

## 实验四 正弦交流电路中 RLC 的特性实验 (2 学时)

### 1 实验目的

1. 测定 R、L、C 串联谐振电路的频率特性曲线。
2. 观察串联谐振现象，了解电路参数对谐振特性的影响。

### 2 实验原理

1. R、L、C 串联电路 (图 4-1) 的阻抗是电源频率的函数，即：

$$Z = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) = |Z|e^{j\varphi}$$

当  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  时，电路呈现电阻性， $U_S$  一定时，电流达最大，这种现象称为串联谐振，谐振时的频率称为谐振频率，也称电路的固有频率。

即

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

上式表明谐振频率仅与元件参数 L、C 有关，而与电阻 R 无关。

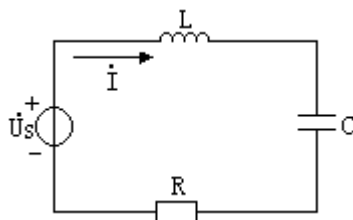


图 4-1 图 4-1 RLC 串联电路

2. 电路处于谐振状态时的特征：

- ① 复阻抗  $Z$  达最小，电路呈电阻性，电流与输入电压同相。
- ② 电感电压与电容电压数值相等，相位相反。此时电感电压 (或电容电压) 为电源电压的  $Q$  倍， $Q$  称为品质因数，即

$$Q = \frac{U_L}{U_S} = \frac{U_C}{U_S} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

在 L 和 C 为定值时， $Q$  值仅由回路电阻 R 的大小来决定。

- ③ 在激励电压有效值不变时，回路中的电流达最大值，即：

$$I = I_0 = \frac{U_S}{R}$$

3. 串联谐振电路的频率特性：

① 回路的电流与电源角频率的关系称为电流的幅频特性，表明其关系的图形称为串联谐振曲线。电流与角频率的关系为：

$$I(\omega) = \frac{U_s}{\sqrt{R^2 \left[ \omega L - \frac{1}{\omega C} \right]^2}} = \frac{U_s}{R \sqrt{1 + Q^2 \left[ \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right]^2}} = \frac{I_0}{\sqrt{1 + Q^2 \left[ \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right]^2}} \quad \text{当 } L、C \text{ 一}$$

定时，改变回路的电阻  $R$  值，即可得到不同  $Q$  值下的电流的幅频特性曲线。显然  $Q$  值越大，曲线越尖锐。

有时为了方便，常以  $\frac{\omega}{\omega_0}$  为横坐标， $\frac{I}{I_0}$  为纵坐标画电流的幅频特性曲线（这称为通用

幅频特性）。回路的品质因数  $Q$  值越大，在一定的频偏下  $\frac{I}{I_0}$  下降的越厉害，电路的选择性

就越好。

② 为了衡量谐振电路对不同频率的选择能力引进通频带的概念，把通用幅频特性的幅值从峰值 1 下降到 0.707 时所对应的上、下频率之间的宽度称为通频带（以  $BW$  表示）即：

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

$Q$  值越大，通频带越窄，电路的选择性越好。

③ 激励电压与响应电流的相位差  $\varphi$  角和激励电源角频率  $\omega$  的关系称为相频特性，即：

$$\varphi(\omega) = \text{arctg} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \text{arctg} \frac{X}{R}$$

显然，当电源频率  $\omega$  从 0 变到  $\omega_0$  时，电抗  $X$  由  $-\infty$  变到 0 时， $\varphi$  角从  $-\frac{\pi}{2}$  变到 0，电路为容

性。当  $\omega$  从  $\omega_0$  增大到  $\infty$  时，电抗  $X$  由 0 增到  $\infty$ ， $\varphi$  角从 0 增到  $\frac{\pi}{2}$ ，电路为感性。相角  $\varphi$  与

$\frac{\omega}{\omega_0}$  的关系称为通用相频特性。

谐振电路的幅频特性和相频特性是衡量电路特性的重要标志。

### 3 仪器设备

- |               |    |
|---------------|----|
| 1. 模拟/数字电路实验箱 | 一台 |
| 2. 信号发生器      | 一台 |
| 3. 交流毫伏表      | 一台 |
| 4. 双踪示波器      | 一台 |

## 4 实验内容与步骤

按图 4-2 连接线路，电源  $U_S$  为低频信号发生器。将电源的输出电压接示波器的  $Y_A$  插座，输出电流从  $R$  两端取出，接到示波器  $Y_B$  插座以观察信号波形，取  $L=0.1\text{H}$ ， $C=0.5\mu\text{F}$ ， $R=10\Omega$ ，电源的输出电压  $U_S=3\text{V}$ 。

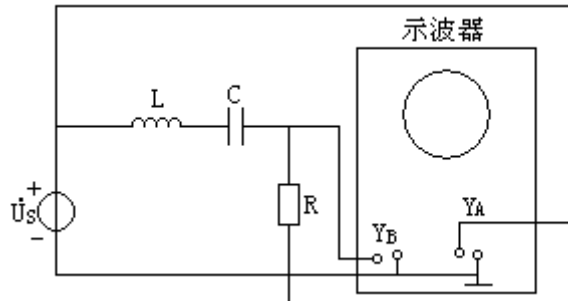


图 4-2 实验线路图

### 1. 计算和测试电路的谐振频率

①  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  用  $L$ 、 $C$  之值代入式中计算出  $f_0$ 。

② 测试：用交流毫伏表接在  $R$  两端，观察  $U_R$  的大小，然后调整输入电源的频率，使电路达到串联谐振，当观察到  $U_R$  最大时即发生谐振，此时的频率即为  $f_0$ （最好用数字频率计测试一下）

### 2. 测定电路的幅频特性

- ① 以  $f_0$  为中心，调整输入电源的频率从  $100\text{Hz} \sim 2000\text{Hz}$ ，在  $f_0$  附近，应多取些测试点。用交流毫伏表测试每个测试点的  $U_R$  值，然后计算出电流  $I$  的值，记入表格 4-1 中。

表 4-1 实验结果

f (Hz)								$f_0$					
$U_R$ (V)													
I (mA)													

- ② 保持  $U_S=3\text{V}$ ， $L=0.1\text{H}$ ， $C=0.5\mu\text{F}$ ， $R=10\Omega$ 。以  $f_0$  为中心，调整输入电源的频率从  $100\text{Hz} \sim 2000\text{Hz}$ 。在  $f_0$  的两旁各选择几个测试点，从示波器上显示的电压、电流波形上测量出每个测试点电压与电流之间的相位差  $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ ，数据表格自拟。

## 5 实验报告要求

1. 根据实验数据，在坐标纸上绘出两条不同  $Q$  值下的幅频特性曲线和相频特性曲线，并做扼要分析。（计算电流  $I_0$  注意： $L$  不是理想电感，本身含有电阻，而且当信号的频率较高时电感线圈有皮肤效应，电阻值会有增加，可先测量出  $U_C$ 、 $U_S$  求出  $Q$  值，然后根据已知的  $L$ 、 $C$  算出总电阻。

2. 通过实验总结  $R$ 、 $L$ 、 $C$  串联谐振电路的主要特点。