



南京邮电大学
Nanjing University of Posts and Telecommunications

电工电子实验报告

课程名称： 电工电子基础实验

实验项目： 串联谐振电路

学 院： 自动化学院、人工智能学院

班 级： B210416

学 号： B21080526

姓 名： 单家俊

指导教师： 陈建飞

学 期： 2022-2023 学年第 一 学期

串联谐振电路

一、 实验目的

1. 研究 RLC 串联谐振电路的幅频特性。
2. 对品质因数 Q 与电路其他参量的关系加深理解。

二、 主要仪器设备及软件

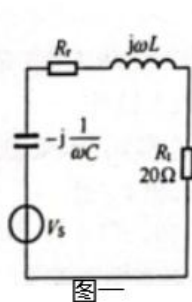
硬件：函数信号发生器、示波器、万用表、电阻、电感、电容等
软件：无

三、 实验原理

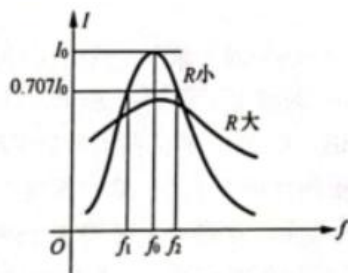
下图（左 1）是 RLC 串联电路的复频域表示。电源的负载阻抗 $Z=R+j\left[\omega L-1/(\omega C)\right]$ ，是角频率 ω 的函数。其中 $R=R_t+R_r$ ， R_r 为电感的等效电阻。

电流 I 与信号频率的关系曲线称为串联谐振曲线，如图 2 所示。

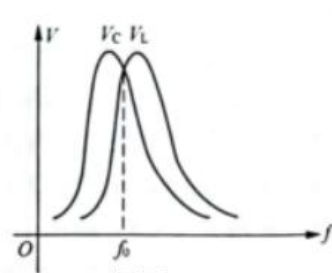
RLC 串联电路谐振时，I 达到最大值，且与电压同相。此时的频率 f_0 称为谐振频率。电容上电压 V_C 和电感上电压 V_L 与 f 的关系如图 3 所示，可见 V_C 出现最大值的频率小于 f_0 ， V_L 出现最大值的频率大于 f_0 。电路串联谐振时有如下特点。



图一



图二

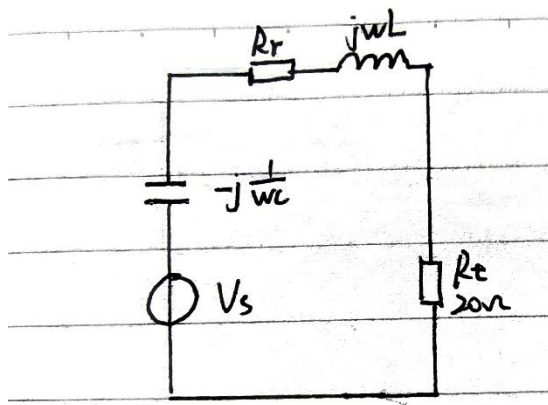


图三

- (1) 感抗等于容抗： $X_L0 - X_C0 = 0$ 。
- (2) 谐振频率： $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ ， $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ 。
- (3) 等效阻抗最小且为纯电阻： $Z_0 = R = R_t + R_r$ 。
- (4) 回路电流最大： $I_0 = V_s / R_0$ 。
- (5) L 和 C 上的电压： $V_{C0} = V_{L0} = QV_s$ 。
- (6) 电路 Q 值： $Q = \omega_0 L / R = 1/(\omega_0 RC) = L/C / R = f_0 / (f_2 - f_1)$ 。
- (7) 通频带： $WB = f_2 - f_1 = f_0 / Q = R / (2\pi L)$ 。

由上图（左 2）可见，对应 $I=0.707 I_0$ 的频率为半功率点频率，分别称为 f_1 、 f_2 。半功率点的电压与电流相位差为 $\pm 45^\circ$ 。

四、 实验电路图



图四. RLC 串联电路

五、 实验数据分析和实验结果

1. 测谐振频率

（1）如图接线。信号源输出正弦波， f 任意，保持 $V_s=500\text{mV}$ 。

（2）调整信号源频率，根据谐振时回路电流最大，即电阻 R_t 上电压 V_{Rt} 最大，找出谐振频率 $f_0=6751\text{Hz}$ 。

（3）将 V_s 和 R_t 分别送入示波器两个通道，用 5.5 节的双迹法找出谐振频率 $f_0'=6762\text{Hz}$ 。

（4）测量谐振时的 $V_{Rt0}=147.2\text{mV}$ 、 $V_{C0}=1.719\text{V}$ 、 $V_{L0}=1.693\text{V}$ 。

2. 测半功率点：示波器置双踪工作方式，将 V_s 和 V_{Rt} 分别送入两个通道，用相位差测量方法找出半功率点频率 f_1 和 f_2 ，并验证 V_{Rt} 是否等于 $0.707 V_{Rt0}$ 。

$f_1=5762\text{Hz}$ ，此时 $V_{Rt}=96.9\text{mV}$ ； $f_2=7791\text{Hz}$ ，此时 $V_{Rt}=111.1\text{mV}$ 。

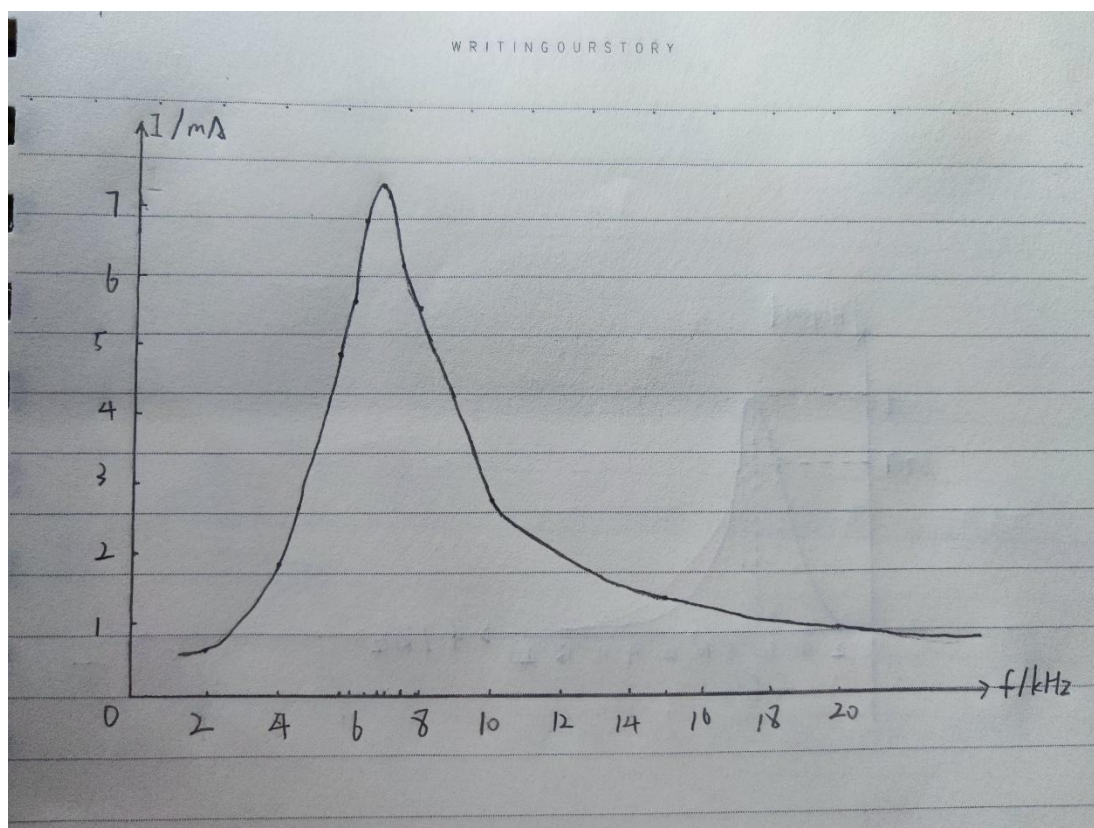
3 验证 Q 值：根据 $Q=V_{C0}/V_s$ 及 $Q=f_0/(f_2-f_1)$ 计算出两个 Q 值，进行相等的验证，如果误差太大，则测试有误，需要重测。

$Q=V_{C0}/V_s=3.44$ $Q=f_0/(f_2-f_1)=3.33$

4 测量谐振曲线：在 $2\text{kHz}\sim 20\text{kHz}$ 范围内选择频率测出个频率下的 V_{Rt}

f/kHz	2.0	4	f_1	6	6.4	f_0	7	7.5	f_2	10	15	20
V_{Rt}/V	0.0137	0.0367	0.0969	0.1127	0.1371	0.1472	0.1438	0.1236	0.1111	0.0553	0.0266	0.0181
I/mA	0.685	1.835	4.845	5.635	6.855	7.36	7.19	6.18	5.555	2.765	1.33	0.905

5 根据测试结果，画出 $I-f$ 串联谐振曲线。

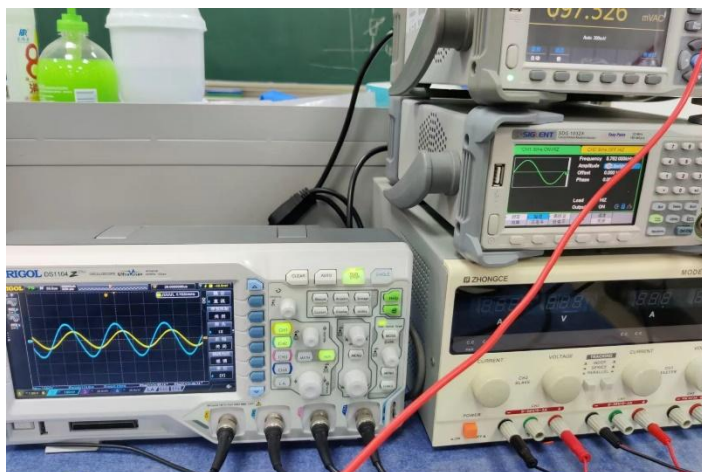
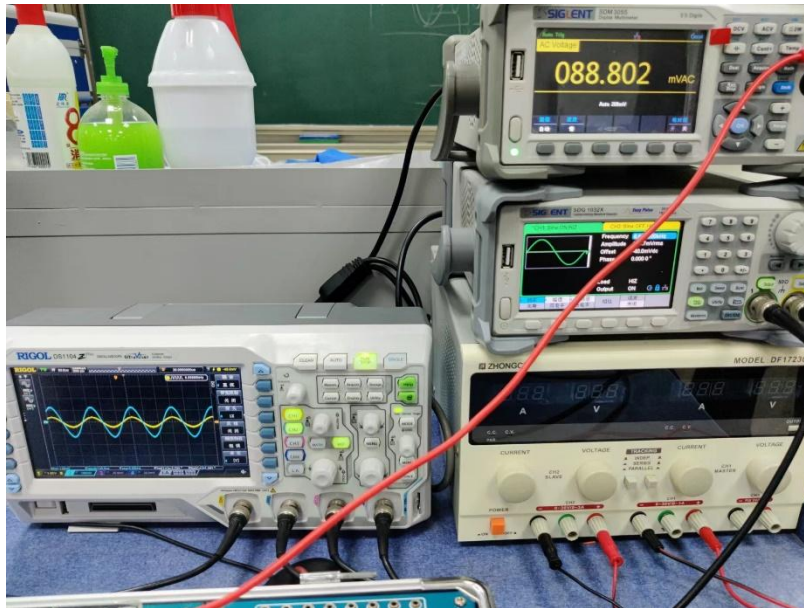


六、 实验小结

误差来源：

- (1) 系统本身就存在的误差，这是无法避免的。
- (2) 测量谐振频率 f_0 的时候，调节信号源的同时读数，可能万用表还没有达到最大值或者过了最大值的时候才读数，这样测量出来的数据与理论值有一定的差距。
- (3) 测量谐振频率 f_0' 的时候，示波器上的图像相位差并没有完全为零，可能还存在误差，但是并不能分辨出来，这样得到的数据也没有很精确。

七、 附录



思考题

1 简要叙述串联谐振电路的特点和作用。

谐振时的特点：

- (1) 感抗等于容抗： $X_{L0} - X_{C0} = 0$ 。
- (2) 谐振频率： $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ ， $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ 。
- (3) 等效阻抗最小且为纯电阻： $Z_0 = R = R_t + R_r$ 。
- (4) 回路电流最大： $I_0 = V_s / R$ 。
- (5) L 和 C 上的电压： $V_{C0} = V_{L0} = QV_s$ 。
- (6) 电路 Q 值： $Q = \omega_0 L / R = 1/(\omega_0 RC) = L/C / R = f_0 / (f_2 - f_1)$ 。
- (7) 通频带： $WB = f_2 - f_1 = f_0 / Q = R / (2\pi L)$ 。

作用：起到选频的作用，也可用于振荡电路中。

2 如果 f_0 和 f_0 不等，且误差较大，你认为哪个更准确？为什么？

f_0 ，因为谐振时回路电流最大是串联谐振电路的特点之一。

3 V_{Rt0} 为什么不等于 V_s ？

电感存在等效电阻，且导线也会存在一定的电阻，起到分压的效果。

4 分析电路中 R 的大小对 Q 值的影响，以及 Q 值的大小对通频带 B 及 I-f 串联谐振曲线形状的影响。

R 越大，Q 越小；Q 越大，B 越小；Q 越大，串联谐振曲线越平缓， I_0 越大。

5 可以根据半功率点 $V_{Rt} = 0.707 V_{Rt0}$ 的结论，用台式万用表测量电压的方法确定半功率点的频率。简要叙述测试方法。

先测量谐振时 V_{Rt0} 的大小，然后调节信号发生器的频率，使电阻两端的电压 $V_{Rt} = 0.707 V_{Rt0}$ ，此时的频率即为其中一个半功率点，另一个半功率点的测量方法也是如此。