

实验五 谐振频率测量

姓名：夏卓 学号：2020303245

一、实验任务

- (1) 根据电路原理图搭建电路， $R=100\Omega$ ， $C=0.1\mu\text{F}$ ， $L=100\text{mH}$ ，确定对应的谐振频率。
- (2) 利用双表法测量 $R=100\Omega$ 和 $R=5000\Omega$ 时对应的幅频特性曲线（曲线至少测 7 个点）。
- (3) 测定 $R=100\Omega$ 对应的谐振频率与通带范围并与理论值比较。
- (4) 思考信号源内阻的影响，根据测量的数据画出幅频特性曲线，并计算 Q 及通频带。

二、实验原理

1、串联谐振相关概念

在具有电阻 R 、电感 L 和电容 C 元件的交流电路中，电路两端的电压与其中电流相位一般是不同的。如果调节电路元件(L 或 C)的参数或电源频率，可以使它们相位相同，整个电路呈现为纯电阻性。电路达到这种状态称之为谐振，此时外界输入的正弦信号频率与 RLC 电路的固有频率 f_0 相等。

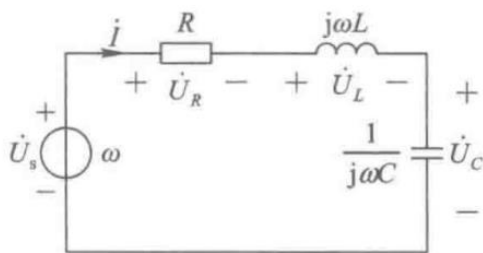


图 8-1 串联谐振电路

谐振的实质是电容中的电场能与电感中的磁场能相互转换，此增彼减，完全补偿。电场能和磁场能的总和时刻保持不变，电源不必与电容或电感往返转换能量，只需供给电路中电阻所消耗的电能。

在电阻、电感及电容所组成的串联电路内，电路中的电压 u 与电流 i 的相位相同，电路呈现电阻性，这种现象叫串联谐振。此时电路容抗等于感抗，即 $X_C=X_L$ ，电路中总阻抗最小，电流达到最大值 $I_{\max}=|U|/R$ 。

2、双表法测量谐振频率

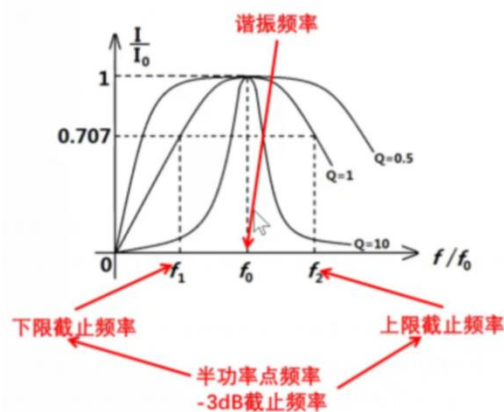
①使函数信号发生器输出正弦信号

②调节输出电压（可任意电压 2V, 3V...）

③调节函数发生器频率（从 1Hz 逐渐变大观察电阻上电压的变化），寻找电阻电压 V_2 的最大值 V_{\max} ，此时对应的频率为谐振频率 f_0 。

④调节函数信号发生器的输出电压，使 V_1 某一固定值（如 1V）时（ V_1 始终为这个固定值），记下电阻两端电压，然后不断改变函数信号发生器的输出频率和输出电压，使得 V_1 始终等于 1V 时测出 V_2 为 $0.707V_{\max}$, $0.5V_{\max}$, $0.3V_{\max}$, $0.1V_{\max}$ 时对应的频率。

3、幅频特性曲线



当保持输入信号的幅度不变，改变频率使输出信号降至最大值的 0.707 倍，即用频响特性来表述即为 -3dB 点处即为截止频率，它是用来说明频率特性指标的一个特殊频率。

在高频端和低频端各有一个截止频率，分别称为上截止频率和下截止频率。通频带即是两个截止频率之间的频率范围。

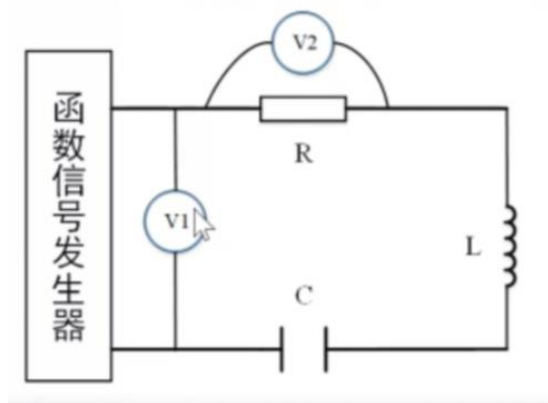
电路固有谐振频率：

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

通频带：

$$B_f = \frac{f_0}{Q}$$

三、实验电路方案



四、测试与分析

1. 测试用仪器

仪器名称	数量
函数信号发生器	1
交流毫伏表	2
电阻箱	1
0.1 μ F 电容	1
100mH 电感	1
导线	若干

2. 测试步骤

- (1) 按电路原理图正确连接电路。
- (2) 调节函数发生器，使其输出正弦信号
- (3) 调节输出电压。
- (4) 调节函数发生器频率（从 1Hz 逐渐变大观察电阻上电压的变化），寻找电阻电压 V2 的最大值 V_{\max} ，此时对应的频率为谐振频率 f_0 。
- (5) 调节函数信号发生器的输出电压，使 V1 某一固定值（如 1V）时（V1 始终为这个固定值），记下电阻两端电压，然后不断改变函数信号发生器的输出频率和输出电压，使得 V1 始终等于 1V 时测出 V2 为 $0.707V_{\max}$ ， $0.5V_{\max}$ ， $0.3V_{\max}$ ， $0.1V_{\max}$ 时对应的频率。

(6) 根据测量的数据画出幅频特性曲线，并计算 Q 及通频带。

(7) 调节电阻箱阻值为 5000Ω ，重复上述实验。

3. 数据记录

(1) $R=100\Omega$

			f_1	f_0	f_2		
f/kHz	0.978	1.445	1.502	1.587	1.659	1.721	2.544
U/V	0.101	0.507	0.717	1.014	0.717	0.507	0.101

(2) $R=5000\Omega$

			f_1	f_0	f_2		
f/kHz	0.032	0.181	0.306	1.579	8.168	13.781	78.120
U/V	0.102	0.512	0.723	1.023	0.723	0.512	0.102

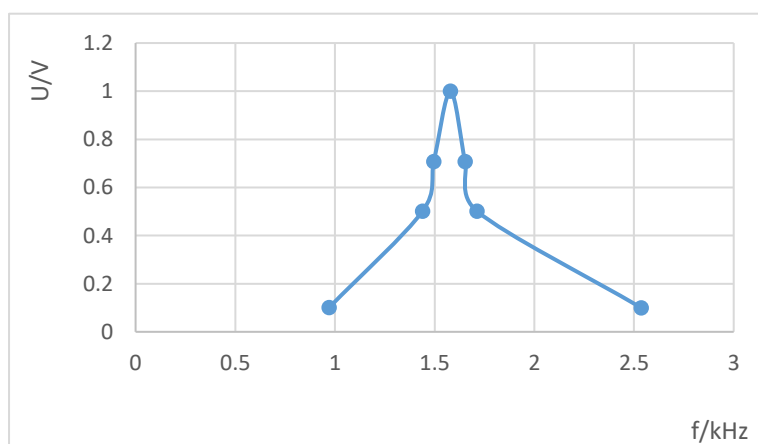
4. 数据处理及幅频特性曲线

(1) 当 $R=100\Omega$ ， $C=0.1\mu F$ ， $L=100mH$ 时，

理论值： $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 1.591kHz$ ， $Q=10$ ，通带范围 $\Delta f=f_0/Q=0.159kHz$ 。

实测值： $f_0=1.587kHz$ ，通频带 $\Delta f=f_2-f_1=0.157kHz$ ， $Q=f_0/\Delta f=10.11$ 。

幅频特性曲线：

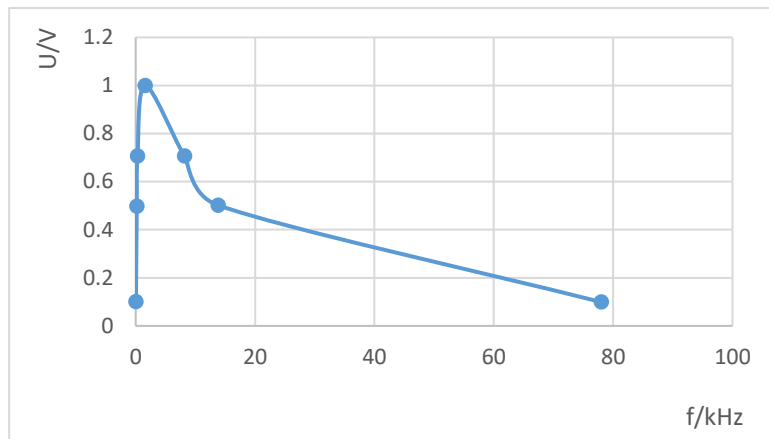


(2) 当 $R=5000\Omega$ ， $C=0.1\mu F$ ， $L=100mH$ 时，

理论值： $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 1.591kHz$ ， $Q=0.2$ ，通带范围 $\Delta f=f_0/Q=7.955kHz$ 。

实测值： $f_0=1.579kHz$ ，通频带 $\Delta f=f_2-f_1=7.862kHz$ ， $Q=f_0/\Delta f=0.201$ 。

幅频特性曲线：



五、分析与结论

1、信号源有内阻吗？如果有分析一下内阻对本次实验的影响，并给出消除内阻所造成的测量误差的方法。

答：信号源存在内阻，信号源内阻存在会导致电路品质因数变低，通频带变宽，使电路的选择性变差，但对谐振频率没有影响。为减小内阻影响，可以对电压源并联一个小电阻，对电流源串联一个大电阻，或者在实验前先测量电源的内阻，然后在后续实验中利用串联分压和等效电阻来进行相应操作。

预习实验六 RC 电路的瞬态分析

一、RC 电路的全响应与瞬态过程

一阶电路在非零初始状态下，由输入激励和初始状态共同产生的响应，称为全响应。全响应=零输入响应+零状态响应。电路从一种稳定状态变换到另一种新的稳定状态，期间所经历的过程成为瞬态过程。电路产生瞬态过程的外因是电路有电源的接入或断开，电路的结构或元件参数突然发生变化（也称为“换路”）。

二、RC 电路时间常数的测量

时间常数是表示过渡反应时间过程的常数。在 RC 电路中，其值等于电阻 R 与电容 C 的乘积。即 $\tau = RC$ ，当 R 单位为 Ω ，电容单位为 F 的时候， τ 的单位为 s。

时间常数的测量：

(1) 由定义 $\tau = RC$ 直接求出。

(2) 在电容放电过程中，电容两端电压的表达式为：

$$U_c(t) = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

由上式可得，电容两端电压达到最大值的 $1/e$ 时(约为 0.3679 倍)所用的时间即为时间常数 τ ，在实验中可通过作电容电压与时间的 U_c-t 图象或者图表来寻找 τ 。

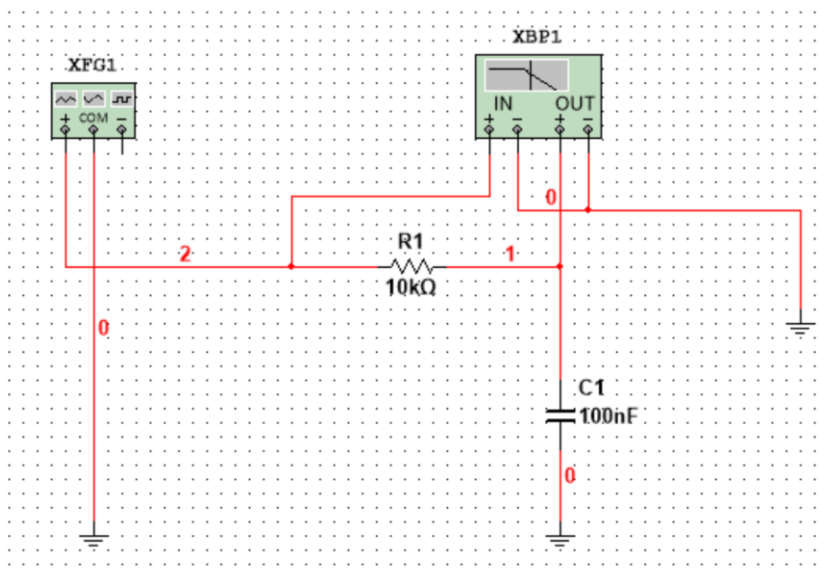
(3) 在电容由零开始的充电过程中，电容两端电压表达式为：

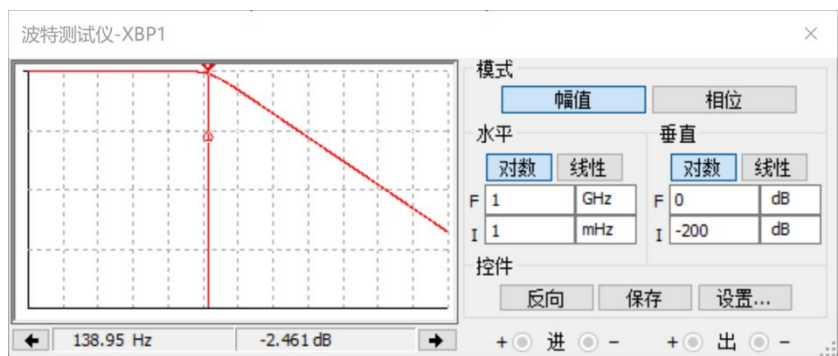
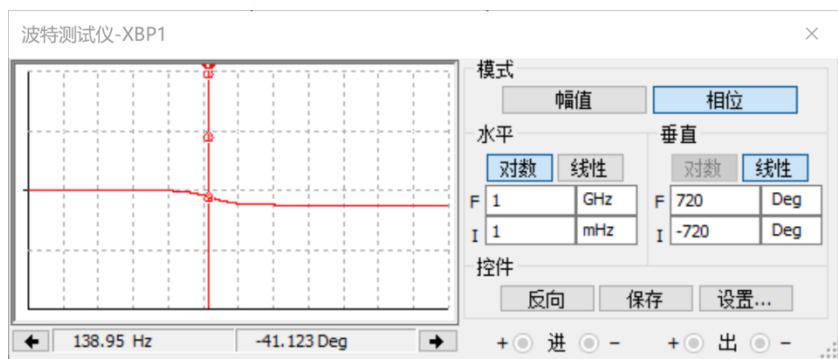
$$U_c(t) = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

由上式可得，电容两端电压达到最大值的 $1-1/e$ 时(约为 0.6321 倍)所用的时间即为时间常数 τ 。同样，在实验中可通过作电容电压与时间的 U_c-t 图象或者图表来寻找 τ 。

三、低通与高通 RC 电路的频率特性曲线

低通滤波器：





高通滤波器:

