

## 交流谐振电路特性研究

姓名：吴欣怡

学号：PB21051111

日期：2022.12.08

数据处理：

### 实验一：测量 PLC 串联电路的谐振频率 $f_0$

原始数据表 1

组别	1	2	3
400 $\Omega$ 时谐振频率 $f_0$ /kHz	4.932	4.932	4.932
600 $\Omega$ 时谐振频率 $f_0$ /kHz	4.939	4.939	4.939

$$400 \Omega \text{ 时平均谐振频率: } \overline{f_0} = \frac{4.932+4.932+4.932}{3} \text{kHz} = 4.932 \text{kHz}$$

$$600 \Omega \text{ 时平均谐振频率: } \overline{f_0} = \frac{4.939+4.939+4.939}{3} \text{kHz} = 4.939 \text{kHz}$$

### 实验二：测量 RLC 串联谐振电路的幅频特性曲线（三点法粗略测量通频带宽）

表 1: R=400.0  $\Omega$  时对 RLC 串联电路中，电阻 R 上的电压随频率 f 的变化

$f/\text{kHz}$	$f_1 = 4.753$	$f_0 = 4.932$	$f_2 = 5.130$
$V_i^{PP}/V$	$V_i^{PP}=2.00$	$V_i^{PP}=2.00$	$V_i^{PP}=2.00$
$V_R^{PP}/V$	$V_R^{PP} = 1.20$	$V_R^{PP} = 1.700$	$V_R^{PP} = 1.20$

由表中数据，测得 R=400.0  $\Omega$  时的通频带宽为：

$$\Delta f = f_2 - f_1 = 5.130 \text{kHz} - 4.753 \text{kHz} = 0.377 \text{kHz}$$

表 2: R=600.0  $\Omega$  时对 RLC 串联电路中，电阻 R 上的电压随频率 f 的变化

$f/\text{kHz}$	$f_1 = 4.679$	$f_0 = 4.939$	$f_2 = 5.204$
$V_i^{PP}/V$	$V_i^{PP}=2.00$	$V_i^{PP}=2.00$	$V_i^{PP}=2.00$
$V_R^{PP}/V$	$V_R^{PP} = 1.27$	$V_R^{PP} = 1.800$	$V_R^{PP} = 1.27$

由表中数据，粗略测得 R=600.0  $\Omega$  时的通频带宽为：

$$\Delta f = f_2 - f_1 = 5.204 \text{kHz} - 4.679 \text{Hz} = 0.525 \text{kHz}$$

### 实验三：测量谐振状态时 ( $V_i^{PP}$ 、 $V_{R_{\max}}^{PP}$ 值) $V_C^{PP}$ 、 $V_L^{PP}$ 值

情况 1: R=400.0  $\Omega$  时 RLC 串联电路

$$f_0 = 4.932 \text{kHz} \quad V_i^{PP}=2.00 \text{V} \quad V_R^{PP} = 1.70 \text{V} \quad V_C^{PP} = 23.40 \text{V} \quad V_L^{PP} = 24.00 \text{V}$$

对品质因数 Q 值进行讨论：

$$\text{已知数据: } L = 0.2 \text{H} \quad C = 0.005 \mu\text{F} \quad R = 400.0 \Omega$$

$$\text{根据实验 2 表 1 数据: } \omega_0 = 2\pi f_0 = 2 * \pi * 4.932 \text{kHz} = 30.97 \text{kHz}$$

又由分压定理得到： $R_L = \frac{(V_i^{PP} - V_R^{PP})}{V_R^{PP}} \times R = 70.59\Omega$

$$Q_1 = \frac{\omega_0 L}{R + R_L} = \frac{30.97kHz \times 0.2H}{400.0\Omega + 70.59\Omega} = 13.16$$

$$Q_2 = \frac{1}{\omega_0(R + R_L)C} = \frac{1}{30.97kHz \times (400.0\Omega + 70.59\Omega) \times 0.005\mu F} = 13.72$$

$$Q_3 = \frac{V_L}{V_i} = \frac{24.00V}{2.00V} = 12.00$$

$$Q_4 = \frac{V_C}{V_i} = \frac{23.40V}{2.00V} = 11.70$$

$$Q_5 = \frac{f_0}{\Delta f} = \frac{4.932kHz}{0.377kHz} = 13.08$$

$$Q_6 = \frac{1}{R + R_L} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{400\Omega + 70.59\Omega} \sqrt{\frac{0.2H}{0.005\mu F}} = 13.44$$

Q1	13.16
Q2	13.72
Q3	12.00
Q4	11.70
Q5	13.08
Q6	13.44

情况 2：R=600.0Ω 时 RLC 串联电路

$$f_0 = 4.939kHz \quad V_i^{PP} = 2.00V \quad V_R^{PP} = 1.80V \quad V_C^{PP} = 17.40V \quad V_L^{PP} = 18.10V$$

已知数据： $L = 0.2H$   $C = 0.005\mu F$   $R = 600.0\Omega$

根据实验 2 表 2 数据： $\omega_0 = 2\pi f_0 = 2 * \pi * 4.939kHz = 31.02kHz$

又由分压定理得到： $R_L = \frac{(V_i^{PP} - V_R^{PP})}{V_i^{PP}} \times R = 66.67\Omega$

$$Q_1 = \frac{\omega_0 L}{R + R_L} = \frac{31.02kHz \times 0.2H}{600.0\Omega + 66.79\Omega} = 9.30$$

$$Q_2 = \frac{1}{\omega_0(R + R_L)C} = \frac{1}{31.02kHz \times (600.0\Omega + 66.79\Omega) \times 0.005\mu F} = 9.67$$

$$Q_3 = \frac{V_L}{V_i} = \frac{18.10V}{2.00V} = 9.05$$

$$Q_4 = \frac{V_C}{V_i} = \frac{17.40V}{2.00V} = 8.70$$

$$Q_5 = \frac{f_0}{\Delta f} = \frac{4.939kHz}{0.525kHz} = 9.41$$

$$Q_6 = \frac{1}{R + R_L} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{600 \Omega + 66.79 \Omega} \sqrt{\frac{0.2H}{0.005\mu F}} = 9.49$$

Q1	9.30
Q2	9.67
Q3	9.05
Q4	8.70
Q5	9.41
Q6	9.49

**Q 值分析：**两种情况下 6 种公式对计算得到的 Q 值各不相同，可能是实验中对电压幅值极大值的判定不准确、对峰值电压读数不精准等导致的测量误差与实验中仪器不稳定等误差导致各个数值不够准确，造成了各 Q 值的偏差。

思考题（实验过程思考题）

1、根据 RLC 串、并联电路的谐振特点，在实验中如何判断串联、或并联电路达到了谐振状态？

本实验中，根据欧姆定律，可以通过测量电阻上的电压来判定电流大小，从而判断谐振。在串联电路中，回路中电流最大时达到谐振。

实验中用电压表示，保持  $V_i = 2.00V$  不变，改变信号源频率  $f$ ，可以观察交变电压从小变大再从大变小，不断调整至  $V_R$  幅值达到极大值，电路即达到了谐振状态；观察示波器，可运用双踪显示法寻找  $V_R$  幅值达到极大值时信号源频率  $f$ ，也可运用李萨如图形法观测图像最趋于直线时的信号源频率  $f$ 。满足条件的  $f$  即为需要的  $f_0$ 。

在并联电路中，则是主回路中电流最小时达到谐振。

实验中用电压表示，保持  $V_i = 2.00V$  不变，改变信号源频率  $f$ ，至  $V_R$  幅值达到极小值，电路即达到了谐振状态。

2、在测量串联谐振总电流的幅频曲线（数据点）过程中，在谐振频率  $\nu_0$  点处，二正弦信号的振幅、 $V_R^{PP}$  和  $V_i^{PP}$ ，最好特别关注测量一下。目的是什么？

由于串联谐振总电流的幅频曲线中，通频带宽度是该曲线表现的重要参数。而对通频带的一般规定：在电路的通用谐振曲线上，比值不小于 0.707 的频率范围是放大电路的通频带，并以 BW 表示。为了较为准确地测量通频带，确定其频率范围，需要特别关注谐振频率的峰值及其相关参数，即最好特别关注测量在谐振频率  $\nu_0$  点处，二正弦信号的振幅、 $V_R^{PP}$  和  $V_i^{PP}$ 。

3、串联电路谐振时，电容与电感上的瞬时电压的相位关系如何？若将电容和电感两端接到

示波器 X、Y 轴上，将看到什么现象？真的能观测到此现象吗？为什么？

电路中的电流与电阻两端的电压是同向位的。

串联电路谐振时，将电容电压、电感电压分别与电流的相位作比较：

电容电压，比电流滞后  $\frac{\pi}{2}$  相位；电感电压，比电流超前  $\frac{\pi}{2}$  相位，所以电容电感瞬时电压相位差为  $\pi$ 。

因为电容电感瞬时电压相位差为  $\pi$ ，他们的电压大小相同，符号相反。若将电容和电感两端接到示波器 X、Y 轴上，应当会出现一条经过二四象限、斜率为-1 直线。