**中山大学**

**电路基础实验报告**

**完成人： 雷俊峰、李冬**

**学号： 19308069、19308072**

**一、****实验目的**

通过本次实验， 达到以下目的：

1.RLC 串联电路的幅频特性与谐振现象：

·测定 R、L、C 串联谐振电路的频率特性曲线。

·观察串联谐振现象，了解电路参数对谐振特性的影响。

2. RC 电路频率特性的研究：

·研究 RC 电路的频率特性。

·初步了解文氏电路的应用，组成正弦波振荡器。

**二、仪器设备**

1.TPE-DG2L电路分析实验箱，主要使用：

不同阻值电阻（1kΩ、510kΩ、滑动变阻器）、电线等

2.SIGLENT SDM3065X 数字万用表

3.SIGLENT SPD3303X 可编程线性直流电源

4.SIGLENT SDS5000X 双踪示波器

5.SIGLENT SDG-6000X-E 函数信号发生器

**三、实验原理与内容**

1. RLC 串联电路的幅频特性和谐振现象

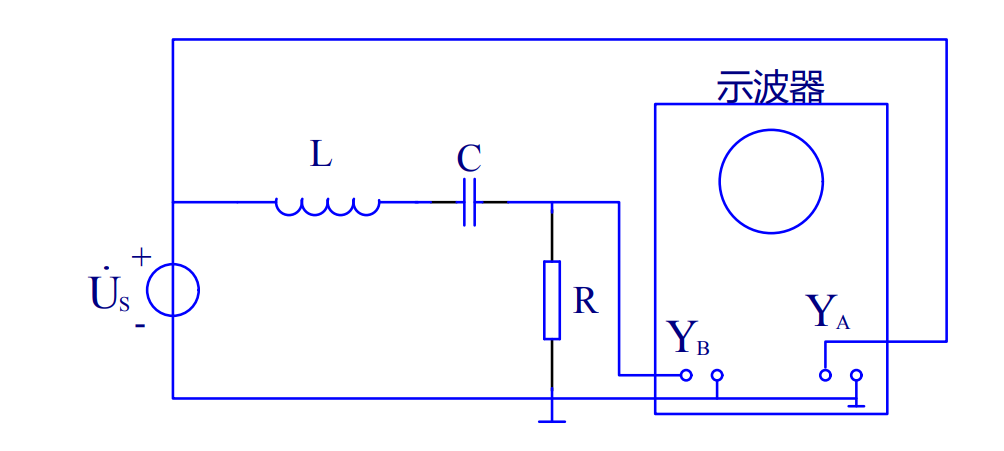
（1）实验目的

1.测定 R、L、C 串联谐振电路的频率特性曲线。

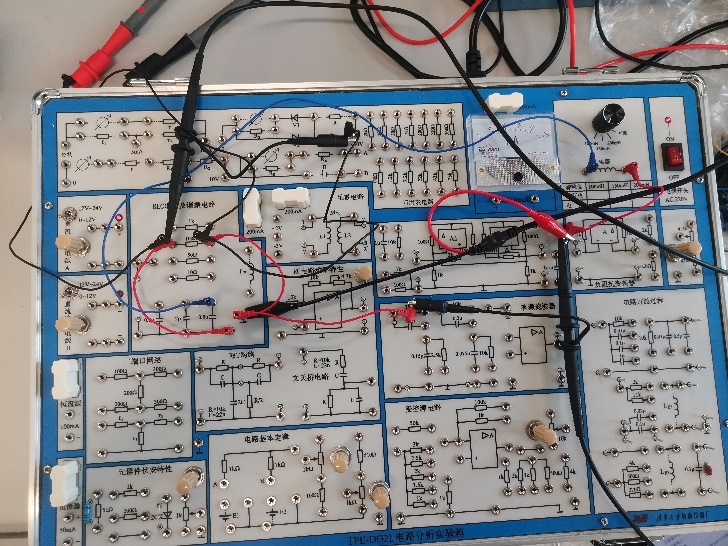
2.观察串联谐振现象，了解电路参数对谐振特性的影响。

（2）实验内容及步骤

按图 10-1 连接线路，电源 为低频信号发生器。将电源的输出电压接示波器的 插座，输出电流从 R 两端取出，接到示波器的 插座以观察信号波形，取 ，电源的输出电压 。



**图10.1**



**图10.2 RLC电路接线**

**1．计算和测试电路的谐振频率**

① ，用L、C之值代入式中算出 。

计算得到

② 测试：用交流毫伏表接在 R 两端，观察 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 最大时电路即发生谐振，此时的频率即为 。



**图10.3 R、L、C谐振波形**

**·误差分析：**

**真实实验电路发生谐振时输入电源的频率大概为 。推测可能是因为电路中电容、电感、电阻等元件参数与计算的标准值有误差导致的结果偏差，误差大小处于可接受范围内。**

**以下实验内容均按照真实谐振频率 进行。**

**2．测定电路的幅频特性**

① 以 为中心，调整输入电源的频率从 100Hz~2000Hz，在 附近，应多取些测试点。用交流毫伏表测试每个测试点的 值，然后计算出电流 I 的值，记入表格 10-1 中。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***f* (Hz)** | **100** | **300** | **500** | **700** | **710** | **720** | ***724( )*** |
| ***U R* (mV)** | 9.2926 | 32.7871 | 83.667 | 283.916 | 292.019 | 295.82 | 297.471 |
| ***I*(mA)** | 0.92926 | 3.27871 | 8.3667 | 28.3916 | 29.2019 | 29.582 | 29.7471 |

**表10.1**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **730** | **750** | **800** | **1000** | **1300** | **1600** | **2000** |
| 295.13 | 282.228 | 219.96 | 94.9671 | 52.3807 | 37.2138 | 27.3255 |
| 29.513 | 28.2228 | 21.996 | 9.49671 | 5.23807 | 3.72138 | 2.73255 |

**表10.1-续**

·计算：因为 ，所以 。

② 保持 ，改变 R，使 ，即改变了回路Q值，重复步骤①，记入表格 10-2 中。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***f* (Hz)** | **100** | **300** | **500** | **700** | **710** | **720** | ***724( )*** |
| ***U R* (mV)** | 91.9981 | 320.789 | 758.244 | 1547.052 | 1559.793 | 1565.419 | 1565.741 |
| ***I*(mA)** | 9.19981 | 32.0789 | 75.8244 | 154.7052 | 155.9793 | 156.5419 | 156.5741 |

**表10.2**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **730** | **750** | **800** | **1000** | **1300** | **1600** | **2000** |
| 1564.254 | 1542.446 | 1409.502 | 838.681 | 500.207 | 362.138 | 268.41 |
| 156.4254 | 154.2446 | 140.9502 | 83.8681 | 50.0207 | 36.2138 | 26.841 |

**表10.2-续**

·计算：因为 ，所以 。

**3．测定电路的相频特性**

①仍保持 。以 为中心，调整输入电源的频率从 100Hz~2000Hz。在 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 ，数据记入表10.3。



**图10.4 通过光标测量相位差**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***f* (Hz)** | **100** | **300** | **500** | **700** | **710** | **720** | ***724*** |
| **Δt（ms）** | -2.46 | -0.8 | -0.46 | -0.12 | -0.07 | -0.02 | 0 |
| **T(ms)** | 10 | 3.3333333 | 2 | 1.4285714 | 1.4084507 | 1.3888889 | 1.38121547 |
| **Δt/T** | -0.246 | -0.24 | -0.23 | -0.084 | -0.0497 | -0.0144 | 0 |
| **Δφ(°)** | -88.56 | -86.4 | -82.8 | -30.24 | -17.892 | -5.184 | 0 |
| **Δφ(rad)** | -1.545664 | -1.507964 | -1.445133 | -0.527788 | -0.312274 | -0.090478 | 0 |

**表10.3**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **730** | **750** | **800** | **1000** | **1300** | **1600** | **2000** |
| 0.025 | 0.12 | 0.205 | 0.225 | 0.18 | 0.15 | 0.122 |
| 1.369863 | 1.3333333 | 1.25 | 1 | 0.769230769 | 0.625 | 0.5 |
| 0.01825 | 0.09 | 0.164 | 0.225 | 0.234 | 0.24 | 0.244 |
| 6.57 | 32.4 | 59.04 | 81 | 84.24 | 86.4 | 87.84 |
| 0.1146681 | 0.5654867 | 1.0304424 | 1.4137167 | 1.470265362 | 1.5079645 | 1.5330972 |

**表10.3-续**

**·测量数据与处理：**

**首先通过光标之间的时间差读出电源输入波形和电阻R上的输出波形时间差Δt，然后根据公式 计算得出相应的波形周期。由于电容电阻对电路的影响仅仅是产生相移，所以电源输入和输出之间周期相同，即可根据 得到相差值对周期的比值，从而换为以°为单位的 ，进而换算为弧度值的相位差。**

② 保持 ，改变 R，使 ，即改变了回路Q值，重复步骤①，记入表格 10.4 中。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***f* (Hz)** | **100** | **300** | **500** | **700** | **710** | **720** | ***724*** |
| **Δt（ms）** | -2.5 | -0.78 | -0.4 | -0.05 | -0.02 | -0.005 | 0 |
| **T(ms)** | 10 | 3.3333333 | 2 | 1.4285714 | 1.4084507 | 1.3888889 | 1.38121547 |
| **Δt/T** | -0.25 | -0.234 | -0.2 | -0.035 | -0.0142 | -0.0036 | 0 |
| **Δφ(°)** | -90 | -84.24 | -72 | -12.6 | -5.112 | -1.296 | 0 |
| **Δφ(rad)** | -1.570796 | -1.470265 | -1.256637 | -0.219911 | -0.089221 | -0.022619 | 0 |

**表10.4**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **730** | **750** | **800** | **1000** | **1300** | **1600** | **2000** |
| -0.005 | 0.06 | 0.11 | 0.185 | 0.17 | 0.14 | 0.114 |
| 1.369863 | 1.3333333 | 1.25 | 1 | 0.769230769 | 0.625 | 0.5 |
| -0.00365 | 0.045 | 0.088 | 0.185 | 0.221 | 0.224 | 0.228 |
| -1.314 | 16.2 | 31.68 | 66.6 | 79.56 | 80.64 | 82.08 |
| -0.022934 | 0.2827433 | 0.5529203 | 1.1623893 | 1.388583953 | 1.4074335 | 1.4325663 |

**表10.4-续**

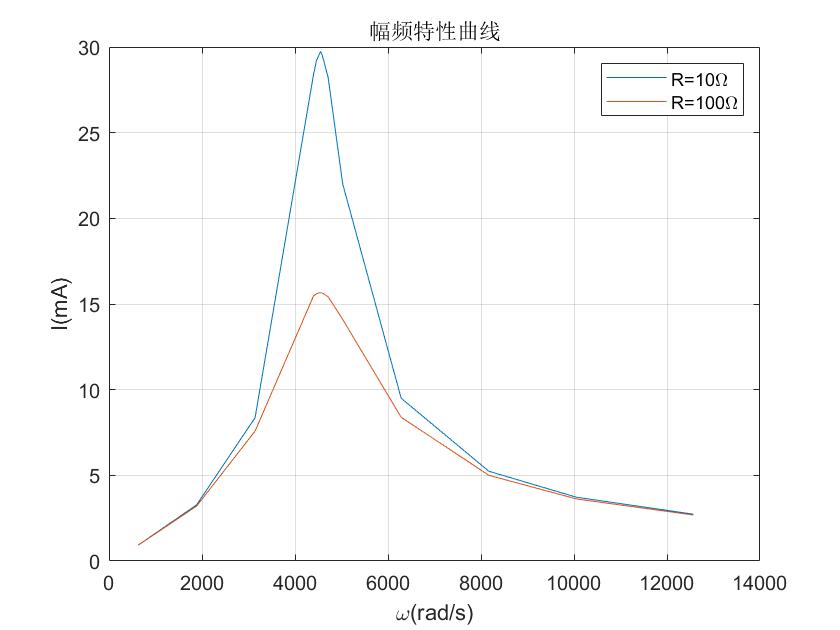
**·测量数据与处理：**

**同①。**

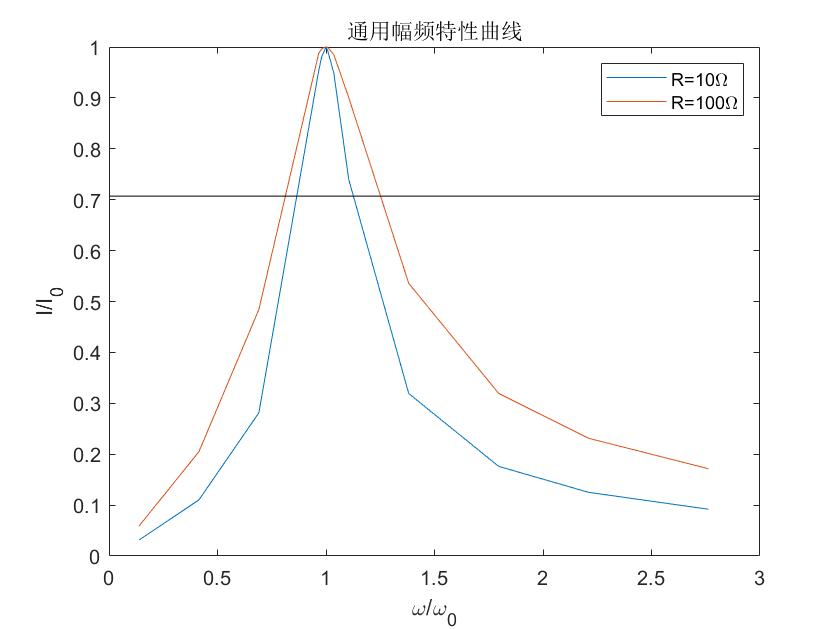
（3）实验分析及思考

1．根据实验数据，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，并作扼要分析。

①不同 Q 值下的幅频特性曲线



**图10.5 幅频特性曲线**



**图10.6 通用幅频特性曲线**

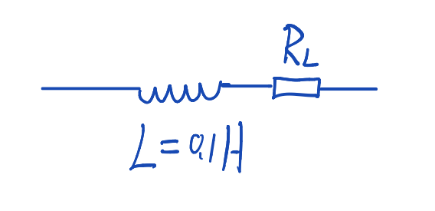
**·曲线分析：**

**（1）由于RLC电路中总阻抗为 ，发生谐振时 有公式 ，此时电路呈现电阻性。理论上来讲应该有 和 。**

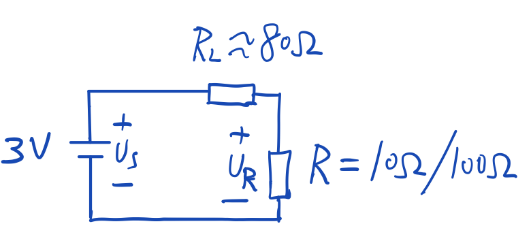
**已知两次测量时电路中 、 ，也即理论上两个曲线对应的 应该是10倍关系。但是从图10.5幅频特性曲线可以看出两个不同Q值时的电路仅有2倍的关系。**

**误差分析：**

**猜测数据误差是因为电感内部的电阻分压导致的误差。由于电路中的电感L不是理想电感，设电感的真是模型为理想电感串联一个内阻 ：**



**画出谐振时分压电路图：**



**根据方程 ，可以算出 。此时，对于两次测量（ 、 ）， 。**

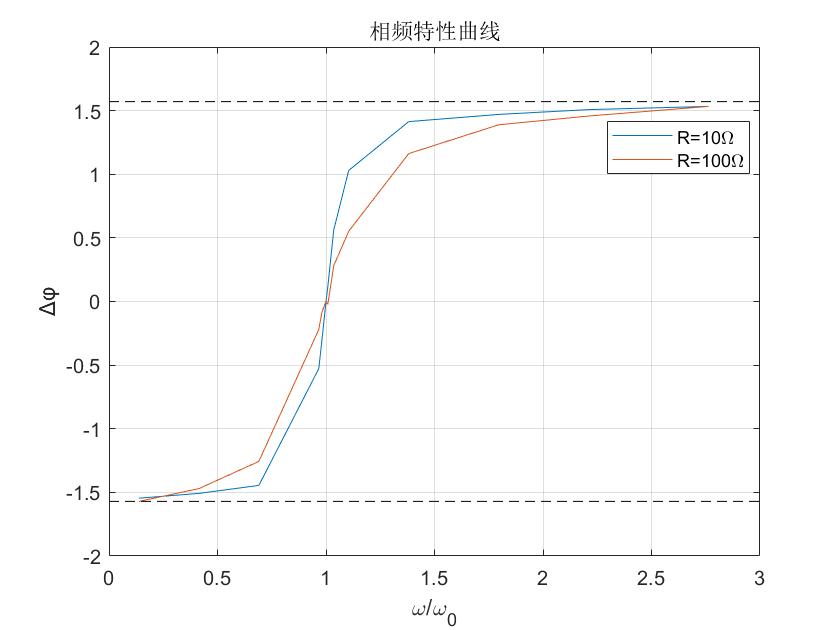
**（2）由于改变电路中的R只改变Q值，根据Q的公式可以得到，然 Q 值越大，幅频特性曲线越尖锐。**

**观察以上幅频特性曲线和通用幅频特性曲线，R=10Ω时Q值更大，曲线更尖锐。**

**（3）在通用幅频特性曲线中作 直线与幅频特性曲线相交得到不同Q值下对应的通频带。**

**显然，Q值越大，谐振时的通频带越窄，也即电路的选择性越好。**

②不同 Q 值下的相频特性曲线



**图10.7 通用相频特性曲线**

**·曲线分析：**

**据图可以看出，当电源输入频率从0变到 时，电抗由−∞变到0，ϕ 角从 变到0，电路为容性；**

**当电源输入频率从 增大到∞时，电抗由 0 增到∞，ϕ角从 0 增到 ，电路为感性。**

**根据测量数值画出的曲线符合理论分析。**

2．用哪些实验方法可以判断电路处于谐振状态？

①RLC电路处于谐振时，由于 。此时复阻抗 Z 达最小，电路呈现电阻性，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

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：

3．实验中，当 R、L、C 串联电路发生谐振时，是否有 及 ？ 若关系不成立，试分析其原因。

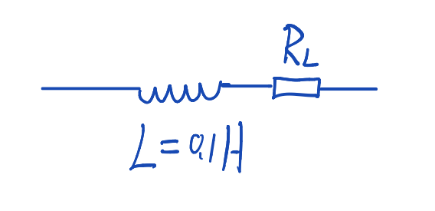
分析：根据表10.1和表10.2测量得到的数据可以看出，电源输入频率为 ，发生谐振时。 、，并且有数值关系为：

·当R=10Ω时 ；

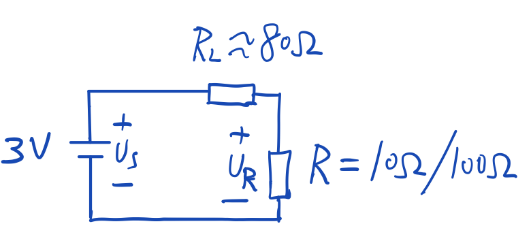
·当R=100Ω时 ；

**误差分析：**

猜测数据误差是因为电感内部的电阻分压导致的误差。由于电路中的电感L不是理想电感，设电感的真是模型为理想电感串联一个内阻 ：



根据之前分析幅频特性曲线时计算得到的 大约为80Ω左右，画出谐振时分压电路图：



根据欧姆定理可以估算得到：

·当R=10Ω时 ；

·当R=100Ω时 。

检查表10.1和表10.2中数据得到：

·当R=10Ω时 ；

·当R=100Ω时 。

猜测验证。

综上，是因为电感内部的电阻分压导致的谐振时电源电压没有全部加在电阻上，电路中电阻大于所测量的电阻。

2. RC 电路频率特性的研究

（1）实验目的

（2）实验原理

（3）预习内容

（4）实验内容及步骤

（5）实验分析及思考

**四、实验中的问题和体会**

实验总结：

遇到的问题：

解决方法：

获得的经验：