

高等學校教學用書

# 普通電工學

下 册

E. B. КИТАЕВ Н. Ф. ГРЕВЦЕВ 著

秦曾煌 黃正中 柳 焯 余硯蘭 譯  
俞大光 李家訓 劉守全

高等教育出版社

高等學校教學用書



普通電工學

下冊

E. B. 基泰耶夫 H. Ф. 格列夫切夫著  
秦曾煌 黃正中 柳焯 余硯蘭 譯  
俞大光 李家訓 劉守全

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國營動力出版社 (Государственное энергетическое издательство) 出版的基泰耶夫 (Е. В. Китаев) 和格列夫切夫 (Н. Ф. Грещев) 合著“普通電工學”(Курс общей электротехники) 1950年第四版(修訂版)譯出的。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校參考書。

本書譯本共分三冊出版：上冊內容包括緒論，直流，電場，電磁，交流及量電儀表等；中冊內容是變壓器及電機；下冊內容包括電子與離子儀器，電熱電照，電力網絡及發電站等。

本書的翻譯，得到蘇聯專家沙關洛夫 (Б. П. Соколов) 教授熱心的幫助，在這裏表示感謝。

參加本書翻譯和校訂工作的有哈爾濱工業大學秦曾煌、黃正中、柳焯、余硯蘭、俞大光、李家訓、劉守全等同志。

本書原由龍門聯合書局出版，現轉移我社出版，用該局原紙型重印。

## 普 通 電 工 學

下 冊

E. B. 基泰耶夫等著

秦曾煌等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

上海國光印刷廠印刷 新華書店總經售

書號 15010·387 開本 850×1168 1/32 ·印張 7 12/16 字數 162,000

一九五四年五月龍門聯合書局初版

一九五六年十二月新一版

一九五六年十二月上海第一次印刷

印數 1—4,000

定價(10) 洋 1.00

# 目 錄

## 第 十 一 章

### 電子儀器與離子儀器

11-1.	兩極電子管	601
11-2.	三極電子管	604
11-3.	電子管伏特計	611
11-4.	電子管振盪器	612
11-5.	電子整流管	614
11-6.	充氣管	617
11-7.	閘流管	619
11-8.	玻璃汞弧整流器	622
11-9.	金屬汞弧整流器	626
11-10.	引燃管	630
11-11.	固體整流器	631
11-12.	光電元件	635
11-13.	利用三極電子管放大光電流。光繼電器	641
11-14.	電子射線管與電子示波器	645
11-15.	結論	648

## 第十二章

### 電 熱

12-1.	電焊	650
12-2.	電爐	658
12-3.	高頻感應爐	655
12-4.	用高頻電流表面硬化金屬	667

## 第十三章

### 電 照

13-1.	電氣光源	674
13-2.	照明用具	684
13-3.	工作照明系統	687
13-4.	照明計算	689
13-5.	露天照明	697
13-6.	蘇聯電照技術的發展	701
	附錄 I.	704
	附錄 II.	705
	附錄 III.	706

## 第十四章

### 電力網絡

14-1. 概論.....	707
14-2. 電力網絡構造概論.....	712
14-3. 熔斷器.....	715
14-4. 熔斷器的選擇.....	718
14-5. 橡皮絕緣導線與電纜按發熱條件的截面選擇.....	721
14-6. 熱效繼電器.....	730
14-7. 按電壓損失計算網絡的總則.....	734
14-8. 終端有負載的直流二線線路的計算.....	735
14-9. 終端有負載的單相輸電線的計算.....	736
14-10. 終端有負載的三相線路的計算.....	738
14-11. 終端有負載的單相及三相線路不考慮感抗的計算.....	741
14-12. 沿線長具有幾個負載的直流二線線路的計算.....	743
14-13. 不考慮感抗時沿線長具有幾個負載的單相及三相線路 的計算.....	748
14-14. 雙端饋電線路的計算.....	750
14-15. 鋼線的計算.....	755
附錄 I. ....	759
附錄 II. ....	760
附錄 III. ....	761

附錄 IV. ....	764
-------------	-----

## 第十五章

### 發電站、變電所及其電器

15-1. 關於同步發電機短路的基本概念.....	766
15-2. 發電站及變電所的電氣設備元件.....	768
15-3. 繼電器.....	786
15-4. 發電站的接線圖.....	796
15-5. 變電所及配電設備的接線圖.....	799
15-6. 接地裝置及接零.....	812
15-7. 發電站.....	815
15-8. 蘇聯發電站建設的成就.....	821

## 第十一章

### 電子儀器與離子儀器

#### 11-1. 兩極電子管

如果在普通的白熾燈中，放入一個金屬板狀的附加電極  $A$ ，並將它與電池組的正極相聯（圖 11-1），則電流計  $G$  的指針發生偏轉，這表示電路中有電流。假如將附加電極  $A$  與電池組的負極相聯，則電路中無電流。這點解釋如下：

當將燈絲加熱時，自由電子運動的速度增加，而某些電子的速度可到足以使電子自燈絲飛入周圍介質中的數值。這種現象稱為**熱電子發射**。

自燈絲逸出的電子被帶有正電的電極  $A$  吸引，因此在外電路中發生電流。假如電極  $A$  與電池組的負極相聯，則它就會推斥自熾熱燈絲逸出的電子；在此情況下，外電路中無電流。

熾熱導體每秒內發射的電子數，或所謂發射電流，是與導體的溫度、材料及其尺寸有關的。

最簡單的電子管的構造在原理上仍如圖 11-1 所示。在空氣被抽到高度真空（約為  $10^{-8}$ — $10^{-7}$  毫米水銀柱高）的玻璃泡中，放入一拉緊的、由鎢或任何其他難熔的金屬做成的金屬絲  $H$ （圖 11-2）。這金屬絲稱為燈絲，是電子管的陰極。燈絲的末端銲接在二燈柱上，燈柱與燈基上的兩隻燈腳相聯。電子管的板極（陽極）是由鉬、鎳或鈹做成的金屬圓筒  $A$ ，燈絲就沿此圓筒軸的方向放置着。圓筒固定在另一燈柱上，此燈柱與燈基上的一隻燈腳相聯。



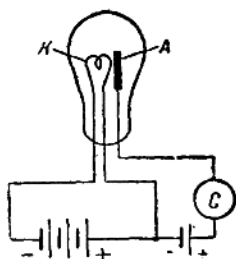


圖 11-1. 熱電子發射現象。

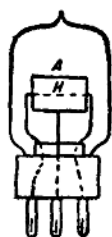


圖 11-2. 電子管的構造簡圖。

A—板極；H—燈絲。

將電子管接上電源(圖 11-3), 並利用變阻器  $R_N$  逐漸增加流經燈絲的電流  $I_N$ 。則當燈絲溫度足夠高(約為  $2000^\circ\text{C}$ ) 的時候, 它就開始向各方向發射電子。

當電子管中沒有電場時, 自熾熱燈絲發射出的電子就停留在燈絲附近, 形成所謂電子霧, 包圍着燈絲。因為電子彼此相推斥, 所以電子霧的存在就要阻止後續的電子自燈絲逸出, 而已逸出的電子並受到它的推斥力, 阻止其返回燈絲。

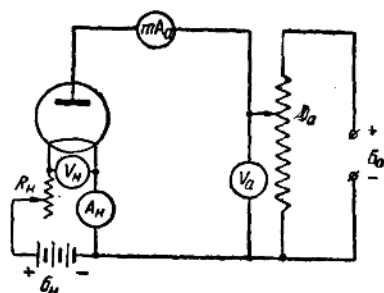


圖 11-3. 電子管的接線簡圖。

 $E_N$ —燈絲電池組； $E_A$ —板極電池組； $R_A$ —分壓器； $R_N$ —燈絲變阻器。

如果將電池組的正極聯接到電子管的板極，而電池組的負極聯接到電子管的燈絲（陰極），則電子就處於板極與燈絲間的電場內，被板極吸引而向板極移動，形成連續的電子流，即是電流。

因此，便得到一個由電池組、電子管的燈絲及板極所組成的電路，沿此電路流過的電流稱為板極電流（板流）。

這樣，電子管僅允許電流向一個方向流動，即自板極向燈絲流動，就是像一般所講的，電子管具有單向導電性。因此，如果在電子管的板極上加一交變電壓，則僅當板極對陰極來說是充以正電時，才有板流發生。

電子管的這種性能，使有可能利用它來將交流整流。用於整流的電子管稱為電子整流管。

上面所講的電子管具有兩個電極（板極和陰極），所以稱為兩極電子管。

兩極電子管中板流的大小不僅與陰極（燈絲）的溫度有關，並且也與加在板極上的電壓（板壓）的高低有關。

當板壓不十分大的時候，板流也很小。這可解釋如下：自燈絲發射出的電子聚積在燈絲的周圍，產生空間負電荷。空間負電荷所構成的電場將電子向燈絲推斥，從而阻止它們向板極移動。

當增加板壓時，吸向板極的力增加，於是板流增大。但當板壓足夠大時，燈絲發射出的全部電子到達板極，板流就到達其最大值，此後板壓的繼續增高已不再引起板流的增大。板極電路中這個最大的板流稱為飽和電流。

現今電子管中所用的燈絲不是由純粹的鎢做成的，而是由帶有一層其他金屬或其氧化物做成的。有了這種金屬層，燈絲的活躍性增強，電子容易自燈絲逸出，因此在較低的燈絲溫度下，就可從這種燈絲得到所需要的電子流。

電子管的燈絲需要供給相當大的電流，所以當由原電池或蓄電池組供電給燈絲時，這種電池組放電很快。因此，最簡單的是以交流供給燈絲。但是以交流供給燈絲，在電子管內會發生許多不希望的、並且有時是有害的現象。因此採用間接加熱的電子管，其中發射電子的陰極不是由電流直接加熱，而是由特殊的發熱體來加熱的。因為這種發熱體與電子管的其他線路不相聯接，所以可用交流加熱。

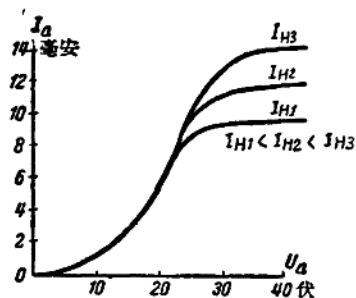


圖 11-4. 兩極電子管的伏特安培特性曲線。

兩極電子管的主要特性曲線是在恆定燈絲電壓  $U_n$  下，也就是在恆定燈絲溫度下，板流  $I_a$  與板壓  $U_a$  間的關係曲線（圖 11-4）。這種特性曲線稱為電子管的伏特安培特性曲線。

當燈絲電壓很低時，陰極發射電子不多，板流很快到達飽和。自圖 11-4 中下面的曲線可以看出：當板壓為 20 伏時，板流已開始趨近飽和，當 25 伏時到達飽和。在較高的燈絲電壓下，即在較高的燈絲溫度下，當板壓為 30 伏時，板流到達飽和（中間的曲線）。最後在更高的燈絲溫度下（上面的曲線），如欲獲得飽和電流，圖 11-4 中所示的板壓已嫌過低。

當板流到達飽和時的板壓稱為飽和電壓。在電子管作整流器運用時，飽和電壓的大小有其極重要的作用，因為它可決定整流裝置的效率。

## 11-2. 三極電子管

在兩極電子管的陰極與板極之間，離陰極較近的地方，安置一稱為柵極的第三電極，這樣就使兩極電子管有所改良。

圖 11-5 所示的是三極電子管及其在線路圖中的代表符號。如要改變兩極電子管中板流的大小，必須要改變板壓的大小，或者改變燈絲的溫度。引入柵狀的第三電極後，可以得到調節板流的第三個方法，就是不須改變板壓及燈絲溫度，也有可能影響板流的大小。如果柵極上所加的電位對陰極為負，則在柵極與陰極之間產生一電場，這電場阻止電子移動。

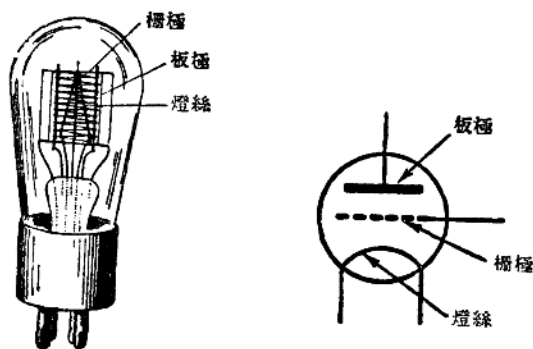


圖 11-5. 三極電子管的構造簡圖及其代表符號。

在這電場的作用下，向板極移動的一部份電子不能通過柵極，而返回陰極，因為帶負電的柵極要將向板極移動的電子推斥開，視柵極電位的高低而或多或少地迫使一部份電子返回陰極。當然，這就使板流減小。當柵極對陰極有足夠高的負電位時，電子根本就不能通過柵極，因為全部電子受到柵極的推斥，而返回陰極。在此情況下板流為零。像一般所講，這時電子管被封鎖。

如果將柵極聯接在電池組的正極上，而使柵極獲得正電位，則柵極的電場幫助板極吸引電子，迫使電子移動較快，並且數量也較多，這就使板流增大。

因此，當存在有正電荷或負電荷的柵極時，在柵極與陰極之間產生一附加電場，其電場強度與加在柵極上的電位有關，其方向與所加電位的正負（對陰極而言）有關。帶電柵極的這個附加電場使板極與陰極間所產生的主電場加強或減弱，其結果就使板流增大或減小。由於柵極離陰極較近，柵極電壓有一點變動，就會引起板流很大的變動，因而，三極電子管是一種非常靈敏的儀器。供電荷給柵極所用的電池組稱為柵極電池組  $B_c$ 。

因此，如要三極電子管工作，必須有三個電池組：板極電池組  $B_a$ ，燈絲電池組  $B_h$  及柵極電池組  $B_c$ 。在聯接三極電子管時有三個電路（圖 11-6）：燈絲、柵極及板極電路。

爲了得出板流  $I_a$  與柵壓  $U_c$  間整個變化情況，可作出特性曲線  $I_a = f(U_c)$ ，自  $I_a = 0$  開始到  $I_a = I_s$ （飽和

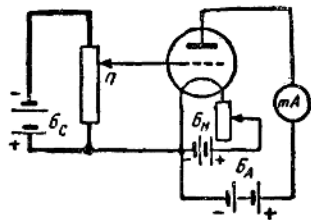


圖 11-6. 作特性曲線時三極電子管的接線簡圖。

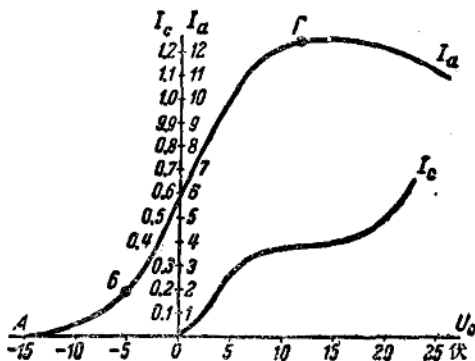


圖 11-7. 三極電子管的特性曲線。

電流) 為止。

圖 11-7 所示的是三極電子管的特性曲線:  $I_a = f(U_c)$  與  $I_c = f(U_c)$ , 作在同一坐標軸上。柵流  $I_c$  的比例尺較板流  $I_a$  的比例尺大 10 倍, 因為柵流與板流比較起來, 只是很小的一部份 (平均為 5—10%)。在柵壓不變的情況下, 板壓愈高, 板流也愈大。特性曲線  $I_a = f(U_c)$  隨板壓的增高而向左面移動 (圖 11-8)。

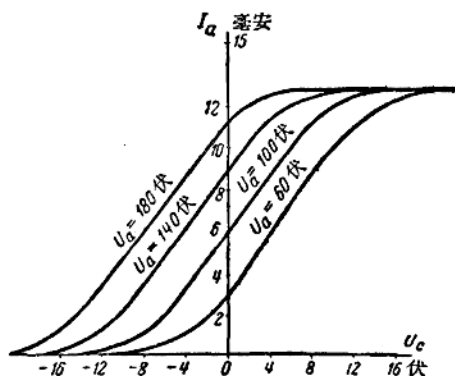


圖 11-8. 三極電子管的特性曲線族。

在不同的板壓下所作出的數個這種特性曲線, 構成所謂三極電子管的特性曲線族 (圖 11-8)。

為了使三極電子管中板流與板壓間的關係清楚起見, 還可作出一種特性曲線, 就是在柵壓與燈絲電流恆定時, 板流與板壓間的關係曲線, 亦即當  $I_k$  與  $U_c$  為定值時,  $I_a = f(U_a)$  (圖 11-9)。

三極電子管的主要參數如下:

**互導 (S)**, 給出在恆定的板壓下柵壓變動 1 伏時板流的增量, 即

$$\text{當 } U_a = \text{常數時, } S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c}.$$

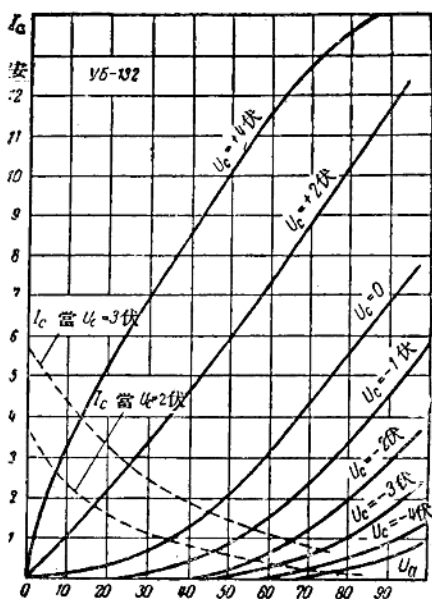


圖 11-9. 板流對板壓的關係曲線。

三極電子管的互導是用每伏毫安(毫安/伏)來表示的。例如,在板壓不變的條件下,如果當柵壓變化 $\Delta U_c = 3$ 伏時,板流改變了 $\Delta I_a = 4.5$ 毫安,則互導為 $S = \frac{4.5}{3} = 1.5$ 毫安/伏。

放大因數( $\mu$ ),指出柵壓的變動對板流的作用較板壓的變動對板流的作用強多少倍,即

$$\text{當 } I_a = \text{常數時}, \mu = -\frac{\Delta U_a}{\Delta U_c}.$$

上式中的負號表示變化值 $\Delta U_a$ 與 $\Delta U_c$ 是相反的,因為要使板流保持一定,當板壓 $U_a$ 增高時,柵壓 $U_c$ 必須減低。

即令只知道電子管的兩條特性曲線,也可求出其放大因數。圖 11-10 中所舉的是 1B-

132 型三極電子管的特性曲線。今取其中的兩條曲線，其板壓為 60 及 80 伏。從這兩條曲線上可以看出：當板壓的變化值  $\Delta U_a = 20$  伏，而柵壓保持不變（例如  $U_c = 1$  伏）時，板流自 5.0 增至 7.4 毫安，即  $\Delta I_a = 2.4$  毫安。如果板壓保持不變（例如  $U_a = 60$  伏）而要得到板流的同樣增值（即由 5.0 增至 7.4 毫安），則柵壓的變化值僅需  $\Delta U_c = 1.2$  伏（自 1 增至 2.2 伏）。由此可知，放大因數  $\mu = \frac{20}{1.2} = 16.7$ 。

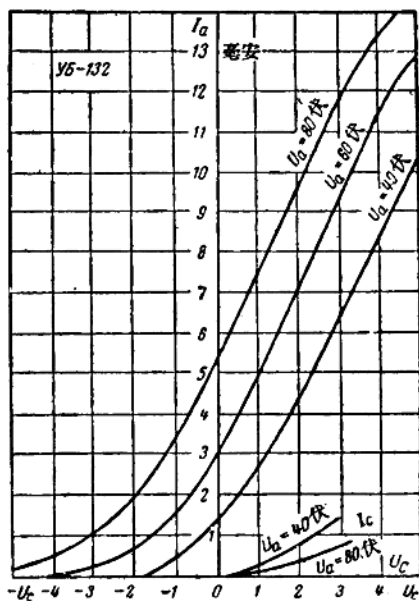


圖 11-10 6Y5-132 三極電子管的特性曲線。

內電阻 ( $R_i$ )，等於柵壓恆定時，板壓變化值與相應的板流變化值之比，即

$$\text{當 } U_c = \text{常數時}, R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$$

因而，三極電子管中的柵極是用以調節自陰極發射出而向板極移



動的電子流的，換句話講，就是用以調節板流的。柵極電位極微的變動有時就可引起板流極大的變動。這就使三極電子管能成爲一種極其靈敏的儀器，同時使三極電子管能廣泛地用作電振盪的放大器及電流極微脈動的放大器，因而就可利用它去作用於各種繼電器及訊號上面。

事實上，如果在電子管的柵極上加一交變電壓，則板流將嚴密地隨着柵壓的所有各種變化而變化。同時，比較小的柵壓振盪就可引起極大的板流振盪。

例如，在電子管的板極電路中接入一任何高電阻  $R_a$  (圖 11-11)；當電子管的板流變動時，電阻  $R_a$  上的電壓降也要變動。如果在電子管的柵極上加一交變電壓，則在電阻  $R_a$  的兩端也可得到一交變電壓，這時就表現出電子管的放大性能：柵壓極微的變動可引起板流很大的變動，由此可得到在電阻  $R_a$  上電壓降的很大變動，就是說，電子管將放大加在它上面的振盪。

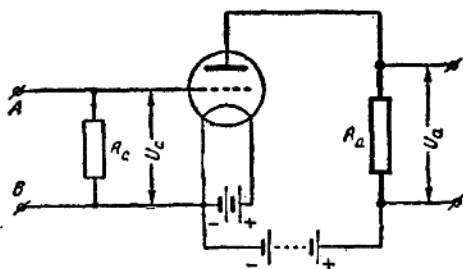


圖 11-11. 三極電子管用以放大電壓的聯接法。

須要指出：在大多數的情況下，放大用的電子管必須要在特性曲線 (圖 11-8) 的直線部份工作。在相反的情況下，放大時就會發生振盪特性的畸變 (例如聲音的畸變)。