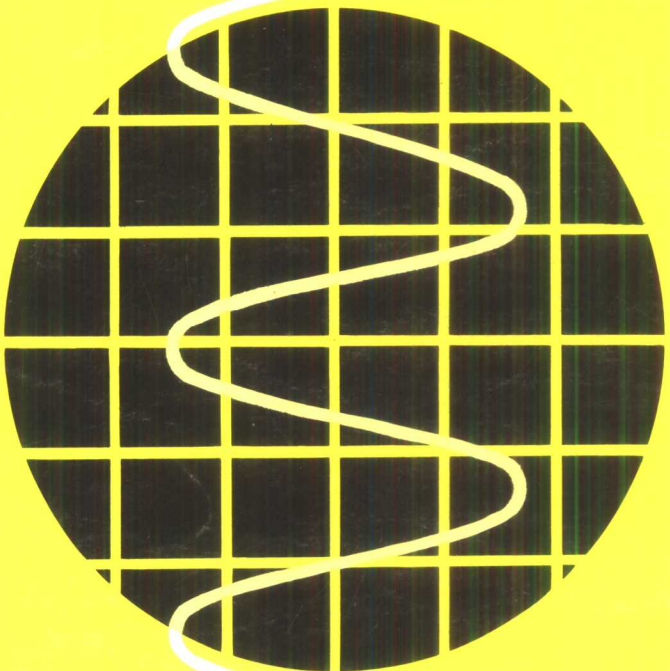


# 實用電子學 (一)

魯鐵編譯

(下冊)



知識叢書出版社

# 實用電子學 (一)

(下冊)

編者：魯鐵

出版者：知識叢書出版社

香港九龍彌敦道14號18樓

承印者：通宇印刷公司

香港九龍斧山道10A

# 目錄

## 上冊

### 第一章 電的單位，組件及符號

1

- Q 量度觀念，單位系統，電的單位，10的冪等。
- 電流，傳統電流。
- 導體，絕緣體，電阻說明，電阻，電導。
- 電阻器，電容器，電感器，變壓器。
- 測試設備。
- 圖解符號。

### 第二章 電流與歐姆定律

33

- 電流的概念，流動的方向，開路及閉路。
- 電壓，電流以及電阻的關係。
- 電功率。

### 第三章 電阻串聯及並聯

72

- 並聯電阻器，克希荷夫電流定律。
- 串聯電阻器，克希荷夫電壓定律。
- 克希荷夫定律的應用。

### 第四章 並聯及串聯電阻器的應用

107

- 電流，電壓及分壓器負載。
- 電流表及電壓表測量範圍的擴大。
- 電流表及電壓表的靈敏度。

### 第五章 內阻及等效電路

128

- 理想及非理想電源。
- 恒定電壓及恒定電流源。
- 等效電路。
- 諾頓及戴維寧定理。

## 第六章 功率轉移

177

- 功率匹配。
- 最大功率轉移定理。

## 第七章 重疊及倒置定理

181

- 包括二電源之線性網路，重疊定理。
- 倒置定理。
- 轉移電阻。

## 第八章 橋式網路

203

- 平衡電橋及平衡條件。
- 電橋靈敏度。
- 橋式網路分析。

## 第九章 電容器

225

- 電容器的充電及放電。
- 電荷，電壓以及電容之間的關係。
- 儲存於電容器的能量。
- C-R 電路，時間常數。
- 電容器的並聯及串聯。

## 中冊

## 第十章 交流電流及電壓

1

- 瞬時值，波形，周期，頻率。
- 交流波，正弦波，峯至峯，均方根值及平均值。
- 交流儀表，產生器及多用表。
- 三角學。
- 波形的圖解法。

## 第十一章 簡單交流電路

41

- 電阻，電抗；

- R-C及R-L电路的頻率變化。
- 阻抗。

## 第十二章 向量及相位關係

93

- 向量，向量加法，旋轉向量。
- 相移，正弦波的加法。
- 電路中電壓及電流的向量表示法。

## 第十三章 向量及算子j

143

- j記號，算子j，由j記號起的大小及相位。
- 運用j記號向量及阻抗的加法。
- 共軛阻抗。
- 導納向量。

## 第十四章 一般網路定理

183

- 歐姆定律，克希荷夫電流及電壓定律。
- 戴維寧及諾頓定理。
- 重疊及倒置定理。
- 轉移阻抗。
- 定理的運用。

## 第十五章 交流電路的電功率

215

- 純電阻與無功電路的功率。
- 功率因數。
- 最大功率轉移。

## 下冊

### 第十六章 諧 振

1

- 串聯及並聯諧振，頻帶寬度，Q-因數。
- 諧振電路的電阻。

### 第十七章 濾波器

47

- 分貝，阻尼的影響。

- 常數 -K 濾波器， $T$  及  $\pi$  段。
- 原型低通濾波器設計。
- 原型高通濾波器設計。
- 常數 -K 帶通及帶阻濾波器。
- 原型帶通及帶阻濾波器設計。

## 第十八章 電場及磁場

115

- 場強度，電磁場，靜電力，庫侖定律。
- 電場，極化，電容器，相對電容率，介電常數。
- 電的通量密度，電流密度。
- 磁場，電流形成場。
- 電流形成磁場的方向。
- 線圈，反-，順-，以及鐵磁通量。
- 磁場強度，電磁感應，法拉第定律，楞次定律，電感。

## 第十九章 變壓器

151

- 變壓器作用，電壓與匝數比。
- 自耦變壓器。
- 反射電阻比率，功率及電流比。
- 磁化電流，損失。
- 變壓器設計。

## 第十六章 諧 振

### 緒 論

在第十二章就曾經講過，當流經串聯電感器與電容器合電路兩端的電壓為零。像這種情況只能發生於，在跨於（圖 16-1）的電流  $I$ ，在某種電源頻率時，跨於 L-C 組 L 與 C 兩端的電壓大小相等而相位相反之時（圖 16-2），就是：

$$V_L = -V_C$$

如圖 16-1 所示的電路，就稱為串聯諧振電路（Series resonant circuit），而在  $V_L = -V_C$  時的頻率，稱為諧振頻率（Resonant frequency）。

### 串聯諧振電路

圖 16-3 所示線路圖，為一只電感器與一只電容器與電阻器  $R_1$  及  $r_1$  串聯。 $R_1$  為外接電阻器，而  $r_1$  則代表發電機的内阻。

下面的實驗就是要你變動產生器的頻率，而觀察在跨於 L-C 組合電路兩端所形成的電壓。

隨後要你更換兩種不同的  $R_1$  的值，重複前面的步驟。使用交流電源的所有電路中的交流電壓表，全部都用  $V$  表示。

在每一次實驗的最後一步，多用表控制必定要置於毫安（mA）或  $V$  的位置。

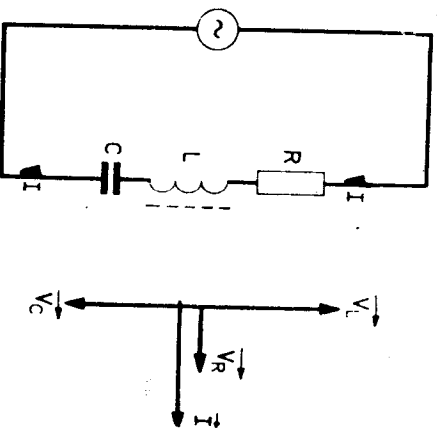


圖 16-1

圖 16-2

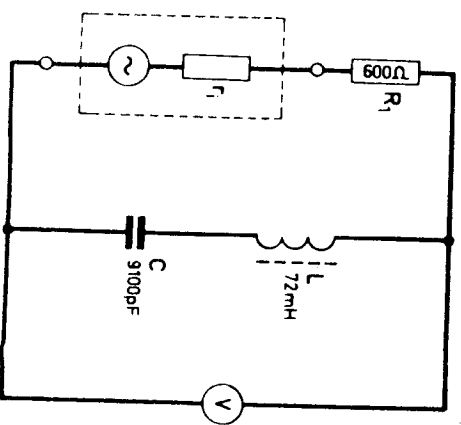


圖 16-3

## 實驗16a R-L-C串聯電路

### 目的

測量R-L-C串聯電路，在各種不同外施電源頻時，跨於L-C組合電路兩端所形成的電壓。

### 儀器

#### 測試儀表

- 2 k $\Omega$  電阻器二只
- 20 k $\Omega$  電阻器一只
- 9100 pF 電容器一只
- 其餘如圖中所示零件

### 準備工作

準備如下所示的表。

表 1

$V_{g_{oa}} = 100\text{mV} = \text{常數}$

	f kHz	2	3	5	6-2	8	11	15	20
$R_1$ 600 $\Omega$	$V_{Lc}$ mV								
$R_1$ 1.8 k $\Omega$	$V_{Lc}$ mV								
$R_1$ 4 k $\Omega$	$V_{Lc}$ mV								

表 2

$V_{g_{oa}} = 100\text{mV}, f = f_0$

$R_1$ $\Omega$	$V_L$ mV	$V_C$ mV
600		
1800		
4000		

置A.F.產生器控制，V $\sim$ 範圍至：

V $\sim$ 控制至：

f 範圍至：

f 標度至：

置多用表控制，

S至：

V至：

斷開

0

$\times 100$

20

V $\sim$

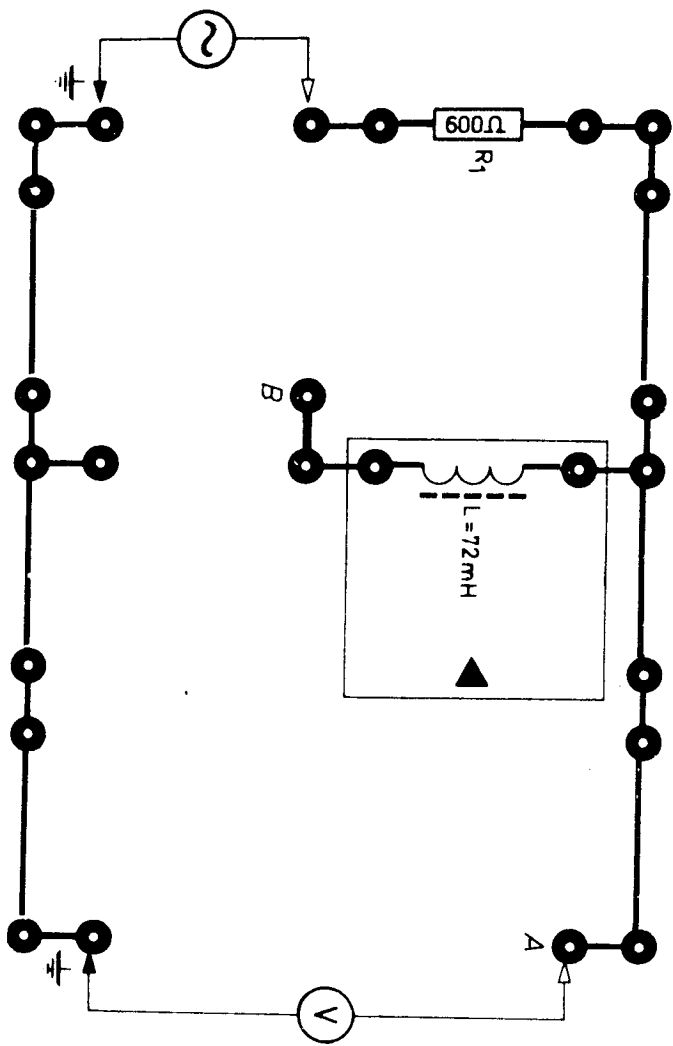
0.1 V

在實驗模板上按圖所示接妥線路。

置A.F.產生器控制，V $\sim$ 範圍至：

$\times 0.1$





徐徐調節 A.F. 產生器  $V \sim$  控制，一直使其電表指數成爲：

0.1 V

這就是產生器由  $V_{Lc}$  在全部實驗過程中，此值必須保持恒定。

### 步驟

a)  $R_1 = 600 \Omega$

### 第一步測量

在  $f$  爲 2 kHz 時的  $V_{Lc}$

將 9100 pF 電容器如圖所示連接。

將此電表指數記於表 1 的第二欄。

### 第二步測量

在  $f$  爲 3 kHz 時的  $V_{Lc}$

置 A.F. 產生器  $f$  標度控制至：30 ( 3 kHz )

將此電表指數記於表 1 的第四欄。

### 第三至八步測量

在  $f$  爲 5 至 20 kHz 時的  $V_{Lc}$

將  $f$  標度控制分別置於以下位置，重複第二步的測量：

50 ( 5 kHz )	110 ( 11 kHz )
62 ( 6.2 kHz )	150 ( 15 kHz )
80 ( 8 kHz )	200 ( 20 kHz )

### 第九步測量

在諧振時的  $V_L$  及  $V_c$

徐徐調節 A.F. 產生器的頻率，一直使電表指數爲： 0 V

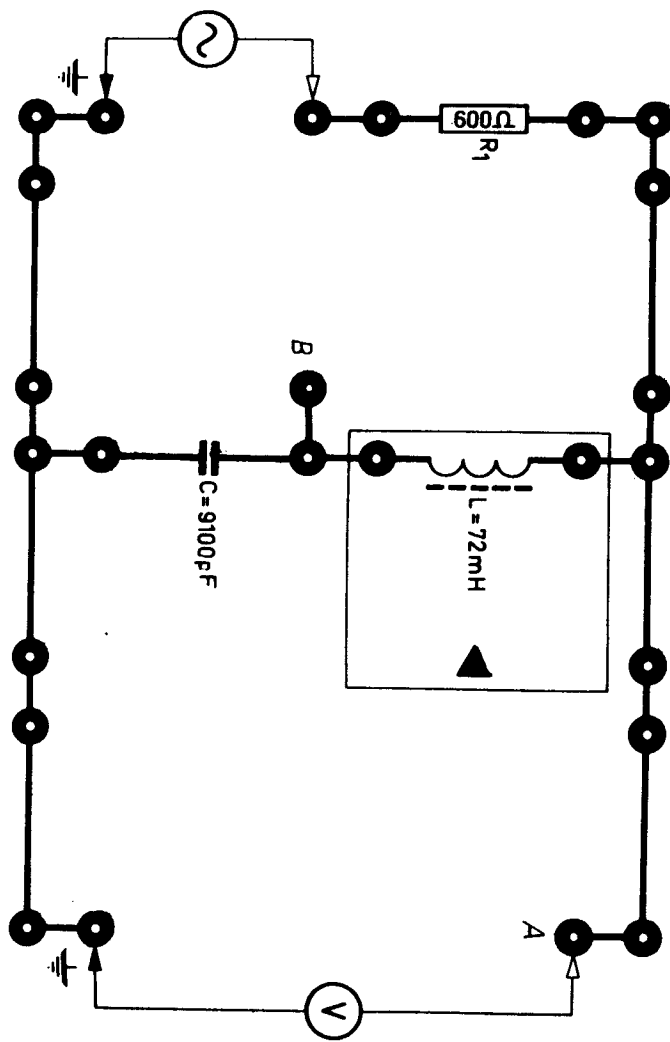
置多用表  $V$  範圍至： 0.3 V

將測試引線由 A 轉接到 B。

將電表指數記於表 2 的第一欄。

使電容器與線圈的位相相互交換：

將電表指數記於表 2 的第二欄。



b)  $R_1 = 1.8 \text{ k}\Omega$

### 第一步測量

在  $f$  為  $2 \text{ kHz}$  時的  $V_{L_0}$

如圖所示重新接妥線路

置多用表  $V$  範圍至：

$0.1 \text{ V}$

置 A.F. 產生器  $f$  標度至：

$20 (2 \text{ kHz})$

將電表指數記於表 1 的第三欄。

### 第二步測量

在  $f$  為  $3 \text{ kHz}$  時的  $V_{L_0}$

置 A.F. 產生器  $f$  標度至：

$30 (3 \text{ kHz})$

將電表指數記於表 1 的第四欄。

### 第三至八步測量

在  $f$  為  $5$  至  $20 \text{ kHz}$  時的  $V_{L_0}$

將  $f$  標度置於下列頻率，重複第二步測量：

50 ( 5    kHz )	110 ( 11 kHz )
62 ( 6.2 kHz )	150 ( 15 kHz )
80 ( 8    kHz )	200 ( 20 kHz )

### 第九步測量

在諧振時的  $V_L$  及  $V_C$

徐徐變更 A.F. 產生器的頻率，一直使電表指數為： $0 \text{ V}$

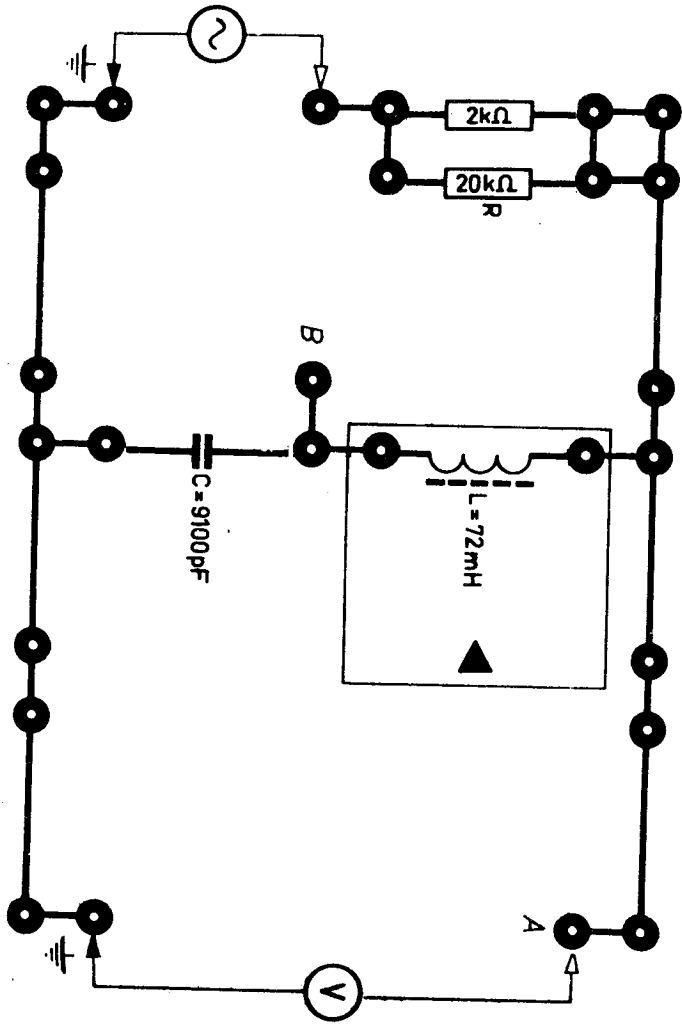
置多用表  $V$  範圍至：  
 $0.3 \text{ V}$

將測試引線由 A 轉接到 B。

將電表指數記於表 2 的第一欄。

相互交換電容器及線圈的位位置。

將電表指數記於表 2 的第二欄。



c)  $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$

### 第一步測量

在  $f$  為  $2 \text{ kHz}$  時的  $V_{Lc}$ 。

如圖所示重新安排電路。

置多用表  $V$  範圍至：

0.1 V

置 A.F. 產生器  $f$  標度至：

20 (2 kHz)

將電表指數記於表 1 的第三欄。

### 第二步測量

在  $f$  為  $3 \text{ kHz}$  時的  $V_{Lc}$ 。

置 A.F. 產生器  $f$  標度至，

30 (3 kHz)

將電表指數記於表 1 的第四欄。

### 第三至八步測量

在  $f$  為 5 至 20 kHz 時的  $V_{Lc}$ 。

將  $f$  範圍置於下列頻率，重複上面的第二步驟：

50 (5 kHz)	110 (11 kHz)
62 (6.2 kHz)	150 (15 kHz)
80 (8 kHz)	200 (20 kHz)

### 第九步測量

在諧振時的  $V_L$  及  $V_o$ 。

徐徐變動 A.F. 產生器的頻率，直到電表指數為： 0 V

將測試引線由 A 轉接到 B。

將電表指數記於表 2 的第三欄。

將電容器與線圈的位置相互交換。

將電表指數記於表 2 的第二欄。

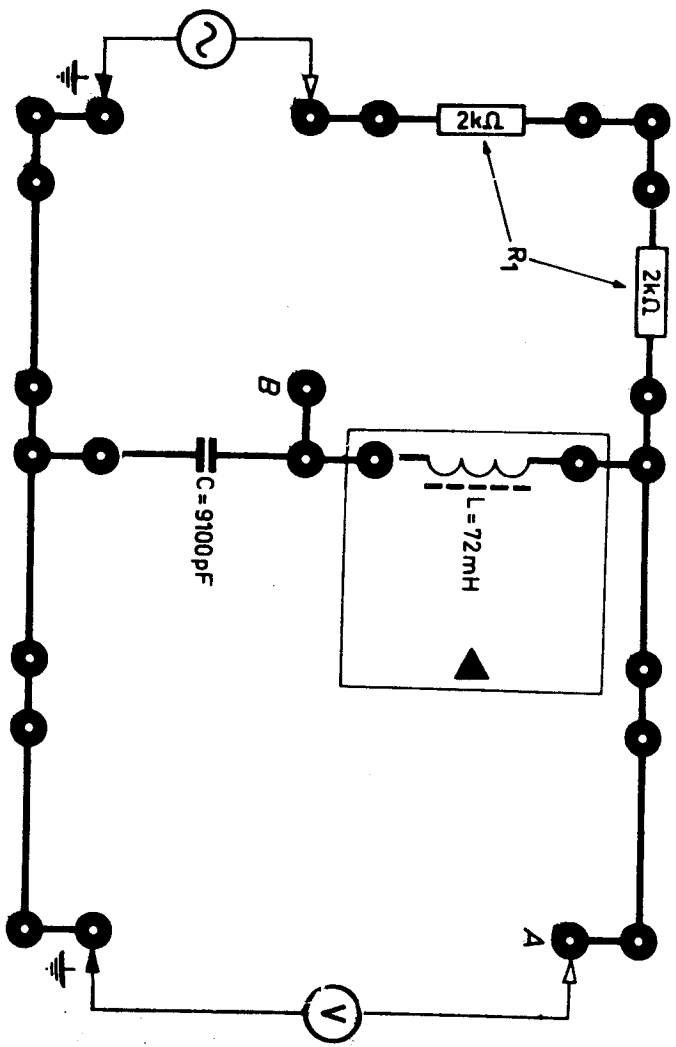
置 A.F. 產生器控制， $V \sim$  範圍至：

斷開

置多用表控制 S 至：

m A

拆除電路取下實驗模板。



## 結果

表 1 及表 2 所示結果為嚴密控制實驗情況所得者。由於儀表與零件的容差 (Tolerance) 之故，你作出的結果與表中所示可能有些出入。

表 1

$R_1$	$V_L$	$V_o$
600 $\Omega$	230 mV	230 mV
1.8 k $\Omega$	115 mV	115 mV
4 k $\Omega$	60 mV	60 mV

表 2

$V_{cc} = 100\text{mV}$ ,  $f = f_0$

$R_1$	$V_L$	$V_o$
600 $\Omega$	230 mV	230 mV
1800 $\Omega$	115 mV	115 mV
4000 $\Omega$	60 mV	60 mV

以 1 公分 = 0.01 V 作垂直標度與 1 公分 = 2 kHz 作水平標度，以三種  $R_1$  的值，可繪出如圖 16-4 之電壓值對頻率圖。

## 結論

從表 1 即可看出，在頻率為 6.2 kHz 時，跨於 L-C 串聯組合電路兩端的電壓  $V_L$  為零，不受  $R_1$  的值影響。這就是該電路的諧振頻率  $f_0$ 。

表 2 顯示出在此諧振頻率時， $V_L$  等於  $V_o$ 。由於相同的電流流經線圈與電容器二者，兩者的電抗值  $X_L$  以及  $X_C$  必定會相等。

因此，就說：

在諧振時  $V_L = -V_o$  以及  $X_L = -X_C$ 。

即  $V_{Lc} = 0$  以及  $X_{Lc} = 0$

由表 2 我們看出，就二串聯電阻的值而言。 $V_L$  及  $V_o$  都甚至比  $V_{cc}$  大。

在對此效應作更進一步研導之前，必須要記住的是，產生器的內阻必定要跟相關的  $R_1$  的值加在一起才可能獲得該電路的總串聯電阻。此結果就  $R_s$  而言，有 1200  $\Omega$ ，2400  $\Omega$ ，以及 4600  $\Omega$  三種值。

在諧振時，電壓  $V_{Lc}$  的值為零。該電路中的電流，則只由串聯電阻的值而定。

$$I = \frac{V_{cc}}{R_s} \quad \text{其中 } f = f_0$$

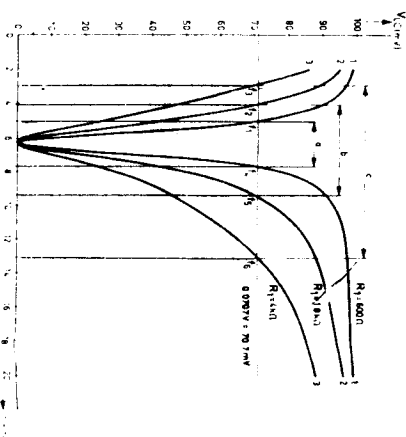


圖 16-4



跨於線圈兩端的電壓  $V_L$  為：

$$V_L = I \times X_L = \frac{V_{gsa}}{R_s} \omega_0 L = V_{gsa} \frac{\omega_0 L}{R_s}$$

由此即可看出，當  $\omega_0 L/R_s$  大於 1 時， $V_L$  就比  $V_{gsa}$  大。就跨於電容器兩端的電壓  $V_C$  而言也是一樣。但是  $V_C = V_L$  時，我們單就電感器作進一步的探討。

跨於 L 或 C 兩端的電壓大於外施電壓 ( $V_{gsa}$ ) 的效應，在電子電路中經常用到，而且稱為諧振變量 (Resonance transformation)。

在串聯諧振時， $V_L/V_{gsa}$  的比率比較低。現在我們就將所測得的  $V_L/V_{gsa}$  的值，與計算出的  $\omega_0 L/R_s$  的值作一比較。在實驗中  $V_{gsa} = 100$  毫安

$$\omega_0 L = 2\pi 6200 \times 72 \times 10^{-3} = 2800 \Omega.$$

$$R_s = 1200 \Omega (R_1 = 600 \Omega) \quad \frac{V_L}{V_{gsa}} = \frac{230}{100} = 2.3$$

$$\frac{\omega_0 L}{R_s} = \frac{2800}{1200} = 2.34$$

$$R_s = 2400 \Omega (R_1 = 1800 \Omega) \quad \frac{V_L}{V_{gsa}} = \frac{115}{100} = 1.15$$

$$\frac{\omega_0 L}{R_s} = \frac{2800}{2400} = 1.17$$

$$R_s = 4600 \Omega (R_1 = 4000 \Omega) \quad \frac{V_L}{V_{gsa}} = \frac{60}{100} = 0.6$$

$$\frac{\omega_0 L}{R_s} = \frac{2800}{4600} = 0.61$$

我們看出諧振變量  $V_L/V_{gsa}$  的量等於  $\omega_0 L/R_s$  的比率。這也可以說明一點，此比率愈大，該電路的品質就愈高。因此就稱為該電路的品質因數 (Quality Factor)  $Q$ 。

$$Q_s = \frac{\omega_0 L}{R_s} = \frac{1}{\omega_0 C R_s}$$

研討過在諧振頻率時，R-L-C 串聯電路的性質，其中  $X_{L,C}$  為零以後，現在我們要研討在另外的頻率，亦即在  $R_s = X_{L,C}$  時的性質。