



HIT阅读与思考

扫一扫二维码，加入群聊。

一. 实验题目: 串联谐振与频率特性

二. 实验目的: 研究串联谐振电路的特点, 掌握谐振曲线的测量方法; 研究串联电路的频率特性, 掌握电路幅频特性和相频特性的测量方法。

三. 实验仪器与模块名称:

DDS 函数信号发生器, Fluke 190-104 型测试仪, 数字万用表。

电容箱  $0.1 \sim 1 \mu\text{F}$ , 电感箱  $100 \sim 1000 \text{ mH}$

电阻箱  $100 \sim 1000 \Omega$  电阻箱  $1 \sim 10 \text{ k}\Omega$

四. 实验预习思考问题解答:

[预习思考]: (1) A C (2) A D (3) C (4) A (5) B

思考问题] a.  $U_R$  的相位与端口电流相位什么关系?

答:  $U_R$  与端口电流同相位

b. 实际测量的谐振频率  $f_0$  与理论计算值是否存在误差? 分析产生误差原因?  $\rightarrow$  功率输出端有

答: 存在误差。电阻箱电容箱存在系统误差, 测试仪内阻相位差测量精度不够 (即端口电压与电流相位)

c. 确定谐振点的方法:

① 端口电压电流同相位确定谐振频率

② 调节信号源频率使电流表所测电流为最大值确定谐振频率

[思考问题] 谐振时刻电阻箱上电压  $U_R$  与电源电压是否相同?  
分析原因?

答: 不相同。约为电源电压一半, 这是由于所用电感箱是存在一定内阻的非理想电感器, 且阻值与  $100\Omega$  相近。

[思考问题] 要想获得带通特性曲线, 高通输出特性曲线, 其输出端应分别选择哪个元件?

带通: 电阻 高通: 电感

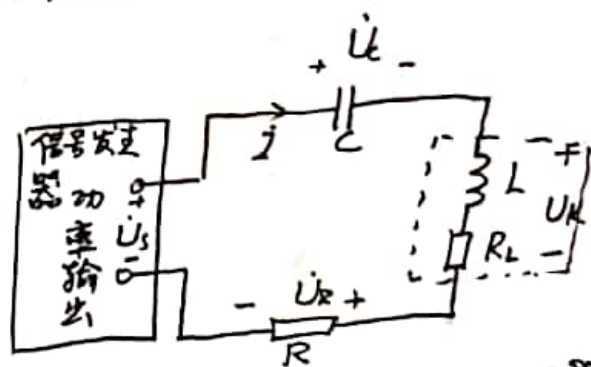
## 五、实验过程

### 1. 基本任务:

(1) 打开信号源, Fluke 190-104 测试仪电源开关, 工作正常, 经万用表测量, 所有元器件正确。

(2) RLC 串联谐振电路频率测量

- 按右图连接实验电路
- 信号源设置输出  $5V_{rms}$  正弦波
- 频率先设置在  $398\text{Hz}$  处



· 调节电感箱  $L = 400\text{mH}$ , 万用表测其阻值  $R_L = 101.8\Omega$

$$\text{理论 } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{400 \times 10^{-3} \times 0.4 \times 10^{-6}}} = 398\text{Hz}$$

· 调节电容箱电容  $C = 0.4\mu\text{F}$ , 电阻箱  $R = 100\Omega$  使用 Fluke 190-104 测试仪 A 路测端口电压  $U_S$ , B 路测  $U_R$ .

· 设置测试仪 SCOPE 模式  $\rightarrow F_2 \text{ Reading} \rightarrow$  选择  $mA, mV \rightarrow V_{AC}$   
 $\rightarrow$  衰减系数  $1:1$ ,  $F_2 \text{ Reading} \rightarrow mABnB(4) \rightarrow \text{Phase}$

· 调节信号源频率使 A、B 两路波形相位相同。

技术问题: 波形不稳定?

解决办法: 将测量量程模式调为 AUTO。

结果  $f = 394.81$  分析: 实测谐振频率  $394.81$  略小于理论值  $398$ , 误差在允许范围内。

(3) 电压有效值的测量及品质因数计算, 先将频率设为谐振频率  
计算  $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$  时,  $U_R = \frac{U_{Rmax}}{\sqrt{2}} = \frac{2.14}{\sqrt{2}} = 1.513$ , 调节信号源频率直至 B 通道  $U_R$  示数为  $1.51$ , 记录此时信号源频率。



谐振时,截止频率时,使用测试仪电压测试线分别测量电阻电压  $U_R$ , 电源电压  $U_S$ , 电感电压  $U_L$ , 电容电压  $U_C$  分别通道 B, A, C, C 结果见下表.

频率 测量项	截止频率 $f_1$	谐振频率 $f_0$	高频截止频率 $f_2$
$f/\text{Hz}$	355.21	394.81	436.81
$U_L/\text{V}$	13.7	21.6	16.8
$U_C/\text{V}$	16.7	21.4	13.6
$U_R/\text{V}$	1.51	2.14	1.51

A通道测得谐振  
频率下电源电压  
 $U_S = 4.42\text{V}$

品质因数  $Q = \frac{P}{R} = \frac{U_C}{U_S} = \frac{21.4}{4.42} = 4.84$

理论值  $Q = \frac{P}{R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{100+101.8} \sqrt{\frac{400 \times 10^{-3}}{0.4 \times 10^{-6}}} = 4.95$

分析: 谐振时电路的  $U_R = 2.14 > U_R' = 1.51$  其它时刻;

谐振时电路电感电压与电容电压近似相等;

谐振时电路电感电压与电容电压均高于电源电压数倍.

#### 14) 端口电压与电流相位关系测量

· 调节信号源频率分别为 355.21 Hz, 394.81 Hz, 436.81 Hz

· 测试仪通道设置 Scope  $\rightarrow$  F(Reading)  $\rightarrow$  A(1)  $\rightarrow$  Phase, B(2)  $\rightarrow$  Phase

· 将 A 通道测试线连接  $U_R$ , B 通道分别接电容  $U_L$  和电容  $U_C$

示数显示.

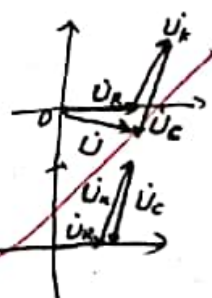
频率 B通道相位	$f_{1c}$ 355.21		$f_0$ 394.81		$f_{2c}$ 436.81	
$\varphi_B - \varphi_A$ 即	$U_L$	$U_C$	$U_L$	$U_C$	$U_L$	$U_C$
$\varphi_u - \varphi_i$	+84°	-91°	+82°	-91°	+84°	-91°

结论:

· 低频截止频率时, 电路阻抗呈容性

· 谐振频率时, 电路阻抗呈电阻性

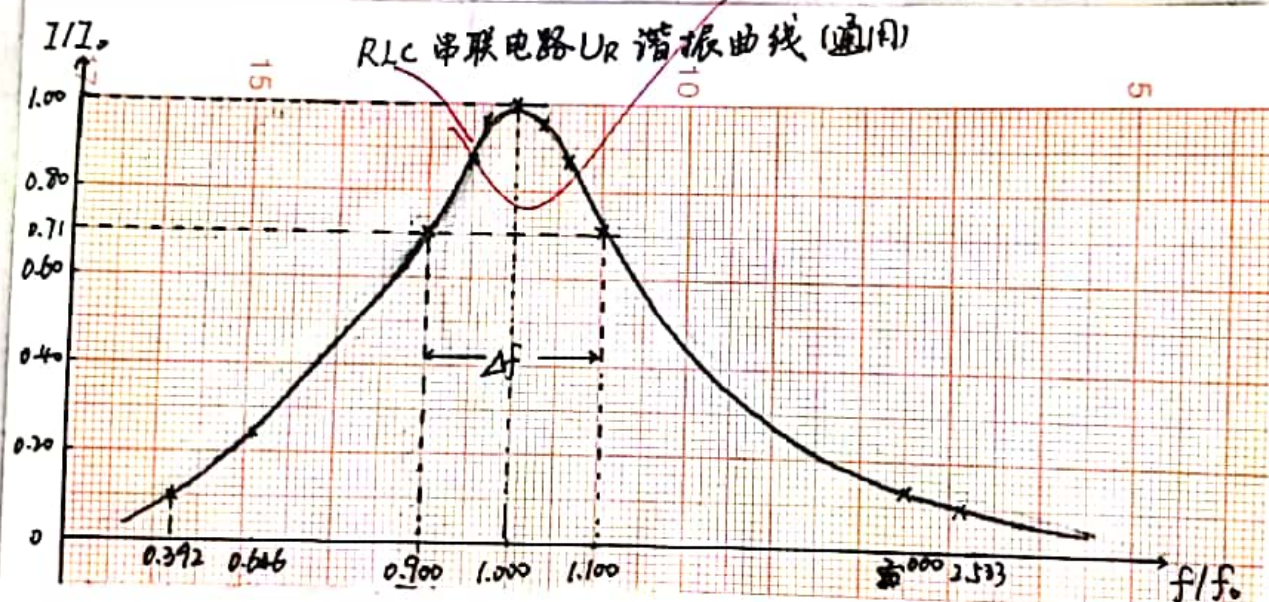
· 高频截止频率时, 电路阻抗呈感性



(5) 测量RLC串联电路谐振曲线及通带宽度  $U_R$   
实验过程与前面描述类似, 不予赘述, 下为谐振曲线测量

结果:

	$f_{c1}$			$f_0$			$f_{c2}$				
频率 $f/\text{Hz}$	155.21	255.21	355.21	370.00	380.00	394.81	410.00	420.00	436.81	800	1000
电压 $U_R(\text{V})$	0.212	0.497	1.55	1.89	2.09	2.18	2.07	1.89	1.54	0.295	0.212
$U_R/U_0$	0.10	0.23	0.71	0.87	0.96	1	0.95	0.87	0.71	0.14	0.10
$f/f_0$	0.392	0.646	0.900	0.960	0.962	1	1.038	1.064	1.106	2.026	2.533



图线问题 低频截止频率左侧点取值不合理, 高频截止频率右侧取点不合理, 应尽量靠近截止频率点, 反映谐振点附近变化规律.

$$\text{通带宽度 } \Delta f = f_{c2} - f_{c1} = \frac{f_0}{Q} \quad (\text{理论})$$

$$\text{测量: } f_{c2} - f_{c1} = 436.81 - 355.21 = 81.60 \text{ Hz}$$

$$\frac{f_0}{Q} = \frac{394.81}{4.84} = 81.57 \text{ Hz} \approx f_{c2} - f_{c1}$$

测量误差非常小.

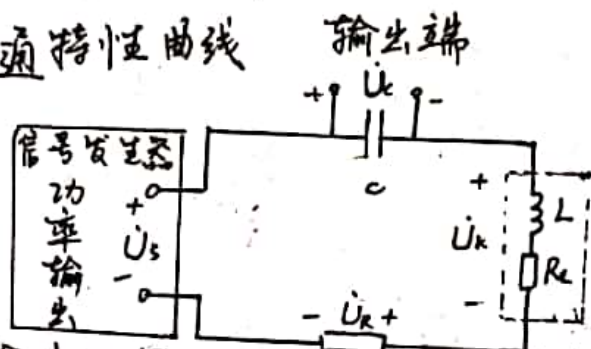


## 2. 研究任务

1) 研究 RLC 串联电路的频率特性. 按图 1 连接电路, 与  $V_{rms}$  正弦波

$L=100\text{mH}$ .  $R_L$  标识为  $47\Omega$ ; 电阻箱  $R=2\text{k}\Omega$ ;  $C=0.1\mu\text{F}$

2) 要求低通特性曲线 输出端

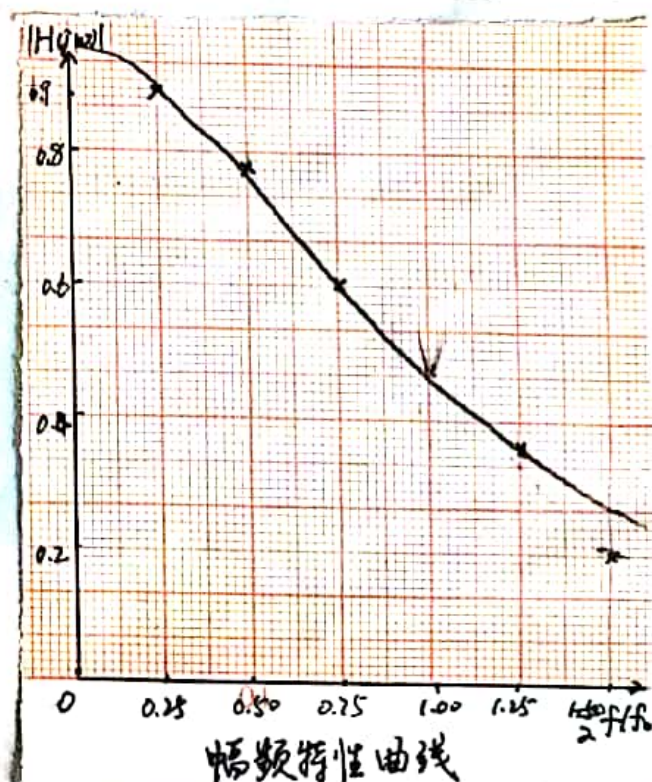
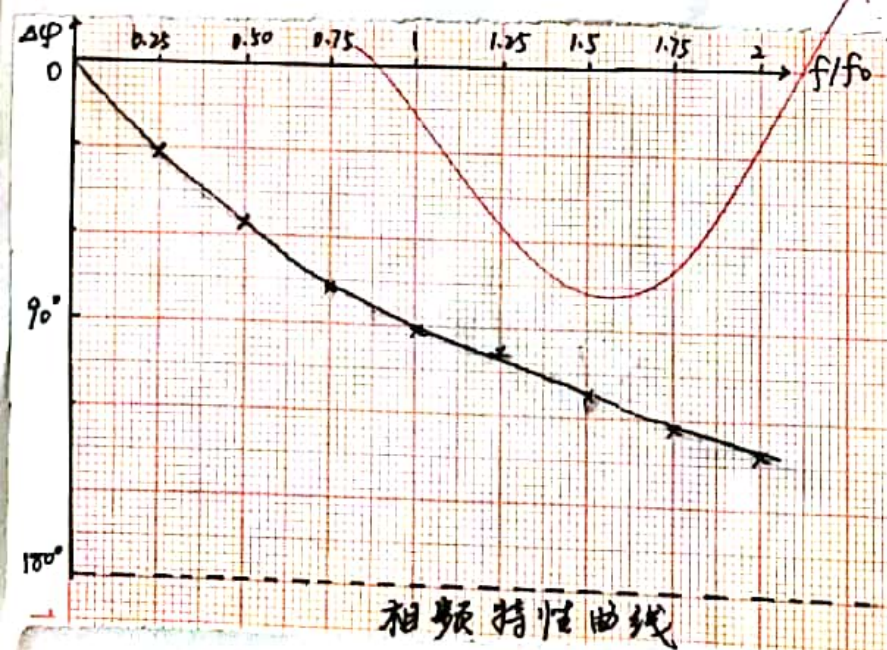


3) 测量输出的幅频特性与相频特性. 作出曲线图

实测谐振频率  $f_0=1614.00\text{Hz}$

补充

$f/f_0$	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5 1.75	2
测量值 $f$	403.50	807.00	1210.50	1614.00	2017.50	2421 2824.5	3228
$\varphi_c - \varphi_u$	$-31^\circ$	$-57^\circ$	$-77^\circ$	$-92^\circ$	$-104^\circ$	$-115^\circ -123^\circ$	$-129^\circ$
$U_c/V$	4.25	3.55	2.81	2.19	1.71	-	0.88
$U_s/V$	4.62	4.62	4.61	4.62	4.61	4.61	4.62
$U_c/U_s$	0.92	0.77	0.61	0.47	0.37	-	0.19



## 六 实验收获与体会:

1. 进一步熟练掌握了 Fluke 190-104 型测试仪的使用方法, 以及如何排除“故障”得到理想波形;
2. 对 RLC 串联谐振的特点有了更加直观的认识, 对其频率特性和谐振现象有关知识的理解进一步加深;
3. 掌握了寻找谐振点, 画谐振曲线, 频率特性曲线的描绘方法.

建议: 希望实验室可以在实验进行将结束时, 允许同学们交流讨论, 有助于同学们能更快地发现问题, 补救数据, 亦有助于同学间经验交流分享, 加深印象.



串联谐振与频率特性原始数据记录

1. 基本任务

学号: 1161430210 姓名: 郝路丰

- (1)  
 (2) 谐振频率测量  $f_0 = 394.81$   
 (3) 电压有效值测量及品质因数计算

频率 测量项	$f_{1c}$	$f_0$	$f_2$
$f(Hz)$	355.21	394.81	436.81
$U_R(V)$	13.7	21.6	16.8
$U_C(V)$	16.7	21.4	13.6
$U_R(V)$	1.51	2.14	1.51

(4) 端口电压与电流相位关系

通道相位	$f_{1c}$	$f_0$	$f_{2c}$
$A(R) \angle \phi_{UR}$	$-84^\circ + 91^\circ$	$-82^\circ + 91^\circ$	$-84^\circ + 91^\circ$
$B(C) \angle \phi_{UC}$	$+84^\circ - 91^\circ$	$+82^\circ - 91^\circ$	$+84^\circ - 91^\circ$
$U_U - U_I$	$+84^\circ - 91^\circ$	$+82^\circ - 91^\circ$	$+84^\circ - 91^\circ$

(5) RLC 串联电路谐振曲线及通带宽带

RLC 串联电路谐振曲线及通频带宽							436.81				
			355.21								
$f(Hz)$	155.21	255.21	$f_{1c}$	370.00	380.00	$f_0=394.81$	410	420	$f_{2c}$	800	1000
电压 $U$	212mV	497mV	1.55	1.89	2.09	2.18	2.07	1.89	1.54	285mV	212mV

2. 研究任务  $U_C$  为输出端  $f_0 = 1614.00 Hz$

3). $f/f_0$	0.25	0.5	0.75	1	1.25	2	1.5	1.75
$f$	403.50	807.00	1210.5	1614.00	2017.5	3228	2421	2824.5
通道 B: $\angle \phi_{UC} - \phi_{UR}$	$-83^\circ$	$-85^\circ$	$-77^\circ$	$-92^\circ$	$-104^\circ$	$-129^\circ$	$-115^\circ$	$-123^\circ$
通道 B: $U_C/V$	4.25	3.55	2.81	2.19	1.71	0.88		
通道 A: $U_S/V$	4.62	4.62	4.61	4.62	4.61	4.62		

教师签字:





HIT大物实验交流群2019

扫一扫二维码，入群聊。