

部定大學用書

電工學實驗

國立編譯館大學用書編審委員會主編

張 煌 編 著

國立編譯館出版
臺灣中華書局印行

部定大學用書

電工學實驗

國立編譯館大學用書編審委員會主編

張 煜 編 著

國立編譯館出版
臺灣中華書局印行

中華民國六十一年九月初版

大學部
學用書定

電工學實驗

平裝一冊
（郵運滙費另加）

國立編譯館大學用書編審委員會

張

國

立

編

譯

館

臺灣中華書局股份有限公司代表

熊

鈞

生

臺北市重慶南路一段九十四號

臺灣中華書局印刷廠

臺北市雙園街六〇巷九〇號

臺灣中華書局

臺北市重慶南路一段九十四號

郵政劃撥帳戶：三九四二號

Chung Hwa Book Company, Ltd.
94, Section 1, South Chungking Road,
Taipei, Taiwan, Republic of China



主編 出版 發行

編著 版行 刷行

者者者 者人者 處者

（臺總）甲書

著者序

本書電工學 - 電機電子工程學實驗係配合拙作電工學 - 電機電子工程學而撰編，共計有電路實驗，電機機械實驗，及電子實驗三種，各編一章，每章按課程層次需要，各精編十個實驗。讀者如能按步做完本書實驗，則對電工學的實習操作能切實了解，對於將來進修或工作，必大有幫助。

張 煌

民國六十一年六月

於國立台灣大學電機系

電工學實驗

目 次

著者序

第一章 電路實驗

1-1	惠司同電橋測量電阻·····	1
1-2	汾因電橋測量電容·····	5
1-3	馬克士威測量電感·····	8
1-4	電感電阻串聯電路·····	11
1-5	電感電阻並聯電路·····	13
1-6	串並聯電路·····	15
1-7	網路定理驗證·····	17
1-8	RLC 串聯諧振電路·····	20
1-9	RLC 並聯諧振電路·····	24
1-10	三相 ∇ 接負載的電流相量關係·····	26

第二章 電機機械實驗

2-1	單相變壓器開路試驗及短路試驗·····	30
2-2	單相變壓器負載試驗·····	32
2-3	單相變壓器三相連接·····	34
2-4	分激直流發電機特性試驗·····	36
2-5	他激直流發電機特性試驗·····	39

2-6	分激直流電動機特性試驗·····	42
2-8	單相感應電動機特性試驗·····	47
2-9	三相感應電動機負載試驗·····	49
2-10	同步電動機特性試驗·····	51

第三章 電子實驗

3-1	半導體兩極體特性·····	54
3-2	電晶體特性·····	58
3-3	射極接地式 h 參數的測定·····	63
3-4	電晶體直流偏壓電路·····	66
3-5	電晶體電壓放大器·····	71
3-6	反饋放大器·····	76
3-7	電阻電容移相振盪器·····	79
3-8	限制電路及定位電路·····	82
3-9	不穩多諧振盪器·····	85
3-10	邏輯電路·····	88

第一章 電路實驗

1-1 惠司同電橋測量電阻

一、實驗目的：

(一) 使用惠司同 (Wheatstone) 電橋測定各種低瓦特數的電阻，藉以熟練電橋的用法。

(二) 對串聯，並聯電阻的等效電阻加以研討。

二、拙作電工學—電機電子工程學參考章節：

(一) 第 1-6 節電阻和歐姆定律。

(二) 第 1-7 節串聯電阻。

(三) 第 1-8 節並聯電阻。

(四) 第 1-10 節克希何夫定律。

(五) 第 27-5 節惠司同電橋。

三、使用器材：

(一) 指針式微電流計，靈敏度 5×10^{-8} 安培/公分。

(二) 電流計分流器一套。

(三) 未知值電阻器三只。

(四) 十進位電阻器三具。

(五) 1.5 伏特電池電源一只。

(六) 電源電鍵一個。

(七) 微電流計電鍵一個。

(八) 三用表一只。

四、實驗步驟：

(一) 先用三用表測量未知值電阻器 R_x 的約值。

(二) 以欲測電阻例如 R_{x1} 者，接成如圖 1-1 所示的電路。各端點間的連接儘可能使用較短的粗線，並使連接妥善，不可因接觸不良而發生過大的誤差。尤其是測量小值電阻時，更須注意。實驗前先將微電流計 G 的制動裝置加以開放，並校準零點。同時將分流器 R_s 調至接近於零的電阻最小的位置，以保護電流計。

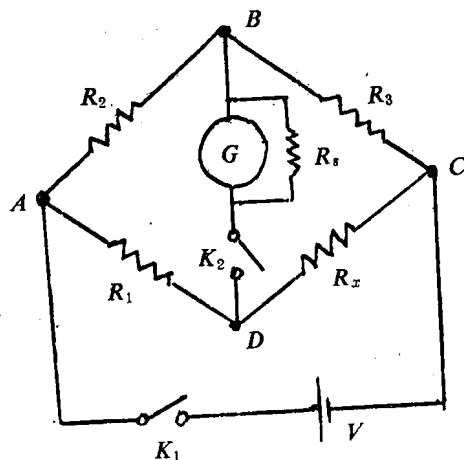


圖 1-1 惠司同電橋電路。

(三) 首先將 R_x 自電路中拆下，調整 R_1 與 R_2 ，使 R_1/R_2 之比為 1（或以 $R_1 = 1,000$ 歐姆， $R_2 = 1,000$ 歐姆）。將 R_s 調至 1,000 歐姆，先接下 K_1 ，再將 K_2 輕輕一按，一經接觸即行放開。記錄微電流計指針偏轉的方向。此時須特別注意者， K_2 不可按下過久，否則可能將微電流計損壞。其次再將 R_x 接入電路，將 K_1 與 K_2 均按下，同時微電流計偏轉的方向，此時若偏轉過小，而無法察知，則可將 R_s 的電阻稍為增大。若前後兩次偏轉的方向相反，則 R_x 當較 1,000 歐姆為小。最後將 R_s 照 900 歐姆，800 歐姆，……，100 歐姆，90 歐

姆，80 歐姆，…，10 歐姆，9 歐姆，8 歐姆，……等值次序逐次減小，作上述同樣的實驗，直至前後相鄰兩次偏轉的方向相反而後止。此時的 R_x 必介於最後兩次實驗的 R_s 電阻值間。如此，可決定 R_x 的第一位數值。但須注意者，電鍵按下的順序應先按 K_1 ，後按 K_2 ；放開的順序，則應先放 K_2 ，後放 K_1 。當 R_x 含有電感時，尤為重要。

(四) 適當調整 R_1/R_2 之比率，使 R_x 的第一位數值落在電橋 R_s 的第一圓盤上。例如 R_x 的電阻為十位數， R_s 的第一圓盤每級為 1,000 歐姆，則 R_1/R_2 應為 0.01。將 R_s 調至大值，逐次調整 R_s 的第二、第三乃至最小的圓盤，以求電橋的平衡，待平衡後，順第一、第二、……圓盤的次序讀取 R_s 。對於同一電阻作五次相同的測量，再求其平均值。

(五) 對 R_{x2} 與 R_{x3} 作(三)、(四)所示相同的實驗。

(六) 對圖 1-2 所示(a)的串聯電阻，(b)的並聯電阻，及(c)的串並聯電阻，作(三)、(四)所示相同的實驗。

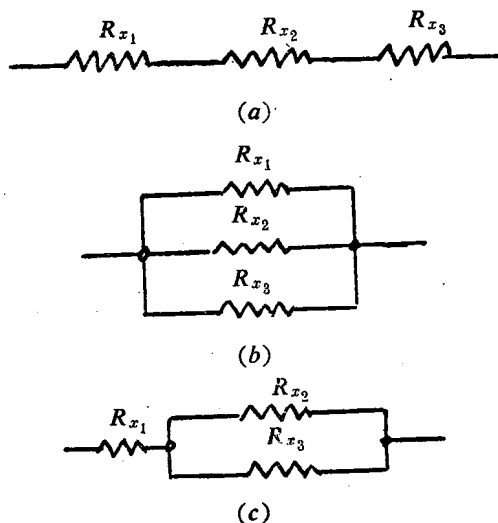


圖 1-2 (a) 串聯電阻，(b) 並聯電阻，(c) 串並聯電阻。

(七) 測量結果，記之如次：

欲測電阻	R_1	R_2	$\frac{R_1}{R_2}$	R_3	$R_x = R_3 \frac{R_1}{R_2}$	備 考
R_{x1}						電阻單位用歐姆。
平 均						
R_{x2}						
平 均						
R_{x3}						
平 均						

組 合 法	R_1	R_2	$\frac{R_1}{R_2}$	R_3	R_x		備 考
					$R_3 \frac{R_1}{R_2}$	計算值	
串聯							電阻單位用歐姆。
平 均							
並聯							
平 均							
串並聯							
平 均							

五、問題：

- (一) 試證明電橋的平衡條件 $R_x = R_3 \frac{R_1}{R_2}$ 。
- (二) 試說明實驗步驟(三)所述前後兩次偏轉的方向相反時 R_x 較 1,000 歐姆為小的理由。
- (三) 若 R_x 較 1,000 歐姆為大時，應如何試驗及測量？
- (四) 試述電鍵按下及放開所述順序的理由。
- (五) 電阻組合後，其測量值與計算值有否不符？
- (六) 如有不符，試說明產生誤差的原因。

1-2 汾因電橋測量電容

一、實驗目的：

由汾因 (Wien) 電橋測量各種電容器的電容及散逸因數，藉以獲得關於電容器介質損失的知識，並熟練汾因電橋的用法。

二、拙作電工學—電機電子工程學參考章節：

- (一) 第 3-6 節阻抗概念。
- (二) 第 4-2 節 RC 串聯電路。
- (三) 第 4-4 節並聯電路。
- (四) 第 27-5 節惠司同電橋。

三、使用器材：

- (一) 電話聽筒一個。
- (二) 可聽 1,000 赫芝頻率振盪器一具。
- (三) 可變電阻 0 - 1,000 歐姆交流電阻箱一個。
- (四) 可變電阻 0 - 10,000 歐姆交流電阻箱兩個，其中一個須備有 10×0.1 歐姆的圓盤。
- (五) 0.01 微法固定雲母標準電容器。

(六) 未知值電容器三只。

四、實驗步驟：

(一) 將欲測電容器一個例如 C_x 者，以及比率臂電阻箱，標準電容器等件接成如圖 1-3 所示電路。首先將電源接入振盪器電路，調整其輸出，將輸出端置於開路的位置。

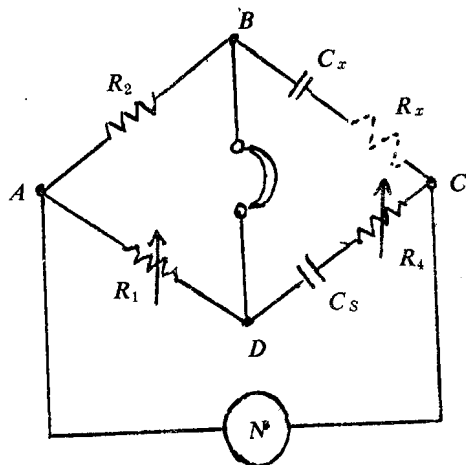


圖 1-3 汾因電橋電路。

(二) 首先將 $R_2 = 10$ 歐姆，固定不變。適當選擇 R_1 及 R_4 ，例如可使 $R_1/R_2 = 100$ 。將 R_4 置於電阻的最大位置。然後，將振盪器接入電路，關上其輸出端。調整 R_1 的電阻以聽取聽筒發音最小的位置。保持此位置不變，將 R_4 減小，尋求聲音更小的位置。此處應注意者，如若測電容器的散逸因數尚小於標準電容器者，則此時聽筒的發音將不變小，便不能由此電橋獲得平衡。將 R_4 保持在使聲音最小的位置，再度調整 R_1 ，尋求聲音更小的位置。如此交替調整 R_1 及 R_4 直至聲音不再變小而後止。讀取 R_1 ， R_2 ， R_4 ，及 C_s 的數值，並將之記錄。根據交流電橋的平衡條件，可求得未知電容，等效值串聯

電阻，及散逸因數如下：

$$C_x = C_s \frac{R_1}{R_2} \text{ 及 } R_x = R_4 \frac{R_2}{R_1} \quad (1-1)$$

$$D_x = w R_4 C_s = w R_x C_x \quad (1-2)$$

對同一電容器，可更換測量者作若干次相同的測量，以求取平均值。

(三) 對於其他各電容，作上述相同的實驗，每次記錄 R_1 及 R_4 。

(四) 測量結果，記錄如次：

固定雲母標準電容器 $C_s = 0.01$ 微法， $R_2 = 10$ 歐姆， $f=1,000$ 赫芝。

欲測電容	R_1	R_2	$C_x = C_s \frac{R_1}{R_2}$	$R_x = R_4 \frac{R_2}{R_1}$	$D_x = 2\pi f R_4 C_s$	備 考
C_{x1}						電阻用歐姆 ，電容用微 法
平 均						
C_{x2}						
平 均						
C_{x3}						
平 均						

五、問題：

- (一) 試證明公式 (1-1) 及 (1-2) 的關係。
- (二) 如不計標準電容的等效串聯電阻，則其誤差將如何？
- (三) 試述散逸因數的意義。
- (四) 如果 R_1 ， R_2 上附有電容或電感，或者欲測電容器上有漏電電阻，則其誤差又將如何？
- (五) 欲測電容器的散逸因數是否相同，如有不同，試述其理由？

1-3 馬克士威測量電感

(一) 實驗目的

用馬克士威 (Maxwell) 電橋測量各種線圈的電感及蓄聚因數，藉以獲得有關乘積臂交流電橋的知識，並熟練馬克士威電橋的用法。

三、拙作電工學—電機電子工程學參考章節：

- (一) 第 3-6 節阻抗概念。
- (二) 第 4-1 節 RL 串聯電路。
- (三) 第 4-4 節並聯電路。
- (四) 第 27-5 節惠司同電橋。

三、使用器材：

- (一) 電話聽筒一個。
- (二) 可聽 1,000 赫芝頻率振盪器一具。
- (三) 可變電阻 0 - 100,000 歐姆交流電阻箱一個。
- (四) 可變電阻 0 - 10,000 歐姆交流電阻箱兩個。
- (五) 0.01 及 0.1 微法固定雲母標準電容器。
- (六) 未知值空心線圈三只，其電阻為 R_x 。

四、實驗步驟：

(一) 使用空心線圈例如 L_x 者，乘積臂電阻箱，0.01微法的標準電容器等件接成如圖 1-4 所示的電路。首先將電源接入振盪器，調整其輸出，將輸出端置於開路的位置。

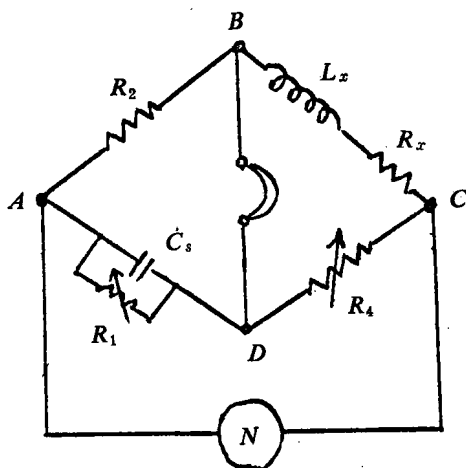


圖 1-4 馬克士威電橋電路。

(二) 先以 $R_2 = 1,000$ 歐姆，將之固定不變。適當選擇 R_4 及 R_1 ，例如使 $R_4 R_2 = 1,000,000$ 歐姆²。將 R_1 置於電阻最大的位置。然後將振盪器接入電橋，關上其輸出端。再調整 R_4 電阻，聽取聽筒發音最小的位置。固定 R_4 的位置，減小 R_1 ，尋求聲音更小的位置。此處應注意者，若欲測電感的 Q 因數亦可稱蓄聚因數甚大時，則聲音將不變小，便不能用此電橋獲得平衡。將 R_1 保持不變，再度調整 R_4 ，尋求聲音更小的位置。如此交替調整 R_4 與 R_1 ，直至聲音不再變小為止。讀取 R_1 ， R_2 ， R_4 ，及 C_s ，並記錄之。根據此交流電橋的平衡條件，可得未知電感，等效串聯電阻，及 Q 因數如下：

$$L_x = R_2 R_4 C_s \text{ 及 } R_x = R_4 \frac{R_2}{R_1} \quad (1-3)$$

$$Q_x = \frac{\omega L_x}{R_x} = \omega R_1 C_s \quad (1-4)$$

對同一電感器，可更換測量者作若干次相同的測量，以求取平均值。

(三) 更換其他電感，作步驟(二)所示的實驗。每次記錄 R_2 及 R_1 。

(四) 將 0.01 微法的 C_s 換用 0.1 微法的標準電容器，再度作上述的實驗。

(五) 測量結果，記錄如下：

固定雲母標準電容器 $C_s = 0.01$ 微法， $R_2 = 1,000$ 歐姆， $f = 1,000$ 赫芝。

欲測電感	R_2	R_1	$L_x = R_2 R_1 C_s$	$R_x = R_2 \frac{R_1}{R_1}$	$Q_x = 2\pi f R_1 C_s$	備考
L_{x1}						
平 均						
L_{x2}						
平 均						
L_{x3}						
平 均						

五、問題：

- (一) 試證明公式 (1-3) 及 (1-4) 的關係。
- (二) 試述 Q 因數的意義。
- (三) 交流比率臂電橋與乘積臂電橋的平衡條件的區別何在？
- (四) 各電感的 Q 因數是否相同？如有不同，試述其理由。

1-4 電感電阻串聯電路

一、實驗目的：

沿串聯電路測量其電壓的分配情形，並用向量圖驗證各部分電壓與總電壓間的關係。

二、拙作電工學—電機電子工程學參考章節：

- (一) 第 1-10 節克希何夫定理。
- (二) 第 3-5 節電壓和電流向量及其加法。
- (三) 第 3-6 節阻抗概念。
- (四) 第 4-1 節 RL 串聯電路。
- (五) 第 6-1 節功率和電抗功率。
- (六) 第 6-2 節功率因數和視在功率。

三、使用器材：

- (一) 鐵心線圈一只，約 4 至 10 亨利。
- (二) 可變電阻器一只，0—10,000 歐姆交流電阻箱。
- (三) 電流計一只，0—100 毫安交流。
- (四) 伏特計一只，0—150 伏特交流。
- (五) 瓦特計一只，0—15 瓦特交流。
- (六) 100 伏特 60 赫芝交流電源。
- (七) 電鍵一只。