

RLC 串聯共振模擬電路實驗

【實驗目的】

研究 RCL 串聯電路的接法及原理。

【實驗原理與理論】

將電阻、電感和電容串聯並接上一信號產生器，即成交流串聯電路。選擇一組固定值的電感和電容，並聯一伏特計在電阻的兩端，改變輸入頻率，伏特計的讀數也隨之改變，當伏特計上的讀數為最大時，即為串聯電路的共振點。

當一線施以電動勢時，將有電流在線路中流動，但是電流的大小受到線路中阻礙物的影響，稱之為阻抗，定義為 $Z=V/I$ ，亦即電壓與電流的比值

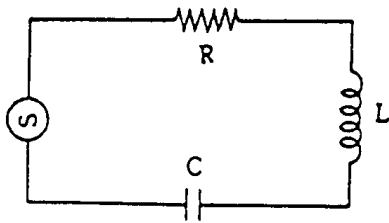
電阻是最基本的阻抗。當電流在導體中行進時將會受到導體內部原子或分子的阻礙;遂形成電阻，以符號 R 表之。並且由歐姆定律 $V=IR$ 知道， V 和 I 的相位相同，因為電阻並不影響相位的關係。

當交流電源加在電感的兩端時電流並不會立刻達到最大值，這是由於在電感中磁場的改變而產生的反電動勢，使得產生的電流的相位比所加的電壓的相位落後了 90° 。因此頻率過高，受到的阻力也越大。所以電感的阻抗為 $Z_L = 2\pi fL$ ，稱之為感抗，其中 L 是電感(單位為亨利 H)。

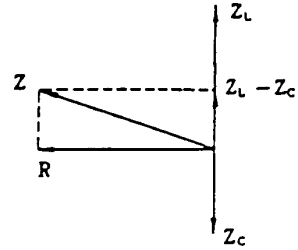
當電容置於交流線路時，電容將會充電，但是電流不通。假如將電容置於交流電路中，因為交流電的電壓方向隨時間而改變，使得電容不斷的充電、放電，就如同通電一般，但電容兩端的電壓只有在片板充電後始能產生，因此使得產生的電流相位超前了所加的電壓相位 90° 。顯然的，頻率越高，流動的電流越大，表示阻抗越小，因此電容的阻抗為 $Z_C = 1/2\pi fC$ 稱之為容抗，其中 C 為電容(單位為法拉 F)。

在一個電阻、電感、電容的串聯電路(圖一)中的總阻抗 Z ，不能直接將 R 、 Z_L 、 Z_C 相加，必須使用向量加法，如圖二所示。

$$Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$$



圖一



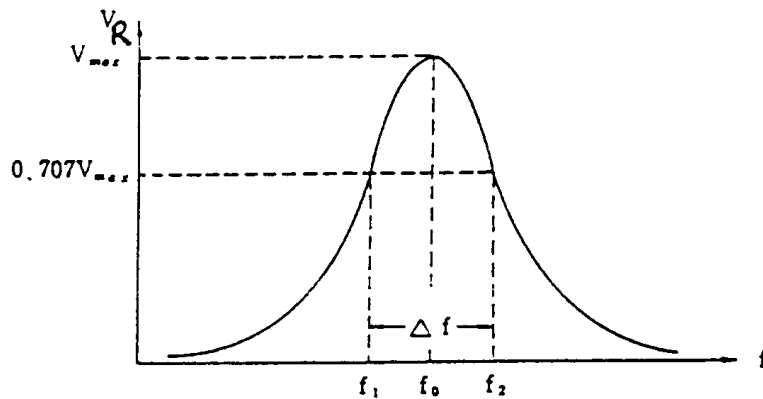
圖二

在方程式 $Z=V/I$ 中，當電壓一定，阻抗最小時，可以得到最大的電流，而阻抗最小的條件是 $Z_L = Z_C$ ，即

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (1)$$

此頻率稱為共振頻率，記為 f_0 ，即是使電流最大($I = I_{\max}$)的頻率，也就是電阻兩端電壓最大的頻率。圖三為改變輸入頻率時，電阻兩端之電壓(V_R)與頻率之關係圖，



圖三

共振時電路之電流為 $I_{\max} = V/R$ ，此時電容器與電感器的端電壓各為

$$V_L = Z_L I_{\max} = (2\pi f_0 L) \frac{V}{R} \quad (2)$$

$$V_C = Z_C I_{\max} = \frac{1}{2\pi f_0 C} \frac{V}{R} \quad (3)$$

此二端電壓相等，而正負端相反，將共振時的這個端電壓與電源電壓之比值稱為 Q，來作為電路的電壓增益，故

$$Q = \frac{V_L}{V} = \frac{2\pi f_0 L}{R} \quad (4)$$

$$\text{或 } Q = \frac{V_C}{V} = \frac{1}{2\pi f_0 C R} \quad (5)$$

式(1)代入式(4)或式(5)

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (6)$$

在計算上，我們可以從 R、L、C 的值算出 Q 值。而實際上，我們以共振頻率與頻帶寬度來表示。頻帶寬度是使電流 $I=0.707I_{\max}$ 或端電壓 $V_C = 0.707V_{\max}$ 的兩個頻率差 $|f_2 - f_1|$ ，如圖三所示，則

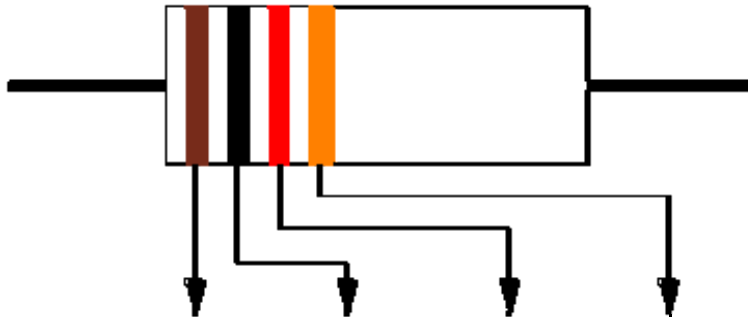
$$\Delta f = |f_2 - f_1| = R/2\pi L \quad (7)$$

$$\text{所以 } Q = f_0/\Delta f \quad (8)$$

因此只要從實驗上描繪出如圖三的頻率響應曲線，Q 值即可求得。

電阻的計算

通常電阻器上印有四個色環，每一個色環顏色皆代表不同的數值，第一個色環代表第一位數，第二個色環代表第二位數，第三個色環代表第三位數，稱為倍數或者是乘數，第四個色環代表電阻器可能的誤差值。



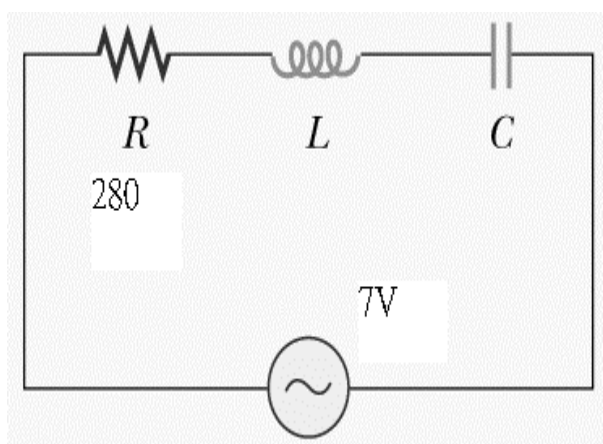
色 碼	第一位數	第二位數	倍 數	容許誤差
黑	0	0	10^0	-1
棕	1	1	10^1	$\pm 1\%$
紅	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	10^3	$\pm 3\%$
黃	4	4	10^4	$\pm 4\%$
綠	5	5	10^5	-
藍	6	6	10^6	-
紫	7	7	10^7	-
灰	8	8	-	-
白	9	9	-	-
金	-	-	10^1	$\pm 5\%$
銀	-	-	10^2	$\pm 10\%$
無色	-	-	-	$\pm 20\%$

【儀器】

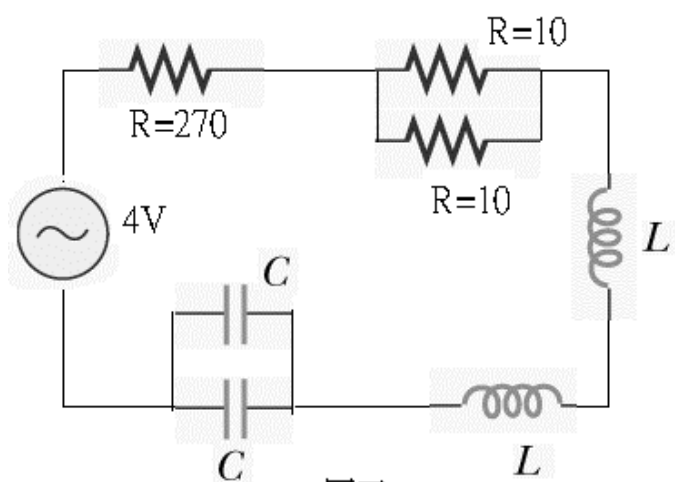
1. 信號產生器。
2. 電阻、電容、電桿數個。
3. 萬用實習電路板一片、三用電錶一台、連接線兩條。

【步驟】

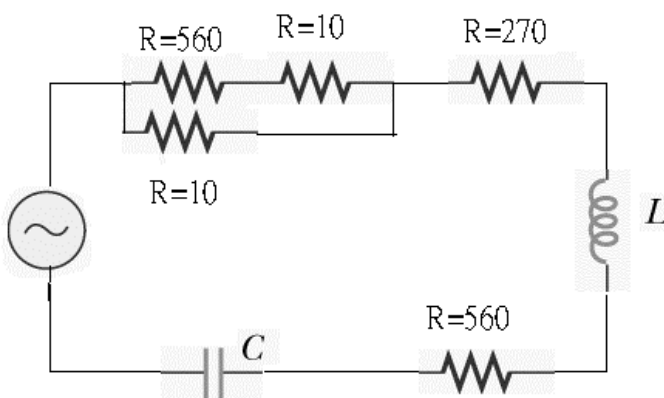
1. 將信號產生器打開與電錶對夾調整出所需要的電壓。
2. 在使用電阻、電容、電感於萬用電路板上接出圖一支電路，使用三用電錶量測電組端的電壓，更換不同頻率、電容或電感再使用三用電錶量測電組端的電壓觀察電壓的變化。
3. 同步驟 1、在使用電阻、電容、電感於萬用電路板上接出圖二之電路。
4. 同步驟 1、在使用電阻、電容、電感於萬用電路板上接出圖三之電路。
5. 同步驟 1、在使用電阻、電容、電感於萬用電路板上接出圖四之電路。
6. 練習計算附錄的數據結果。



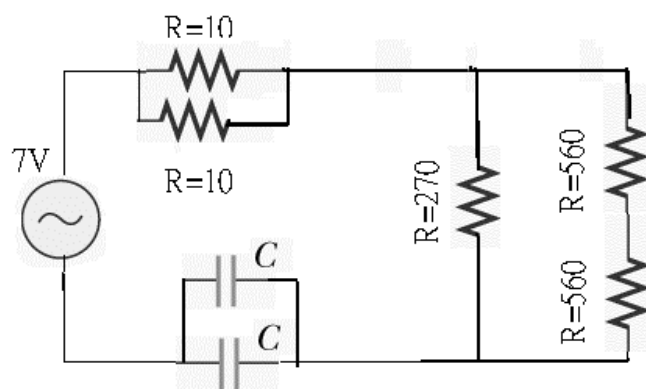
圖一



圖二



圖三



圖四

【紀錄】

圖一

頻率 \ 電阻值	280 Ω
1KHZ	
10KHZ	
100KHZ	

圖二

頻率 \ 電阻值	5 Ω	275 Ω
1KHZ		
10KHZ		
100KHZ		

圖三

頻率 \ 電阻值	10 Ω	270 Ω	560 Ω
1KHZ			
10KHZ			
100KHZ			

圖四

頻率 \ 電阻值	5 Ω	270 Ω	1120 Ω
1KHZ			
10KHZ			
100KHZ			

【附錄】

一、LC 交流串聯共振頻率 f_0 的理論值：

頻率 f_0 (HZ)	0.2 μF	0.1 μF	0.065 μF	0.047 μF	0.033 μF	0.02 μF	0.01 μF
------------------	----------------	----------------	------------------	------------------	------------------	-----------------	-----------------

100mH	1125	1592	1974	2322	2771	3559	5033
68 mH	1365	1930	2394	2815	3360	4316	6103
50 mH	1592	2251	2792	3283	3918	5033	7118
39 mH	1802	2549	3161	3717	4436	5699	8059
25 mH	2251	3183	3948	4643	5541	7118	10070
10 mH	3559	503.3	6243	7341	8761	1125	15920
4.7 mH	5191	7341	9106	10710	127480	16420	23220

二、LC 交流串聯共振電壓增益 Q 的理論值：

頻率 f_0 (HZ)	0.2 μF	0.1 μF	0.065 μF	0.047 μF	0.033 μF	0.02 μF	0.01 μF
100mH	2.53	3.57	4.43	5.21	6.22	7.99	11.3
68 mH	2.08	2.95	3.65	4.3	5.13	6.59	9.31
50 mH	1.79	2.53	3.13	3.68	4.4	5.65	7.99
39 mH	1.58	2.23	2.77	3.25	3.88	4.99	7.05
25 mH	1.26	1.79	2.21	2.6	3.11	3.99	5.65
10 mH	0.8	1.13	1.4	1.65	1.97	2.53	3.57
4.7 mH	0.55	0.77	0.96	1.13	1.35	1.73	2.45

【心得】