

最新部訂專科課程標準

電工儀表實習教材 (下)

編著者 林粵生

要有牛一般的精神 ——

苦幹、實幹、耐勞、無怨



全華科技圖書公司總經銷

872767

TM93-43

L637



版權所有・翻印必究

最新儀表實習教材

林粵生 編著

總經銷 全華科技圖書公司
地 址 台北市龍江路76巷
20-2號

電 話 (02) 5811300
5641819

發行人 林 粵 生
地 址 台北市廈門街147巷1-3號
電 話 (02) 3512835
郵 撥 119954 林粵生帳戶

郵 撥 100836
印刷者 建發印刷廠
定 價 100 元
初 版 中華民國71年2月

13.00

實習應注意事項

實習教室內絕對要保持肅靜

，不得喧譁、任意走動、嬉戲、吵鬧、打架。

1. 事前準備

- a 每個人都要在上課之先，把本次應作之實習的教材，仔細閱讀，不明瞭時即須請教老師，不得邊做邊看書。
- b 檢查所發給之各種器材是否足夠、儀表之性能是否良好。如有不足或性能不良者，應申請補足或更換。

2. 實習時應注意事項

- a 將電路接線完畢後，應仔細檢查、核對，並請教師檢驗。無誤後方可送電。
- b 電路之各接點，需有妥善之絕緣，以防漏電、觸電。
- c 使用工具要特別小心，不可作不適當之使用。例用以鉗子當作鐵鎚、烙鐵燙到人或把物燒壞、電鑽亂鑽等都應避免。
- d 測定阻抗值時，元件必須單獨受測，不可接在電路上測，尤應避免在供電時測阻抗值。如有必要，需切斷電源，將阻抗之一端從電路中拆下，使其孤立，然後再作測定。
- e 記錄需詳盡，例如儀表之規格、編號、廠牌等，必要時，時間、氣候、濕度、氣壓、溫度等，都需記錄。

3. 實習畢應注意事項

- a 工作台保持清潔、排列整齊。

HW4636/02-1-

- b 整理工具、儀表，並檢查有無損壞、遺失。如有，應即報告及記載。
- c 詳細書寫報告，如果發現結果反常，應將反常之數據剔除，如果不合理現象嚴重。則該實驗須重作，看看是否操作過程發生錯誤，或儀表發生故障。

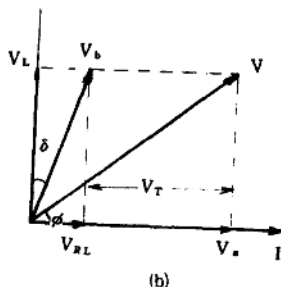
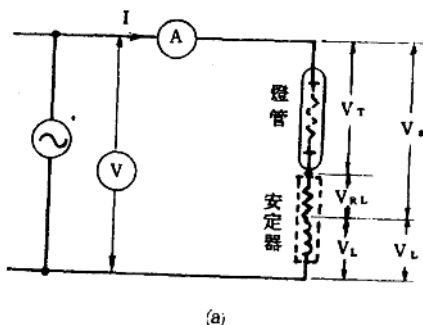
目 錄

目次	頁次
實習應注意事項	I
實習 1 日光燈之功因與效率之測定	1
實習 2 R L C 串聯之電壓測定與串聯諧振	4
實習 3 R L C 並聯之電流測定與並聯諧振	8
實習 4 三相負載之功率、功因測定(一)	14
實習 5 三相負載之功率、功因測定(二)	21
實習 6 F E T 電子電壓表之認識與使用	25
實習 7 阻抗計之認識與使用	30
實習 8 雙軌跡示波器之使用	35
實習 9 整流電路之輸出特性試驗	39
實習 10 放大電路之特性試驗	43
實習 11 瓦時計之認識與使用	45
實習 12 相序測定	54
實習 13 磁通計之認識與使用	58
實習 14 檢流計之靈敏度測定	64

實習 1 日光燈之功因與效率之測定

一、目的：

使學子了解日光燈之電力消耗之效率與功因之測定，以期領悟如何節省能源。



二、原理：

圖 1 - 1

日光燈在觸發後，其等效電路如圖 1 - 1 (a) 所示。燈管之電壓降 V_T 可用一等效電阻 R 之壓降來代替，即 $V_T = IR$ ，轉而為 $R = V_T / I$ 。其安定器之電壓降 V_b 則包含電阻性之壓降 V_{RL} 與電感性之壓降 V_L 兩個分量。其向量關係如圖 1 - 1 (b) 所示。由圖可知功率因數

$$\cos \phi = \frac{V_s}{V} = \frac{V_T + V_{RL}}{V}$$

$$\sin \delta = \frac{V_{RL}}{V_b}$$

$$\cos \delta = \sqrt{1 - \sin^2 \delta} = \sqrt{(V_b^2 - V_{RL}^2) / V_b^2}$$

$$\text{驗算：} V_L = V \sin \phi = V_b \cos \delta = \sqrt{V_b^2 - V_{RL}^2}$$

$$\text{而效率：} \epsilon = \frac{V_T}{V_T + V_{RL}} = \frac{V_T}{V_a} = \frac{V_T}{V \cos \phi} = \frac{R}{R + R_l}$$

R_l 為安定器之電阻。

三、方法：

1. 將日光燈之蓋子卸下。
2. 拆下安定器之一個端子之接線，測安定器之電阻為 R_l 。然後再將線接上，恢復原狀。
3. 將日光燈接入電流表，然後接上電源，使其發光。然後測燈管兩端之電壓降 V_T 、安定器之端電壓降 V_b 。由圖得

$$V_a = V_T + V_{RL} \quad \text{而}$$

$$V_{RL} = I R_l \quad (I \text{ 為電流表讀值})$$

四、結果與記錄：

1. 所用器材：
2. 數據與結果：

V_T	I	$R = \frac{V_T}{I}$	R_l	V_b	$V_{RL} = I R_l$	V	功因 $\cos \phi = \frac{V_T + V_{RL}}{V}$	效率 $\epsilon = \frac{V_T}{V_T + V_{RL}}$

五、注意事項：

利用驗算公式以及 $V = \sqrt{(V_L^2 + V_a^2)}$ 之關係，看看答案是否正確。

六、問題與討論：

1. 寫出實習過程所遭遇之問題與情況。
2. 日光燈之效率為何要用 V_T/V_a 來算而不用 V_T/V 來算？
3. 從本實習你能找出節省日光燈能源的途徑嗎？
4. 如何改善日光燈之功因？
5. 日光燈之發光是一閃一閃的，每分鐘閃 120 次，對眼睛有害，你能否設計一個燈具用兩支日光燈交錯發光，來消滅其閃爍率。除了這個好處外，還有沒有別的好處？

實習 2 RLC串聯之電壓測定與串聯諧振

一、目的：

使學子了解在RLC串聯之電路上，電感之壓降與電容之壓降，極性相反而相消，因此與電源電壓無直接之關係。此外，在形成串聯共振時，此類元件之電壓放大與Q值之關係。

二、原理：

將R、L、C之阻抗元件串聯，接至交流電源時，其電流I依電路原理為

$$I = V / \left[R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right]$$

而各元件之壓降分別為 IR 、 IX_L 、 IX_C ，其中 $X_L = j\omega L$ ，

$X_C = j \frac{1}{\omega C}$ 。由於 X_L 與 X_C 之算符相反而對消，因此引起阻抗

變化，使I與E無直接之關係，各元件之電壓只與I成直接之關連，其向量圖如圖2-1(b)所示，而圖2-1(a)則為其電路圖。

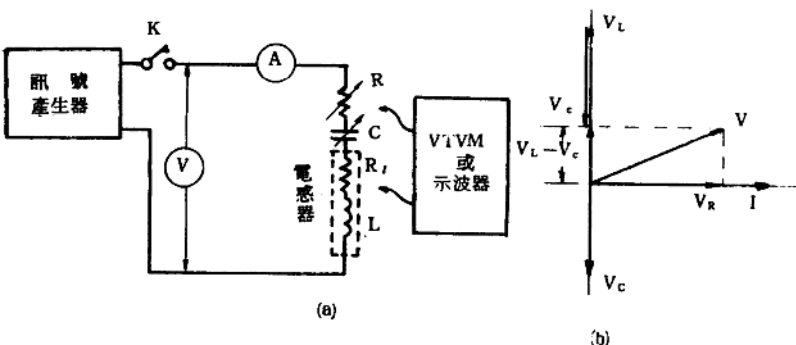


圖 2-1

當 X_L 之絕對值與 X_c 之絕對值相等時，發生串聯諧振，電路之阻抗 $Z = R$ ，而 $X = X_L - X_c = 0$ 。此時電阻之壓降 $IR = V$ （電源之電壓），而 X_L 及 X_c 上之壓降與電源電壓 V 無關，只與 I 成正比，或說只受 R 之影響，當 R 愈小， X_L （或 X_c ）愈大時，電抗之壓降愈大。此時其壓降 V_L （或 V_c ）與 V 之比值稱為 Q ，而 Q 即為電壓增益，而 $V_L / V_R = X_L / R = \omega L / R = 1 / (\omega CR) = Q$ 。

如果外電阻 R 為零，而電路之 R 以電感之 R 取代，此時之 Q 即稱為線圈之品質因數。如果線圈之 L 為已知，其直流電阻也已測知，就也可利用 Q 值求線圈之交流電阻，及其對直流電阻之比值，並可求出交流電阻對頻率之變化，因 $\omega = 2\pi f$ 。欲求其關係只需變化 C 值便可，因 $f_0 = 1 / (2\pi\sqrt{LC})$ 。 f_0 則為諧振頻率。

三、方法：

1. 將 R 、 L 、 C 依圖 2-1 (a) 之電路接好。
2. 將訊號產生器之輸出頻率選定。
3. 測阻抗元件：選定之 R 、 C 之值及電感之 R_l 與 L 之值。
4. 將電源接通（閉合 k ），觀察電流表之值，設為 I_1 。如果電流表指示之值過小，應將訊號產生器之輸出調高。
5. 用真空管電壓表（或半導體電壓表、示波器）測各阻抗元件之電壓降，分別為 V_{R1} 、 V_{C1} 、 V_{L1} 。以及電源電壓 V 值。
6. 變化 R 之值使其由 R_1 變為 R_2 ，再觀察電流表之值，設為 I_2 ，再分別測各元件之端電壓分別為 V_{R2} 、 V_{C2} 、 V_{L2} 。
7. 再將 R 值變為 R_3 、 R_4 、 R_5 ……，依次測上述各值。
8. 將 R 短路，測其最大之 I 值及 V_c 、 V_L 之最大值。
9. 變動訊號產生器之輸出頻率，使達到串聯諧振，再測各值。
10. 變更 C 值，依次為 C_2 、 C_3 、 C_4 ……，依次重複作第 2 至 9

		V_C	V_L	V_R	V	I	f_0	R_{lac}	$Q = \frac{2\pi f_0 L}{R_{lac}}$
C_1 ($f=?$)	$R_1 = \Omega$								
	$R_2 = \Omega$								
	$R_3 = 0 \Omega$					$I_m =$			
C_2 ($f=?$)	$R_1 = \Omega$								
	$R_2 = \Omega$								
	$R_3 = 0 \Omega$					$I_m =$			
C_3 ($f=?$)	$R_1 = \Omega$								
	$R_2 = \Omega$								
	$R_3 = 0 \Omega$					$I_m =$			
C_4 ($f=?$)	$R_1 = \Omega$								
	$R_2 = \Omega$								
	$R_3 = 0 \Omega$					$I_m =$			
C_5 ($f=?$)	$R_1 = \Omega$								
	$R_2 = \Omega$								
	$R_3 = \Omega$					$I_m =$			

各步驟。

四、結果與記錄：

1. 所用器材：
2. 數據與結果：
3. 繪 $R_{I_{ac}}$ 對 $R_{I_{dc}}$ 之曲線。
4. 繪 Q 值對 f_0 之曲線。

五、注意事項：

1. 如果電源之頻率過高，電流表 A 之阻抗變大，故最好要用射頻用之電流表。
2. 電阻器 R 最好用無感電阻。
3. 電路圖中 R 與 C 繪為可變型。使用時只需變換 R 與 C 之值即可，並不一定要用可變之 R 與 C 。

六、問題與討論：

1. 寫出實習過程中所遭遇之問題與情況。
2. 電感器之所測之電壓為電阻之壓降及電感之壓降的和。你有沒有辦法求出純電感之電壓降嗎？
3. 從本實習中你得到那些重要的概念？
4. 討論。

實習 3 RLC 並聯之電流測定與並聯諧振

目的：

使學子了解在 RLC 並聯之電路上，電感之電流與電容之電流，極性相反而對抗，因此其電流與電源之輸出電流無直接之關連。此外，在形成並聯共振時，此類元件中之電流放大與 Q 值之關係。

二、原理：

當我們將 R、L、C 三元件並聯時，如圖 3-1 所示者，以導納來計算時得

$$Y = -jB_L + jB_C + G = j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) + G$$

因此其電納支路之電流 I_L 與 I_C 的極性相反，將相對抵。而電源流出之總電流 I 將與電源電壓 V 無直接之關連。在極端之情形：

設 $G = 0$ ， $\omega C = \frac{1}{\omega L}$ ，則 I 將

等於零，但電抗支路之 I_L 及 I_C 將為無限大，此即為並聯諧振。而 I_L / I 或 I_C / I 之比值則稱為電抗品質因數 Q ，亦即電流之增益。此時諧振之頻率依

$$\frac{1}{\omega_0 L} = \omega_0 C \text{ 之關係得 } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

圖 3-1

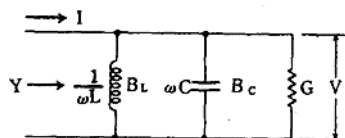
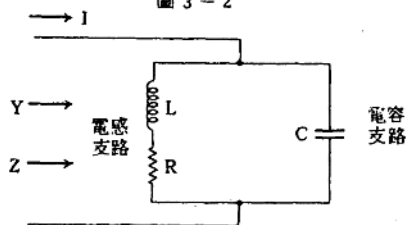


圖 3-2



，與串聯諧振者相同。

但實際上，世上無純電感之元件，電感器必為 R 與 L 串聯之等效電路，如圖 3-2 所示。於是

$$\begin{aligned} X_L &= 2\pi f L, \quad X_C = \frac{1}{2\pi f C} \\ Z &= \frac{(R + jX_L)(-jX_C)}{R + jX} \quad (X = X_L - X_C) \\ &= \frac{X_L X_C - jRX_C}{R + jX} \times \frac{R - jX}{R - jX} \\ &= \frac{X_L X_C R - jR^2 X_C - jX_L X_C X - RX_C X}{R^2 + X^2} \\ &= \frac{X_L X_C R - RX_C X}{R^2 + X^2} - j \frac{R^2 X_C + X_L X_C X}{R^2 + X^2} \end{aligned}$$

在諧振時，虛部應等於零，即功因應等於 1，故

$$\frac{R^2 X_C + X_L X_C X}{R^2 + X^2} = 0$$

由此式得

$$R^2 = -X_L (X_L - X_C) = -(X_L^2 - X_L X_C)$$

解此式求 f_0 ，得

$$\begin{aligned} R^2 &= -(2\pi)^2 f_0^2 L^2 + \frac{2\pi f_0 L}{2\pi f_0 C} \\ f_0^2 &= \frac{1}{(2\pi)^2} \times \frac{1}{L^2} \left[\frac{L}{C} - R^2 \right] \\ &= \frac{1}{(2\pi)^2} \times \frac{1}{LC} \left[\frac{L}{L} - \frac{C}{L} R^2 \right] \\ f_0 &= \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{C}{L} R^2} \end{aligned}$$

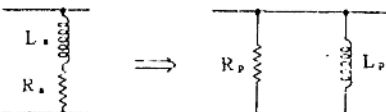
在平常 $(C/L)^2 R^2$ 常遠小於 1，故可忽視，得

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

圖 3-3

此式與串聯諧振同。

此外，因

$$Q = \left| \frac{I_{L_p}}{I_{R_p}} \right| = \left| \frac{V/X_{L_p}}{V/R_p} \right|$$


$$= \left| \frac{R_p}{X_{L_p}} \right| = \left| \frac{R_p}{\omega_0 L_p} \right|$$

如果利用串聯轉換為並聯之電路技巧，如圖 3-3 所示者，則圖 3-2 之電路將變為圖 3-1 之電路。其轉換之技巧為：

$$j\omega L_s + R_s = \frac{1}{(1/R_p) + (1/j\omega L_p)}$$

$$\frac{j\omega L_s}{R_p} + \frac{R_s}{j\omega L_p} + \frac{R_s}{R_p} + \frac{L_s}{L_p} = 1$$

虛部相消時得

$$\frac{j\omega L_s}{R_p} = j \frac{R_s}{\omega L_p}$$

於是得

$$\frac{R_p}{\omega_0 L_p} = Q = \frac{\omega_0 L_s}{R_s}$$

證明串聯與並聯之諧振頻率 Q 值相同。同時，由實部得

$$\frac{R_s}{R_p} + \frac{L_s}{L_p} = 1$$

以 $Q\omega_0 L_p$ 代 R_p 及 $\omega_0 L_s / Q$ 代 R_s ，得

$$L_p = L_s \left(1 + \frac{1}{Q^2} \right)$$

以上式之 L_p 代入前式得

$$R_p = R_s (Q^2 + 1)$$

在實用之電路中，因 Q 值通常很大， $1/Q^2 < 1$ ，故可省略，得

$$L_p = L_s \quad R_p = R_s Q^2$$

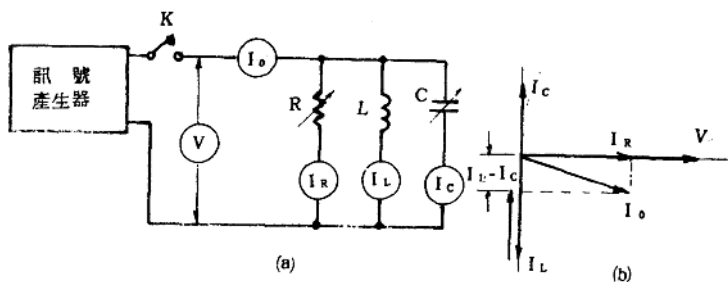


圖 3 - 4

三、方法：

1. 將 R 、 L 、 C 元件依圖 3 - 4 (a) 之線路連接。
2. 選定訊號產生器之輸出頻率。
3. 將電路接通（即將 K 閉合），觀察各電流表之指示值。
4. 將 R 值變大，再觀察各電流表之指示值。
5. 將 R 支路移走，即使 $R = \infty$ ，觀察各電流表之指示值。
6. 變換電源之輸出頻率，使 I_0 之值為最小，此時即呈並聯諧振。
。觀察各電流表之指示值，並算出 Q 值。
7. 變換電容支路之 C 值，重複作 2 至 6 各步驟。
8. 單獨測 V 、 L 、 R 、 C 各值，校驗各 I 值，看看是否與圖 3 - 4 (b) 之向量圖吻合，並用圖 3 - 3 之技巧。

四、結果與記錄：

1. 所用之器材：
2. 數據與結果：
3. 繪 Q 值對 f_0 之曲線。

		V	I_0	I_R	I_L	I_C	I_{RP}	f_0	$Q = \frac{2\pi f_0 L}{R_{lac}}$
C_1 $f = ?$	$R_1 = ?$								
	$R_2 = ?$								
	$R_3 = \infty$								
C_2 $f = ?$	$R_1 = ?$								
	$R_2 = ?$								
	$R_3 = \infty$								
C_3 $f = ?$	$R_1 = ?$								
	$R_2 = ?$								
	$R_3 = \infty$								