输入数据表格中给出的频率值, 按扫描键单位 kHz

2. 幅度: 按下幅度, 单位为 V<sub>pp</sub>, 调节输入幅度值

(5) 错误修复

按左侧其他键, 进行复位操作, 先按 shift, 在按 8 进行新的设定

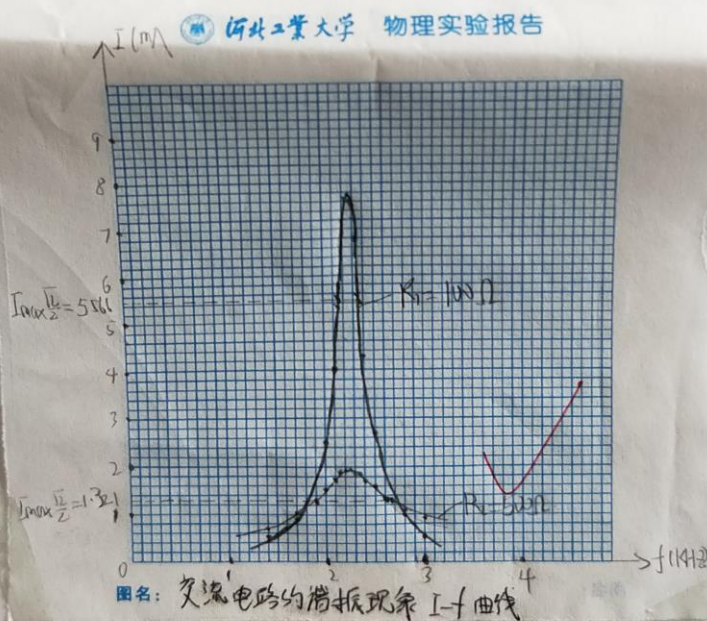
#### 五、数据记录(数据表格自拟)

f(kHz)	1.40	1.70	2.00	2.10	2.15	2.20	2.25	f <sub>0</sub>	2.18	2.30	2.35	2.40	2.50	2.80	3.00
100Ω															
V <sub>R</sub> (V)	0.049	0.092	0.246	0.400	0.530	0.691	0.767	0.787	0.755	0.704	0.550	0.422	0.267	0.101	0.059
I <sub>R</sub> (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	0.590
500Ω															
V <sub>R</sub> (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	0.589	0.457
I <sub>R</sub> (A)	0.630	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

$$f=f_0 \text{ 时 } U_1 = 11.586 \text{ V} \quad U_0 = 11.611 \text{ V}$$

$$f \neq f_0 \text{ 时 } U_2 = 2.721 \text{ V} \quad U_0 = 2.727 \text{ V}$$

## 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  $7.870\text{mA}$

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

$$\text{由图可知 } f_1 = 2.18 \text{ kHz}, f_2 = 2.32 \text{ kHz}$$

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

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

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

$$\text{由图可知 } f_1 = 1.90 \text{ kHz}, f_2 = 2.60 \text{ kHz}$$

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

③ 求品质因数  $Q$

$$\text{a. } R=100\Omega, Q = \frac{U_L}{U_n} = \frac{11.586}{1} = 11.586$$

$$Q = \frac{U_C}{U_n} = \frac{11.611}{1} = 11.611$$

$$\text{b. } R=500\Omega \text{ 时, } Q = \frac{U_L}{U_n} = \frac{2.721}{1} = 2.721$$

$$Q = \frac{U_C}{U_n} = \frac{2.727}{1} = 2.727$$

### 七、实验分析

1. 根据RLC串联电路的谐振特点, 在实验中先大约估计, 然后在谐振附近密集测量, 找到电压最大值, 对应的频率值即为谐振频率
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  $I$  的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

$f/(Hz)$	140	170	200	210	215	220	223	$f_0$	2.28	2.30	2.35	2.40	2.50	2.80	$f_{\infty}$
$U_0(V)$	0.048	0.092	0.146	0.400	0.530	0.691	0.767	0.787	0.755	0.704	0.550	0.422	0.267	0.101	0.059
$U_{R1}(V)$	0.48	0.920	2.46	4.000	5.300	6.910	7.670	7.870	7.550	7.040	5.500	4.220	2.670	1.010	0.590
$U_{R2}(V)$	0.215	0.520	0.785	0.875	0.907	0.928	0.937	0.934	0.937	0.946	0.906	0.876	0.800	0.569	0.457
$U_{R3}(V)$	0.670	1.000	1.570	1.750	1.814	1.851	1.866	1.865	1.862	1.852	1.812	1.752	1.600	1.138	0.914

$f=f_0$  时  $U_{L1} = 11.586 V$   $U_{C1} = 11.611 V$   $U_{L2} = 2.721 V$   $U_{C2} = 2.727 V$

$f/(Hz)$	140	170	200	210	215	220	223	$f_0$	2.28	2.30	2.35	2.40	2.50	2.80	3.00
$U(V)$															

Fig. 10.2