

實驗十一 諧振電路與 Zener 二極體實驗

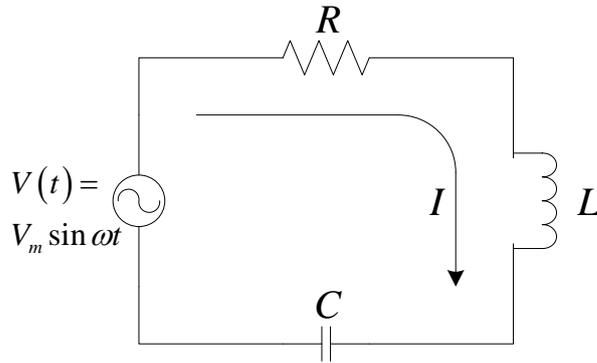
實驗目的：認識諧振電路與 Zener 二極體。

相關知識一：諧振電路

◎串聯 RLC 諧振電路：

在 RLC 串聯之交流電路中，如圖(一)所示，當 $X_L = X_C$ 時，即成串聯諧振電路。串聯諧振時，因 $X_L = X_C$ ，電路之總阻抗 $Z = R + j(X_L - X_C) = R$ ，此時：

1. 電路之阻抗 $Z = R$ ，電路為電阻性。
2. 電路之阻抗最小。
3. 電路之電流為最大，其值為 $I = \frac{V}{R}$ 。
4. 電路之功率因數 $\cos \theta = 1$ ， $\theta = 0^\circ$ 。



圖(一)

5. 諧振頻率：

$$\text{因 } X_L = X_C, \text{ 故 } 2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$\therefore f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

※ f_r 稱為諧振頻率。

※任意之 L 與 C 值在頻率 $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 時， $X_L = X_C$ ，使電路達到諧振之條件。

6. 品質因數 Q ：定義：電感或電容之電抗功率與電阻的平均功率之比。

$$\text{即 } Q = \frac{Q_L}{P} = \frac{Q_C}{P}$$

※因 $Q = \frac{Q_L}{P} = \frac{I^2 X_L}{I^2 R} = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega_r L}{R}$ 或 $Q = \frac{Q_C}{P} = \frac{I^2 X_C}{I^2 R} = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{\omega_r C R}$ ，當 Q 值越

大，表示諧振頻率時響應越佳； Q 值越小，則響應越小。若 Q 值太低時

($Q < 5$)，諧振現象便不重要，一般 Q 值在 $10 \sim 100$ 之間。

7. 頻率與阻抗之關係：

(1) 當 $f = f_r$ 時， $Z = R$ ，電路呈電阻性， $\cos \theta = 1$ ， $\theta = 0^\circ$ 。

(2) 當 $f < f_r$ 時， $X_L < X_C$ ，電路為電容性， $\cos \theta < 1$ 。

(3) 當 $f > f_r$ 時， $X_L > X_C$ ，電路為電感性， $\cos \theta > 1$ 。

8. 頻帶寬度(Bandwidth)：電路之頻率響應值降為峰值的 0.707 倍時之頻率範圍，以符號 BW 表示。

$$BW = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q} = \frac{R}{2\pi L}$$

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1} = \frac{f_0}{BW}$$

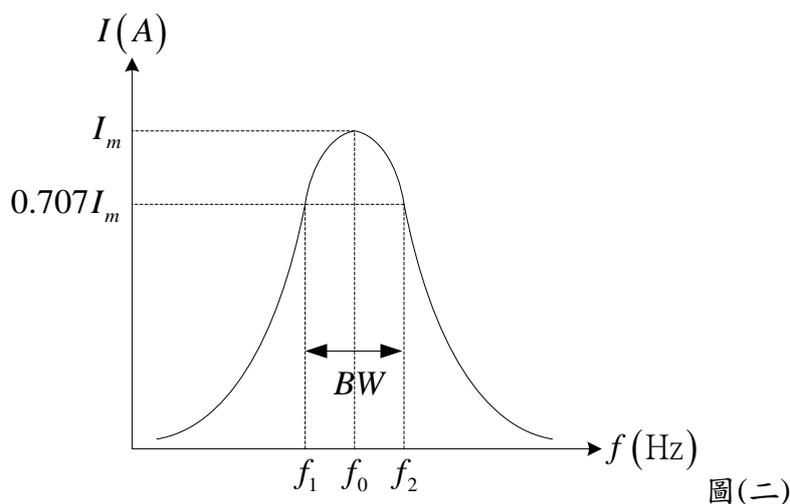
(1) 當 $f = f_r$ 時，電流最大 $I_{\max} = \frac{V}{R}$ ，在 f_r 之兩旁使電流等於 $0.707 I_{\max}$ 之頻率，以 f_1 與 f_2 表之，如圖(二)。

(2) 當電源頻率為 f_1 或 f_2 時， $P_1 = P_2 = (0.707 I_{\max})^2 R = 0.5 I_{\max}^2 R = 0.5 P_{\max}$ 即其功率為最大功率之一半，故截止頻率又稱半功率頻率。

(3) 截止頻率中 f_2 高於 f_0 ，稱為上限截止頻率。 f_1 低於 f_0 ，稱為下限截止頻率。

$$\text{上限 } f_2 = f_0 + \frac{1}{2} BW$$

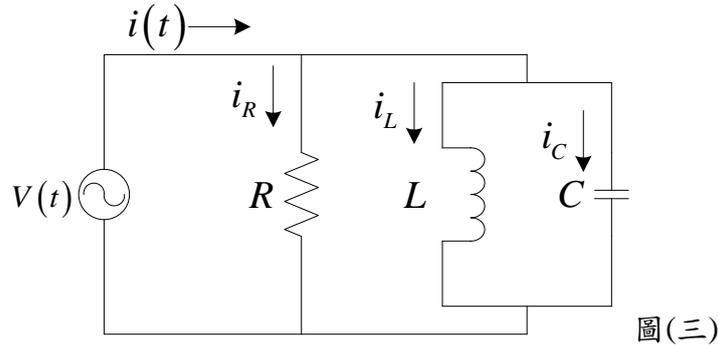
$$\text{下限 } f_1 = f_0 - \frac{1}{2} BW$$



◎並聯 RLC 諧振電路：

在 RLC 並聯之交流電路中，如圖(三)所示，當 $X_L = X_C$ 時，即成並聯諧振電路。並聯諧振時，因 $X_L = X_C$ ，電路之總阻抗 $Z = R$ ，此時：

1. 電路之阻抗為純電阻 R 。
2. 電路之阻抗為最大。
3. 電路之電流為最小，其值為 $I = \frac{V}{R}$ 。
4. 電路之功率因數 $\cos \theta = 1$ ， $\theta = 0^\circ$ 。



5. 並聯諧振時電路之阻抗及電流之大小與串聯諧振相反，故又稱反諧振。

6. 諧振頻率：因 $X_L = X_C$ ，故 $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

7. 品質因數 Q ：定義：電感或電容之電抗功率與電阻的平均功率之比。

$$\text{即 } Q = \frac{Q_L}{P} = \frac{Q_C}{P}$$

$$\text{※因 } Q = \frac{Q_L}{P} = \frac{\frac{V^2}{X_L}}{\frac{V^2}{R}} = \frac{R}{X_L} = R\sqrt{\frac{C}{L}} \text{ 或 } Q = \frac{Q_C}{P} = \frac{\frac{V^2}{X_C}}{\frac{V^2}{R}} = \frac{R}{X_C} = R\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\therefore Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} \text{ 與串聯諧振電路相反}$$

8. 頻率與阻抗之關係：

(1) 當 $f = f_r$ 時， $Z = R$ ，電路呈電阻性， $\cos \theta = 1$ ， $\theta = 0^\circ$ 。

(2) 當 $f < f_r$ 時， $X_L < X_C$ ，電路為電感性。 $\cos \theta > 1$

(3) 當 $f > f_r$ 時， $X_L > X_C$ ，電路為電容性。 $\cos \theta < 1$

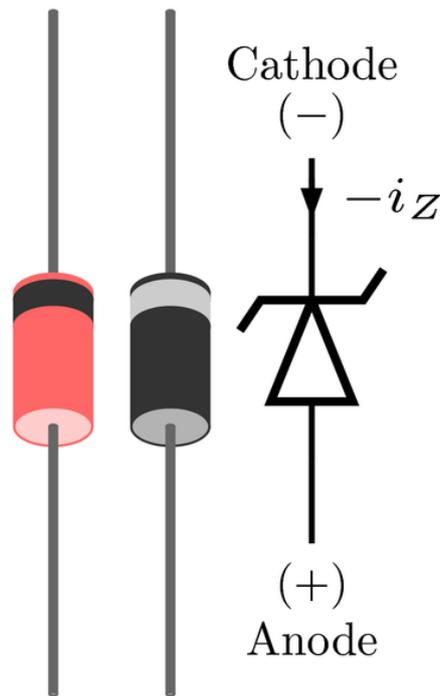
9. 頻帶寬度： $BW = \frac{f_0}{Q}$

10. 截止頻率：

$$\text{上限 } f_2 = f_0 + \frac{1}{2}BW, \text{ 下限 } f_1 = f_0 - \frac{1}{2}BW$$

相關知識二：Zener 二極體

齊納二極體(Zener Diode)，一種半導體接面二極體。齊納二極體常用來調整電壓，而且就像整流二極體一樣，在許多電源供應的用途上非常重要。齊納二極體是一種矽材料 PN 接面元件，其與整流二極體的差別在於專門選用其逆向崩潰區。齊納二極體的崩潰電壓，是在製造時仔細地控制摻雜程度。齊納二極體一般都用於穩壓電路中。



齊納二極體跟電路符號。

一般二極體正向導通時電壓可維持在 0.7V，可提供穩定的電壓，但如果我們需要更大的電壓時，則需串聯很多的二極體，實用上不是很方便。如果二極體逆向偏壓很大時，會發生崩潰現象，此現象和正向導通時情況類似，都有穩壓穩流的特性，所以利用這個特性發明了這種特殊的二極體---齊納二極體。通常齊納二極體摻雜濃度為 $1:10^5$

其逆向崩潰電壓（又稱齊納電壓）遠大於一般的二極體，這樣的逆向電壓操作是可逆的。常見的齊納電壓從 3 伏特到 100 伏特。

實驗項目一：並聯諧振電路之測試

1. 依下圖 11-1 所示，連接電路。

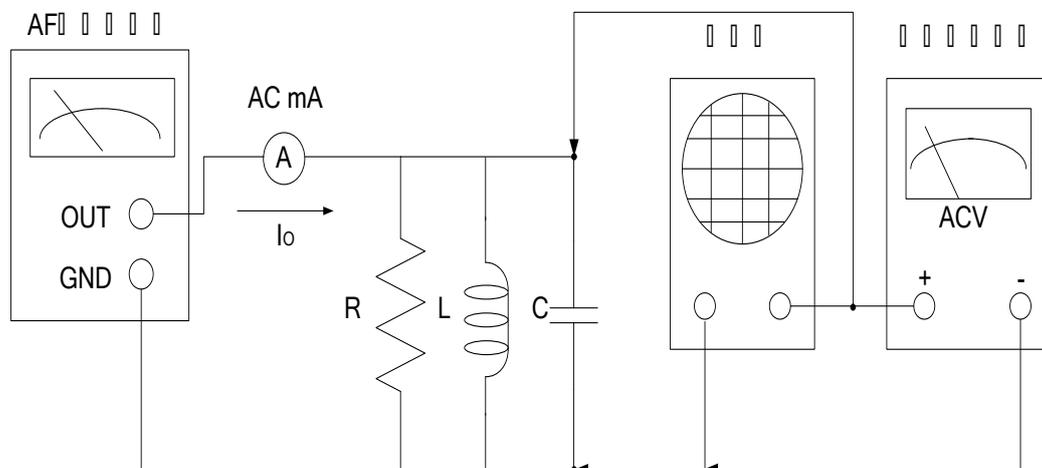


圖 11-1

2. $R = 2k\Omega$ 、 $L = 100mH$ 、 $C = 0.1\mu F$

3. 信號產生器輸出為 $14 V_{P-P}$ ，調整頻率，並觀察示波器與三用電錶之變化，將結果紀錄於下表 11-1 中。

項 目	f_r	f_1	f_2	BW
計算值				
測量值				

表 11-1

註： f_1 及 f_2 為最小電流的 $\sqrt{2}$ 倍時之上限 f_2 與下限 f_1 之頻率。 $BW = f_2 - f_1$ 。

實驗項目二：Zener 二極體的應用

1. 依下圖 11-2 所示，連接電路。

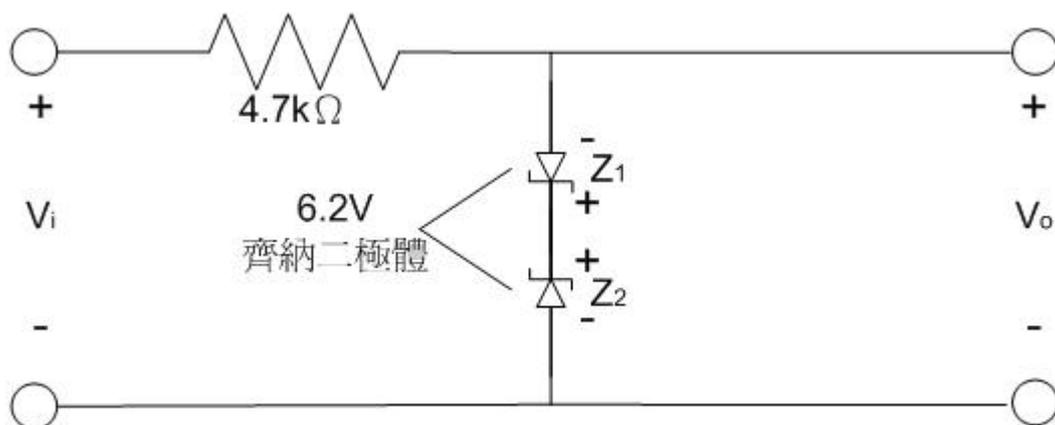


圖 11-2

2. 輸入電壓正弦波 $V_i = 20V_{p-p}$ 、 $60Hz$ 。
3. 輸出電壓 $V_o = \underline{\hspace{2cm}}$ V。
4. V_o 輸出波形

