

館內
調
讀

50008

基本館藏

無線電學實驗

下 冊

李 萱 編 著



大東書局出版

實驗無線電學

(下 冊)

李 萱 編 著
倪 尙 達 校 閱

大東書局出版

實驗無線電學內容提要

本書分爲上下兩冊，共十五章，八十四個實驗，包括交流電路、網絡分析、電子管、陰極射線、電源供給、放大器、振盪器、無線電收音機及發射機、傳輸線和天線等，書末附有無線電儀器製作資料、蘇聯常用電子管的特性、電阻耦合放大器的設計數據、電源變壓器的設計等。本書適合大學、專科學校、技術幹部學校作爲課本及電訊工作人員參考之用。

實驗無線電學(下)

書號：5030

編著者	李	萱
校閱者	倪	尙達
出版者	大東書局	
	上海福州路310號	
印刷者	大東印刷廠	
	上海安慶路268弄	

25開 91印刷頁 130,000字 定價11,000元
一九五三年十二月初版 (0001—3000)

上海市書刊出版業營業許可證出043號
上海市書刊發行業營業許可證發061號

目 錄

第八章 電源供給	I
----------------	---

實 驗

8.1 半波及全波整流器	1
8.2 電壓穩定器	9
8.3 倍壓整流器	14

第九章 放大器	18
---------------	----

實 驗

9.1 單級電壓放大器	18
9.2 電阻耦合放大器	22
9.3 成音週率變壓器的特性	25
9.4 變壓器耦合成音週率放大器	28
9.5 功率放大器	29
9.6 放大器的甲、乙及丙類運用	32
9.7 甲類及甲乙類成音週率推挽放大器	35
9.8 乙類成音週率推挽放大器	38
9.9 射電週率調諧電壓放大器	40

9.10 成音放大器的週率響應和和位的特性曲線	41
9.11 反饋放大器	43
9.12 丙類放大器和週率倍增器	46

第十章 振蕩器51

實驗

10.1 射電週率振蕩器	51
10.2 成音週率振蕩器	58
10.3 晶體振蕩器	60
10.4 負電阻振蕩器——負跨導振蕩器和阻容振蕩器	64
10.5 瓦因橋式振蕩器	67

第十一章 調制及檢波71

實驗

11.1 丙類放大器的調幅	71
11.2 調制特性	77
11.3 幅調信號的檢波或解調(一)	82
11.4 幅調信號的檢波或解調(二)	87
11.5 外差式檢波	89
11.6 調制週率——(一)電抗管調週率器	92
11.7 調制週率——(二)限制器和甄別器	96

第十二章 無線電收音機..... 101

實 驗

- 12.1 超外差式收音機的裝置和校驗..... 103
- 12.2 超外差式收音機的校整..... 106
- 12.3 外差式收音機故障的檢查..... 109
- 12.4 收音機內增益和電壓的測量..... 113
- 12.5 視察法校整超外差收音機..... 114
- 12.6 無線電收音機的靈敏度及選擇性..... 117

第十三章 無線電發射機..... 119

第十四章 傳輸線及天線..... 122

實 驗

- 14.1 傳輸線的傳播常數和特性阻抗..... 122
- 14.2 成音週率時倣真傳輸線上電壓和電流的分佈..... 125
- 14.3 射電週率傳輸線..... 128
- 14.4 天線的輸入阻抗..... 129

第十五章 無線電儀器製作資料..... 131

實 驗

- 15.1 複用電計..... 131
- 15.2 振蕩器..... 136
- 15.3 陰極射線示波器..... 142

15.4 零件測量儀器.....	145
(1) Q 計.....	145
(2) 真空管校驗器.....	146
(3) 真空管伏特計.....	147
(4) 電容測量器.....	150
(5) 週率計.....	151

附 錄

(甲) 蘇聯常用電子管.....	151
(乙) 電阻耦合放大器的設計數據.....	155
(丙) 銅線規格.....	171
(丁) 電源變壓器的設計.....	172

第八章 電源供給

實驗 8.1 半波及全波整流器

在許多電訊及電子管工作需要直流電的地方，幾乎完全是用電子管來把交流整變為直流電。由於真空管內，祇允許電流單方向流動，故任何真空管都可用作整流器。整流器的輸出是單方向的脈動直流電，而在多數電訊設備裏，需要平滑穩定的純粹直流電流；因此在輸出接至負担之前，必須裝置濾波器，使輸出的電流平滑，成為穩定的直流電。

半波整流器 圖 8.1 示一沒有濾波設備的半波整流器。它的電路裏包括一只整流管和一個電源變壓器。變壓器有兩個副線圈，一個以

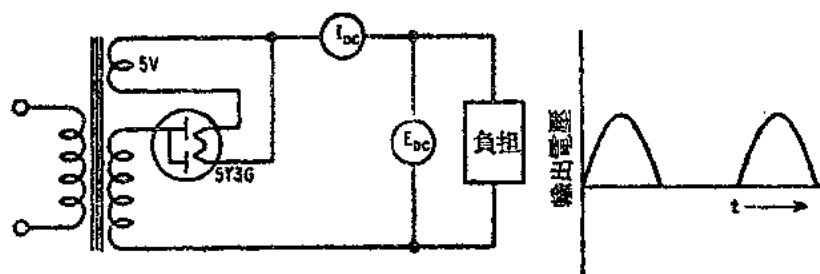


圖 8.1 沒有濾波設備的半波整流器。

低電壓供給整流管的燈絲，一個以升高的電壓（升高至所欲輸出的電壓）連接到整流管的板極。

圖 8.2 為前圖半波整流器的等效電路，其中電阻器 R_T 和電鑰代替了整流管。電阻器代表真空管的等效內阻；電鑰更假定祇在板極電位

是正，陰極電位是負的時期關通。

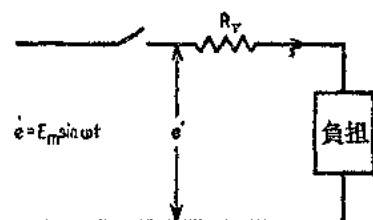
設 e' 是加在 R_T 及負担上的總電壓，用傅立葉級數表示為時間函數則為

$$e' = E_m \left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{2}{3\pi} \cos 2\omega t - \frac{2}{15\pi} \cos 4\omega t - \dots \right) \quad (1)$$

(1) 式中第一項 $\frac{E_m}{\pi}$ 是電壓 e' 的直流成份，而負担兩端的直流電壓就等於此 $\frac{E_m}{\pi}$ 減去跨於整流管兩端的直流電壓，級數 (1) 內除第一項外，其餘各項為交流波紋，此波紋電壓是可用濾波器除去的。

自方程式 (1) 顯見輸出中波紋的最低週率項竟較其直流電壓成份項為大；故須用優良的濾波器，始能把波紋吸收去。因此半波整流器限用在需要電流不大，而濾波又不困難的地方。

全波整流器 圖 8.3 示一全波整流器的電路及其輸出的波形，電路中包括兩只真空管，或一只具有兩個銀極的真空管。電源變壓器副路



$$\begin{aligned} e' &= E_m \sin \omega t & 0 < \omega t < \pi \\ e' &= 0 & \pi < \omega t < 2\pi \end{aligned}$$

圖 8.2 半波整流器的等效電路。

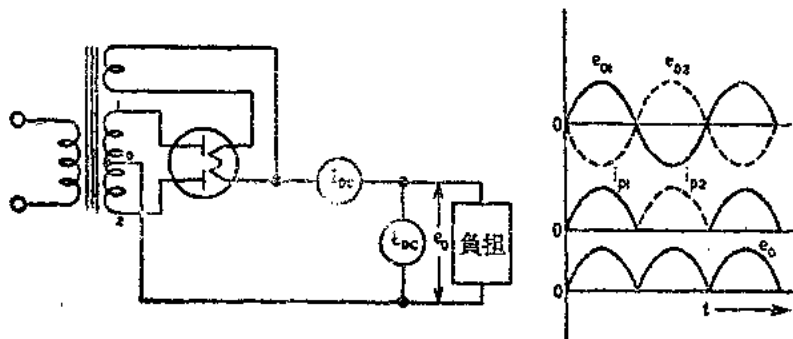


圖 8.3 全波整流器。

高壓線圈的中心接頭和陰極間接負担，其餘兩端各接到一鈹極上。加在第一個鈹極上的電壓是 e_{01} ，加在第二個鈹極上的電壓是 e_{02} ，此兩電壓的相差是 180° 。第一個鈹極上交變電壓在正半週通電流時，第二個鈹極則在負半週不通電流。以兩個鈹極來講，它們各有半週通電流，各成一半波整流器。但以負担而言，一週時間中，兩個半週都有電流，而且方向相同；故輸出的波形必較半波整流器輸出的波形為佳。圖 8.4 示此全波整流器的等效電路。因為在各半週時間，祇有一個鈹極導電；故僅用一個電阻器 R_T 代替兩個鈹極的電阻。用傅立葉級數展開電壓 e' 成為

$$e' = E_m \left(\frac{2}{\pi} - \frac{4}{3\pi} \cos 2\omega t - \frac{4}{15\pi} \cos 4\pi\omega t \dots \right) \quad (2)$$

其中直流成份恰是半波整流器直流成份的兩倍，而且和電源週率相同的交流波紋也不存在，每個鈹極負担總負担直流的一半；因此全波整流所能允許的負担電流，是半波整流管額定鈹流的兩倍。全波整流管的兩個鈹極也可分裝在兩個管內。若裝在一個管內，成為雙二極管，那麼它的額定電流就以兩個鈹極電流之和標出。

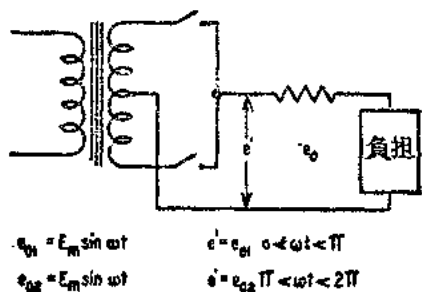


圖 8.4 全波整流器的等效電路。

全波整流器輸出的波形遠較半波整流器輸出的波形為佳，比較方程式(1)、(2)立知。全波整流輸出波紋最低的週率是電源週率的兩倍，而半波整流波紋電壓的週率是和電源週率相同；且在全波整流輸出內，最低週率成份的波幅要比半波輸出最低週率成份的波幅小得多。更重要者，濾去高週率波紋較濾去低週率波紋容易得多；因此一般設備裏都

採用全波整流。

濾波器 在許多應用裏，交流波紋必須藉一通低週濾波器除去或者減少。圖 8·5 示電源設備裏常用的兩種濾波器的各一節。濾波器節數的多寡，視需要減少波紋的程度而決定。電源濾波器設計時，總設計成爲一濾最低週率波紋至一定程度的濾波器而不考慮高週率的波紋。因爲濾低週率作用強的濾波器，對高週率的濾波作用更強，並且交流波紋的波幅也隨諧週級數的增加而減低得很快。

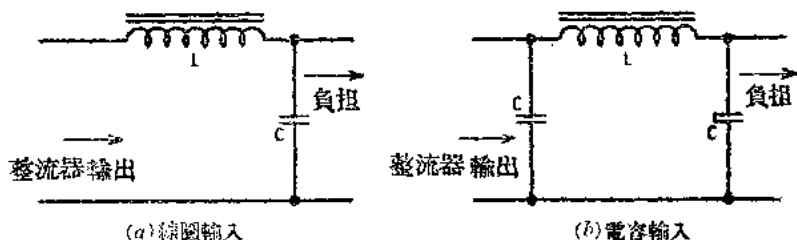


圖 8·5 電源供給裏的濾波器。

在線圈輸入濾波器內，減低波紋至一定程度所需要的自感和電容，可用下式算出：

$$LC = \frac{\alpha + 1}{\omega^2} \quad (3)$$

其中 L = 濾波器的自感以亨利作單位

C = 濾波器的電容以微法拉作單位

$$\omega = 2\pi f_r$$

f_r = 波紋的週率 = 輸出中交流成份的最低週率（在全波整流， f_r 爲電源週率的兩倍）。

α = 平滑因數 = 在 f_r 時，輸入波紋電壓和輸出波紋電壓的比值。

濾波器輸入端波紋電壓的巔值爲 $\frac{4}{3\pi} E_m$ ，交流波紋在濾波器的輸出端

等於 $\frac{4}{3\pi} E_m$ 被 α 除得的商，給定一定程度的濾波，從方程式 (3) 祇能得到 LC 乘積。分別決定 L 值和 C 值的其他條件是：(一) 電源供給對任何負担內的交流成份的阻抗要最大，(二) 輸出電壓的調整要優良。濾波器中 C 供給交流電以旁通途徑，故 C 值愈大輸出對交流電的阻抗愈低。 L 和電源變壓器兩者的直流電阻愈低，則輸出的電壓調整愈好；而且選擇自感 L 值足夠大，能防止在一週內任何期間電流為零。在 60 週交流電全波整流時達到上述點的 L 必須：

$$L > \frac{R}{1000} \quad (4)$$

R = 負担電阻，無論負担電阻怎樣改變，(4) 式總得成立。普通經濟的辦法是採用搖擺抗流線圈，利用線圈內磁心的飽和現象，當 R 大時直流電流很小，自感很大； R 很小時，電流很大， L 很小，這樣的 L 就滿足了方程式 (4)。多節線圈輸入濾波器中，祇要第一節的 L 值滿足 (4) 即可。因為第一節濾波器輸出電壓不在任何時間到零，流經第二節 L 的電流也決不會到零的。欲了解防止流經抗流線圈內電流變經零值的理由，研究下述電容輸入濾波器即會明白。

圖 8.6 示一全波整流器的負担與電容並聯的電路。真空管祇在變壓器的電壓大於電容電壓時才導電。容電器，每半週波，在靠近電壓巔

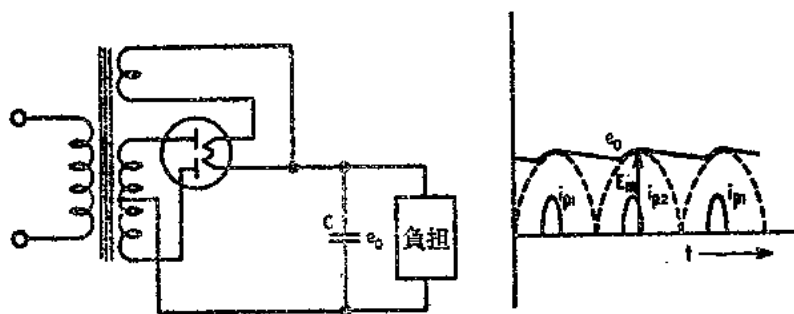


圖 8.6 全波整流器連接電容後的電壓情形。

值，很短一段時間內充電，在其餘時間放電。放電時，電容電壓降低多少視負担電流的大小而定（即由容電器的放電速度決定）。因此直流電壓便隨負担電流少許的變動，上下差異很大，電壓調整極壞。若負担電流一直很小，那麼輸出直流電壓接近於變壓器中心抽頭至鈹極間電壓的巔值。分析電容電壓的波形，得基本波紋電壓（最低週率的波紋）的巔值為：

$$\frac{E_{\text{d.c.}}}{\pi f_p RC} \quad (5)$$

圖 8.5b 電容輸入濾波器可看作一個電容濾波之後，再連接一個線圈輸入濾波器而成。第一個電容上的波紋電壓和直流電壓與圖 8.6 電容和負担並聯場合者相等。整個濾波器輸出的直流電壓等於輸入電容上直流電壓減去抗流線圈的電阻直流壓降，輸出的波紋電壓等於輸入電容上波紋電壓被輸入濾波器的平滑因數除得的商。

電容輸入式濾波器內，容電器的充電電流僅由真空管內部的壓降和變壓器的阻抗所限制，於是鈹流的巔值便比其直流大得多了。若在貯氣管內，此巔值就足以損壞該管；故以貯氣管整流者，不採用電容輸入濾波器。

自感輸入式濾波器的優點在於電壓調整優良；電容輸入式的優點在於同一變壓器電壓，能輸出較高電壓。除在負担電流很小電壓很高的地方外，普通都採用自感輸入式濾波器。在陰極射線示波器內，因為需要電流極小，電壓極高；故祇用單個容電器濾波。

濾波器的 C 值從 2 至 25 微法拉， L 值從 8 至 30 亨利。究選何值，全視所欲的輸出電壓電流及濾波程度而定。

整流器內各零件的額定值：整流管首先應能供給所需的直流毫安培數；不僅如此，整流時，鈹極電流的巔值必須低於製造廠家所標出的鈹流最大值，否則整流管必受損傷。整流管的工作電壓不得超過它的

額定值；並且，在不導電的半週，跨於整流管的電壓也要低於它的額定顛反電壓（全波整流時的顛反電壓為兩級間輸入電壓的值，較半波整流時的顛反電壓增加一倍），變壓器應能供給所需電流而不過份發熱。流經濾波自感的直流電流也是如此，不能超過它的額定值，以免自感線圈過份發熱，直流過大，鐵芯飽和，自感量減低。濾波容電器應能承受跨接其上的最大電壓；若是電解質容電器，那麼還要注意它們的極性不能錯接。

選用儀器。

1 電源變壓器（700 伏，中心抽頭，50 毫安培）

1 整流管（5 Y 3 或 80）

2 濾波容電器（8 微法拉，450 伏）

1 濾波抗流線圈（10 亨利，60 毫安培）

1 管座

1 負電阻

1 陰極射線示波器。 1 直流毫安培計（0—50 毫安培）

1 直流毫安培計（0—100 毫安培）

1 直流伏特計（0—250/500 伏）

實驗程序：

負電阻的最大值不得超過整流管的電流額定值和變壓器的電流額定值。

1. 裝置一半波整流電路，若變壓器的副線圈有中心抽頭（如全波整流器 350—0—350）僅用副線圈的一半（350—0），不使過高的電壓加在整流管上。

2. 描繪輸出電壓對負電阻的曲線。負電阻值從零起改變到最大允許值。用示波器觀察零載和滿載時負電阻的波形，並把它們隔羣下來。

3. 將一濾波容電器和負阻並聯，重作程序(2)。直流電壓不會使示波器幕上光點的位置改變；因為示波器的信號輸入端是用電容和外界耦合，以一 50 歐電阻器串聯到鉗錶，觀此電阻器上電壓降即可描繪零載和滿載時整流管鉗極電流的波形。

4. 把(3)中濾波容電器換成線圈輸入式濾波器，重作程序(2)。半波整流時，經過這種濾波器後輸出電壓的調整不會優良；因為在全週內，鉗流起伏變動要經過零值。零載和滿載時，描繪(一)鉗流，(二)流經容電器的電流，(三)負阻上電壓降的波形。

5. 以 60 週電源的週率為標準，用比較法，在示波器的螢光幕上測定整流器輸出中波紋的週率。

6. 裝置一沒有濾波設備的全波整流器，以一 50 歐電阻器和一毫安培計與整流管的一鉗極串聯。觀察 50 歐電阻器上電壓降的波形，此波形即鉗流對時間的曲線。

7. 描繪負阻電阻和鉗極電流對負阻電流的曲線，負阻電流自零改變到最大允許值，繪出輸出電流和鉗極電流的波形。

8. 於程序(7)中增加一線圈輸入式濾波器，重作(7)。繪出零載和滿載時，下列各電流及電壓的波形：(一)輸出電壓，(二)變壓器電壓，(三)整流管壓降，(四)整流管內電流，(五)負阻電流，(六)濾波電容的電流。

9. 換成電容輸入式濾波器，重作程序(8)。

10. 仿程序(5)，測定全波輸出中波紋的週率。

11. 負阻電流最大時，比較沒有濾波設備，線圈輸入式濾波器和電容輸入式濾波器等輸出中波紋電壓的大小。用示波器擔任這種工作時，它的增益控制旋鈕的位置，在試驗進行中，應固定不變。

實驗 8.2 電壓穩定器

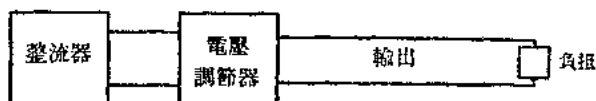
許多電子管組成的機件中，需要直流電的地方，不僅希望直流中不滲有週期性變動的波紋；並且還要求直流電壓固定，不因負載的變動或交流電源電壓的變動而有所變動。電壓穩定器就是一種電子管機件用來穩定整流器輸出的電壓。

電子管電壓穩定器依據其特性可分成三類：第一類為輝光管，利用它的伏特——安培特性以完成穩壓任務；第二類是利用直空管的伏特——安培特性來擔任穩壓的工作；第三類是利用前兩種電子管的特性聯合組成的穩定器。最常用的穩定器有放大因數式穩定器、跨導式穩定器、減生式穩定器等。前兩種對阻止因交流電源電壓的變動所引起輸出電壓的變動最有效；但對負載電流變動很大時，阻止輸出電壓變動的成績却難令人滿意。減生式穩定器在交流電源電壓變動時的穩壓成績不及前兩種；但對阻止負載電流的變動所引起的輸出電壓的變動却非常有效。

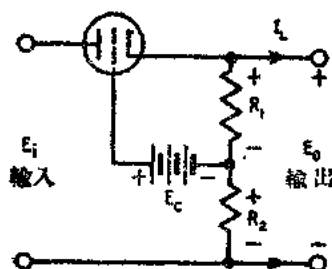
圖 8.7 示減生式穩定器的電路，其中真空管與負載串聯，電阻器 R_1 、 R_2 組成分壓器，供給柵路電壓，這電壓與輸出電壓成比例。加在真空管柵極上的電壓為

$$e_c = E_c - \frac{R_1 E_0}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

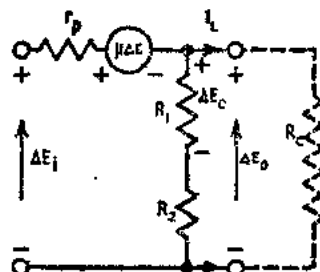
輸入電壓 E_0 增加，或負載電流減小時，若輸出電壓 E_c 隨之增加，則由於真空管的陰極電位比柵極更正，即 e_c 負性增加，結果真空管的電壓降增加，這樣足以阻止負載電壓的增大而保持輸出電壓固定。圖 8.7 示此穩定器的等效電路，其中 μ 、 r_p 是真空管的放大因數和鉅極電阻， R_L 是負載電阻。



(a) 方塊略圖



(b) 電壓調整電路



(c) 等效電路

圖 8-7 減生式穩定器電路。

設輸入電壓增加 ΔE_i 時，輸出電壓改變 ΔE_o ，若負阻電阻不變，則負阻電流必變更，設其改變量為 ΔI_L 。若 $R_1 + R_2 > R_L$ ，則流經 R_1 和 R_2 的電流可略去不計，沿迴路電壓降方程式為

$$\Delta E_o = \Delta E_i + \mu \Delta E_c - \Delta I_L r_p \quad (2)$$

但
$$\Delta I_L = \frac{\Delta E_o}{R_L} \quad (3)$$

及
$$\Delta E_c = \frac{-R_1}{R_1 + R_2} \Delta E_o \quad (4)$$

故
$$\Delta E_o = \Delta E_i - \frac{R_1 \mu \Delta E_o}{R_1 + R_2} - \frac{r_p}{R_L} \Delta E_o \quad (5)$$

或
$$\Delta E_o = \frac{\Delta E_i}{1 + \frac{r_p}{R_L} + \frac{R_1 \mu}{R_1 + R_2}} \quad (6)$$

(6) 式中 $\frac{r_p}{R_L}$ 總是小於 1。若 $\frac{R_1 \mu}{R_1 + R_2}$ 很大，則 ΔE_o 必遠較 ΔE_i 為小。在此情形下，電路就能減少因交流電源電壓的變動而引起負阻電壓的變動。