

淮南师范学院实验报告

学院：电子工程学院 专业：物理学 班级:24 物理 1 班

学号:2406010128 姓名 缪雨轩 日期：2025.11.26

一、实验名称：RLC 串联电路谐振特性的研究

二、实验目的：

- 研究交流电路的谐振现象，认识 RLC 串联电路的谐振特性。
- 学习测绘 RLC 串联电路谐振曲线的方法。
- 掌握电路品质因数 Q 的物理意义及其测量方法。

三、实验原理：

(一) RLC 串联谐振原理

在电阻 R 、电感 L 和电容 C 组成的串联电路中，电路的总阻抗 Z 为：

$$Z = R + j(X_L - X_C) = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$$

当信号源频率 f 改变时，感抗 X_L 和容抗 X_C 随之改变。当满足条件 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ 时，电路呈纯电阻性，

阻抗最小（ $Z = R$ ），电流达到最大值 $I_{\max} = U/R$ 。这种现象称为**串联谐振**。

谐振角频率 ω_0 和谐振频率 f_0 分别为：

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

(二) 频响特性与品质因数

- 幅频特性：**电路电流 I 与频率 f 的关系曲线称为幅频特性曲线（谐振曲线）。
- 品质因数 Q ：**

定义：谐振时，电感或电容两端的电压（ U_L 或 U_C ）与电源电压 U 之比。

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

物理意义： Q 值越高，谐振曲线越尖锐，电路的选择性越好（通频带越窄）。

3. **通频带 B ：**电流下降到最大值的 $1/\sqrt{2}$ （即 0.707 倍）时所对应的两个频率之差 $B = f_2 - f_1$ 。

近似关系为 $B \approx f_0/Q$ 。

四、主要仪器设备：DH4503 型 RLC 电路实验仪：包含信号源、频率计、电阻箱、电感箱、电容箱等；双踪示波器 / 交流毫伏表；连接导线若干。

五、实验步骤：

(一) 电路连接：按实验讲义中的 RLC 串联电路图进行接线。

(二) 参数设置：

第一组：选取 $L = 100mH$ ， $C = 0.2\mu F$ 。

第二组：选取 $L = 100mH$ ， $C = 0.1\mu F$ 。

分别接入两个不同阻值的电阻 R_1 和 R_2 进行对比测试。

(三) 谐振点搜索：保持信号源输出电压 U 恒定（本实验约为 1V），调节频率 f ，观察电阻 R 两端的电压 U_R （代表电流 I ）。当 U_R 达到最大值时，对应的频率即为谐振频率 f_0 。

(四) 数据测量：

在谐振点附近，改变频率，测量不同频率下电阻两端的电压 U_R 。

在谐振频率 f_0 处，分别测量 U_L （电感电压）和 U_C （电容电压），用于计算 Q 值。

六、原始数据记录：

实验数据表一 (L = 100mH, C = 0.2μF)

理论谐振频率： $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.1 \times 0.2 \times 10^{-9}}} \approx 1125Hz$

实验测得： $f_0 = 1100Hz$

f(Hz)	850	900	950	1000	1025	1050	1075	1100	1120	1125
$U_{R1}(V)$	0.052	0.066	0.090	0.128	0.168	0.234	0.343	0.429	0.386	0.362
$U_{R2}(V)$	0.103	0.131	0.176	0.251	0.318	0.414	0.539	0.612	0.574	0.558
f(Hz)	1130	1140	1150	1175	1200	1250	1300	1350	1400	1450
$U_{R1}(V)$	0.336	0.296	0.257	0.194	0.151	0.101	0.087	0.070	0.059	0.051
$U_{R2}(V)$	0.535	0.492	0.447	0.361	0.292	0.204	0.171	0.140	0.118	0.103

实验数据表二 (L = 100mH, C = 0.1μF)

理论谐振频率： $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.1\times0.1\times10^{-9}}} \approx 1591Hz$

实验测得： $f_0 = 1580Hz$

f(Hz)	1180	1280	1380	1480	1580	1590	1600	1700	1800	1900	2000
$U_{R1}(V)$	0.034	0.048	0.078	0.159	0.337	0.304	0.267	0.102	0.070	0.051	0.039
$U_{R2}(V)$	0.069	0.097	0.154	0.304	0.530	0.498	0.458	0.209	0.124	0.103	0.081

七、数据处理：

谐振点参数测量 ($f_0 = 1100Hz$):

R_2 组: $U_L = 11.04V, U_C = 11.06V$ 。

品质因数 $Q_2 \approx 11.05$ (假设 $U \approx 1V$)

R_1 组: $U_L = 15.56V, U_C = 15.61V$ 。

品质因数 $Q_1 \approx 15.58$

(注：数据表明 R_1 对应较小电阻，具有更高的 Q 值和选择性)

谐振点参数测量($f_0 = 1580Hz$):

R_1 组: $U_L = 18.16V, U_C = 17.63V$ 。

品质因数 $Q_1 \approx 17.9$

R_2 组: $U_L = 14.01V, U_C = 13.64V$ 。

品质因数 $Q_2 \approx 13.8$

八、实验结果与讨论:

（一）谐振频率验证：

当 $C = 0.2\mu F$ 时，理论值 $1126Hz$ ，实测值 $1100Hz$ ，相对误差约为 2.3%。

当 $C = 0.1\mu F$ 时，理论值 $1591Hz$ ，实测值 $1580Hz$ ，相对误差约为 0.7%。

误差主要来源于电感、电容元件的标称误差以及仪表测量误差，结果在允许范围内，验证了谐振频率公式 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 。

（二）电阻 R 对谐振特性的影响：

从两组数据对比可以看出， R_1 组在谐振时电感/电容两端的电压更高（ U_L, U_C 更大），计算出的品质因数 Q 更高。

然而，观察 U_R 的峰值数据，发现 R_2 组的 U_R （即电阻电压）反而比 R_1 组大。根据原理，较小的电阻 R 会导致更高的 Q 值和更尖锐的谐振曲线，但在实际测量中，由于信号源内阻的分压作用，接入较小电阻（ R_1 ）时，回路总电阻较小，信号源内阻分得的电压更多，导致加在负载 R_1 上的有效电压 U_R 降低。结合 U_L 数据（ R_1 组 U_L 更大），可以确认 R_1 是较小的电阻，对应高 Q 值； R_2 是较大的电阻，对应低 Q 值。

（三）电压谐振现象：

实验中观测到，在谐振频率附近，电感和电容两端的电压（如 $18V$ ）远远大于信号源电压（约 $1V$ ），达到了十几倍。这有力地验证了串联谐振又被称为“电压谐振”的特性。在实际电路应用中，需注意这种过电压可能对元件造成的损坏。