

# 電子儀表

原理・操作・應用

下 冊

陳繩籌 歐文雄編著

大中國圖書公司印行

# 電 子 儀 表

原理 操作及應用

下 冊

陳繩籌・歐文雄編著

大中國圖書公司印行

# 編輯大意

一、電子儀表是現代科學上與工程應用上最爲重要的一項工具，凡是學理工的，尤其是電子工程者，皆應研究並熟悉其操作及應用，因此電子儀表可以說是一極爲重要的一門課程。

二、本書係筆者於講授電子儀表課程時，深感缺乏一適當的教科書，因此課餘之暇廣泛收集有關電子儀表資料，將各種常用的電子儀表的原理、操作及應用，以深入淺出的敘述編輯而成。

三、本書適合於高職電子、電機的儀表課程一年教學之用，亦適合於大專相關科系教學與參考。此外，本書所例舉說明的電子儀表皆爲目前各工廠及學校所常用的電子儀表，因此本書亦可作爲各工程人員參考之用。

四、本書分別介紹四十餘種電子儀表，計分十一章，上、下二冊，重要儀表皆附有實體圖及操作方法，以供參考。

五、本書之編著，雖經多次校訂，舛誤之處難免，尙祈先進，隨時賜教指正。

陳繩籌·歐文雄 于臺北工專

中華民國六十二年七月

# 電 子 儀 表

## 下冊目錄

|                          |    |
|--------------------------|----|
| <b>第六章 真空管試驗器及電晶體試驗器</b> | 1  |
| 6.1 概 述                  | 1  |
| 6.2 真空管試驗器               | 2  |
| 6.3 電晶體測試器               | 10 |
| 6.4 電晶體特性曲綫測試器           | 14 |
| 6.5 齊納二極體的測試             | 16 |
| 6.6 電晶體H參數的測試            | 19 |
| 問 題                      | 24 |
| <b>第七章 電源供給器</b>         | 25 |
| 7.1 概 述                  | 25 |
| 7.2 真空管電源供給器的原理及其結構      | 25 |
| 7.3 電晶體電源供給器的原理及其結構      | 31 |
| 問 題                      | 39 |
| <b>第八章 電視機調整用儀表</b>      | 41 |
| 8.1 掃描振盪器                | 41 |
| 8.2 標頻振盪器                | 50 |
| 8.3 點 / 方格訊號產生器          | 56 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 8.4 標準式色條訊號產生器.....  | 61 |
| 8.5 偏位方式色條訊號產生器..... | 64 |
| 8.6 色條訊號產生器的應用.....  | 68 |
| 問 題 .....            | 72 |

## 第九章 電橋式儀表..... 73

|                  |     |
|------------------|-----|
| 9.1 概 述 .....    | 73  |
| 9.2 電阻橋式儀表 ..... | 74  |
| 9.3 電容橋式儀表 ..... | 85  |
| 9.4 電感橋式電表 ..... | 96  |
| 9.5 阻抗橋式電表 ..... | 106 |
| 問 題 .....        | 118 |

## 第十章 其他特殊儀表..... 119

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 10. 1 概 述 .....       | 119 |
| 10. 2 Q 值電表 .....     | 120 |
| 10. 3 頻率表 .....       | 127 |
| 10. 4 柵陷電表 .....      | 128 |
| 10. 5 聲頻分析器 .....     | 133 |
| 10. 6 波形分析器 .....     | 136 |
| 10. 7 諧波失真分析器 .....   | 138 |
| 10. 8 頻譜分析儀 .....     | 141 |
| 10. 9 數位式電子儀表 .....   | 144 |
| 10.10 X - Y 記錄器 ..... | 148 |
| 10.11 麥格電表 .....      | 155 |
| 問 題 .....             | 158 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>第十一章 電子測量</b> ..... | 160 |
| 11.1 概 述.....          | 160 |
| 11.2 電壓測量.....         | 161 |
| 11.3 電流測量.....         | 164 |
| 11.4 電阻測量.....         | 166 |
| 11.5 電容測量.....         | 175 |
| 11.6 電感器之測量.....       | 184 |
| 11.7 阻抗之測量.....        | 187 |
| 11.8 分貝測量.....         | 202 |
| 11.9 時間，頻率以及相位之測量..... | 204 |
| 11.10 電晶體測試.....       | 213 |
| 11.11 其他電子另件之測試.....   | 217 |
| 問 題.....               | 224 |

## 附：上冊目錄

### 第一章 電子儀表概述

1.1 概 述

1.2 測定與誤差

1.3 單位制及系統

1.4 實用電子儀表的種類及其基本儀表原理

問 題

### 第二章 基本交直流電測試儀表

2.1 概 述

2.2 電表頭結構

2.3 電表頭的靈敏度

2.4 直流電流表

2.5 直流電壓表

2.6 交流電流表

2.7 交流電壓表

2.8 歐姆表

2.9 三用表

2.10 三用表操作及應用

問 題

### 第三章 真空管電壓表及電晶體電壓表

3.1 概 述

- 3.2 真空管電壓表的基本結構
- 3.3 完整的真空管電壓表電路分析
- 3.4 電晶體電壓表
- 3.5 真空管電壓表的操作及應用

問 題

## **第四章 訊號產生器**

- 4.1 概 述
- 4.2 聲頻訊號產生器的基本結構
- 4.3 常用低頻正弦波振盪電路
- 4.4 方波、脈波及鋸齒波振盪電路
- 4.5 完整的聲頻訊號產生器電路分析
- 4.6 聲頻訊號產生器的操作及應用
- 4.7 射頻訊號產生器基本結構
- 4.8 射頻訊號產生器電路分析
- 4.9 射頻訊號產生器的操作及應用
- 4.10 函數波產生器基本結構
- 4.11 函數波產生器的電路分析
- 4.12 函數波產生器的使用

問 題

## **第五章 示波器**

- 5.1 概述
- 5.2 示波器的基本結構
- 5.3 陰極射綫管
- 5.4 垂直放大電路

5.5 水平放大電路

5.6 掃描產生器電路

5.7 同步及觸發電路

5.8 電源供給

5.9 補助器材

5.10 特殊示波器

5.11 完整的示波器電路介紹

5.12 示波器的維護調整及應用

問 題

# 電 子 儀 表

## 下 冊

### 第六章

## 真空管試驗器及電晶體試驗器

### 6.1 概 述

真空管試驗器 (Tube Tester) 與電晶體試驗器 (Transistor Tester) 是一種測試真空管與電晶體本身工作是否正常的儀器，對於無線電及電子設備的修護及零件的  $QC$  有莫大的幫助。

有人說：一只真空管何必用試驗器來測試？直接插在電視接收機等電子設備上測試，豈不更正確，有效，一般來說，用此方法並無不可，不過在時間的浪費上則不大相同，因為每一部機器的容忍度並不完全相同，也就是說同一真空管分別插在兩部機器上，所顯出的情況，有時有極大的差別。

通常真空管試驗器須能測試真空管的電子放射情況，各電極是否短路，陰極漏電情況與互導率等各單元項目，尤其是互導率更是決定該真空管是否能適用於某機器的主要條件。

真空管試驗器的工作原理並不深奧複雜，但是由於真空管的種類繁多，每一種真空管的燈絲電流，燈絲電壓，屏極電壓均不相同，且管腳亦各不相同，因此線路連接較為複雜。

電晶體是近代電子工業的寵兒，亦能擔任放大、振盪、調制、檢波、開關(Switch)電路等工作，且有體積小、耗電小、生命長等有力的優點，將來勢必完全取代真空管的工作。

通常電晶體試驗器均以測試電晶體的漏電電流、電流放大倍數、集極飽和電流為主。其內部電路結構，也因各類電晶體規格，外型不一而使接線繁多。

## 6.2 真空管試驗器

茲就真空管試驗器各單項測試電路討論如下：

### 1. 真空管各電極短路與漏電測試

將待測的真空管接上額定的燈絲電壓與電流，使該管子陰極受有正常溫度而放射電子，利用圖 6-1 所示電路配合開關連接於各待測電極，若霓虹燈(Neon Lamp)發光則表示該兩電極間有漏電或短路現象。例如將圖 6-1 的 *a* 和 *b* 兩點連接於真空管的簾柵極與控制柵極，而霓虹燈不亮則表示正常無漏電或短路現象，若霓虹燈發亮，即表示該真空管簾柵極與控制柵極間有漏電或短路現象。且霓虹燈發亮程度即表示漏電的大小。

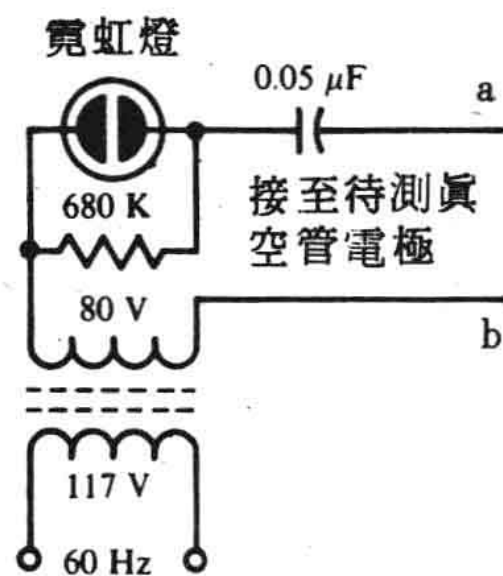


圖 6.1 圖 電路極短測試電路

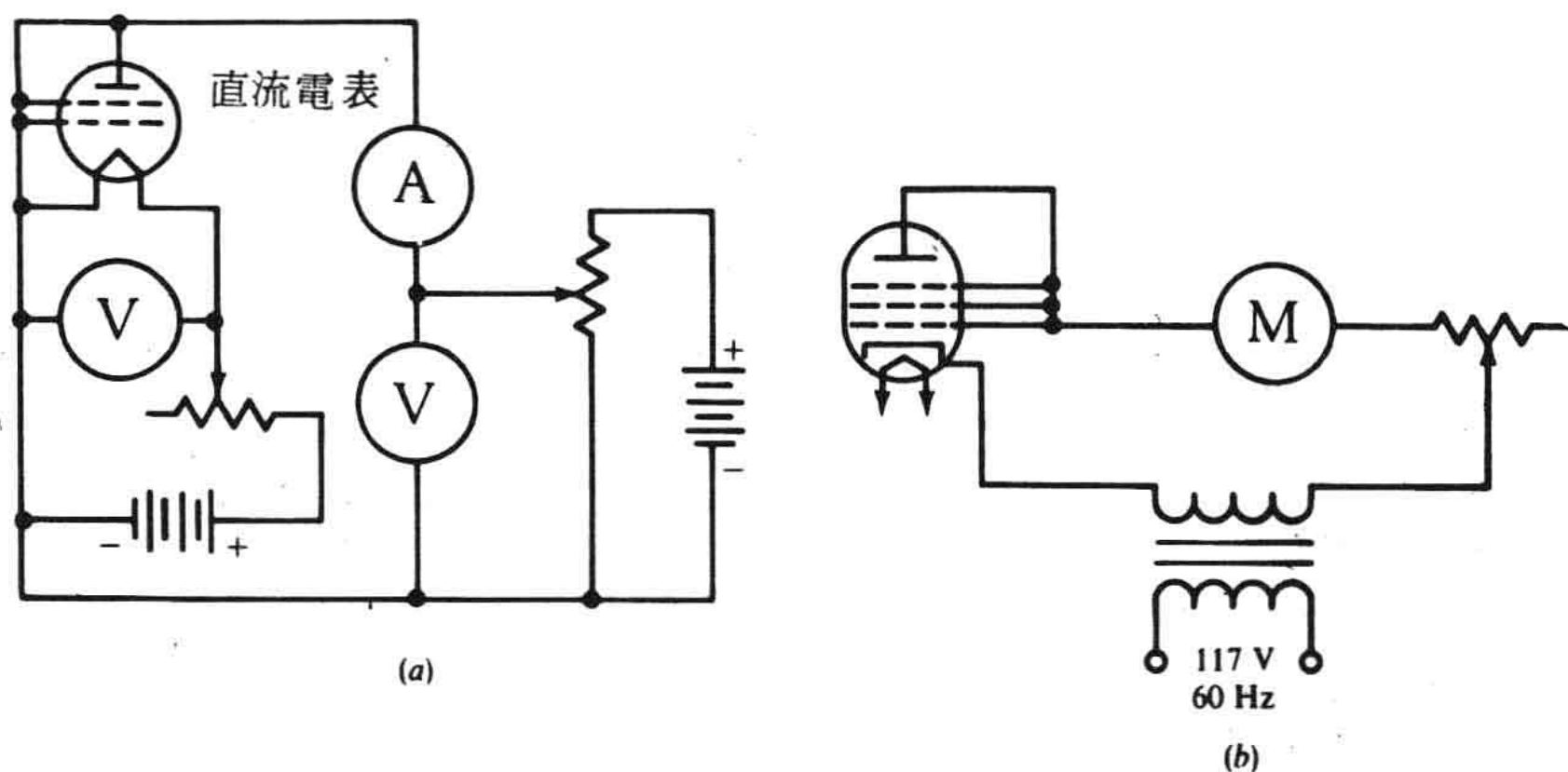
### 2. 陰極放射量測試

每一種真空管在正常陰極溫度的工作之下，應有一定的電子放射量，若實際工作時真空管陰極電子放射量低於額定值甚多，就是所謂真空管衰老，已經不能使用。但是陰極放射量與燈絲電壓及屏極電壓有關，因此測試時每一真空管必須依其規格，供給適當的電壓值，而

測量屏流數值以表示陰極的電子放射量。為減少各電極所產生靜電的影響，測試時必須將真空管的抑制柵極，簾柵極及柵極一併連接到屏極，使待測真空管變成二極管才可以。

圖 6-2 (a) 所示為使用直流電源的放射量測試電路，圖中兩個可變電阻係用來調整各不同真空管的屏極電壓與燈絲電壓用。電流表(A)則用來測量屏流值，也即表示陰極電子放射量，通常在電流表(A)內均設有一標準點，也就是說當屏流到達此標準值以上，則表示真空管放射量正常，即為“GOOD”。

圖 6-2 (b) 所示為使用 AC 電源的放射量測試電路，是目前使用較多的一種電路。真空管的燈絲仍須供給額定的電壓值，其屏壓也須依規格而定，因此最好變壓器的次級設有甚多抽頭，以適應各種不同規格的真空管用。電流表(M)所指示的是半波的平均電流表。通常在電流表(M)內設有“GOOD”範圍，也就是說當電流表指針指示在“GOOD”範圍內時，表示該真空管放射量正常。

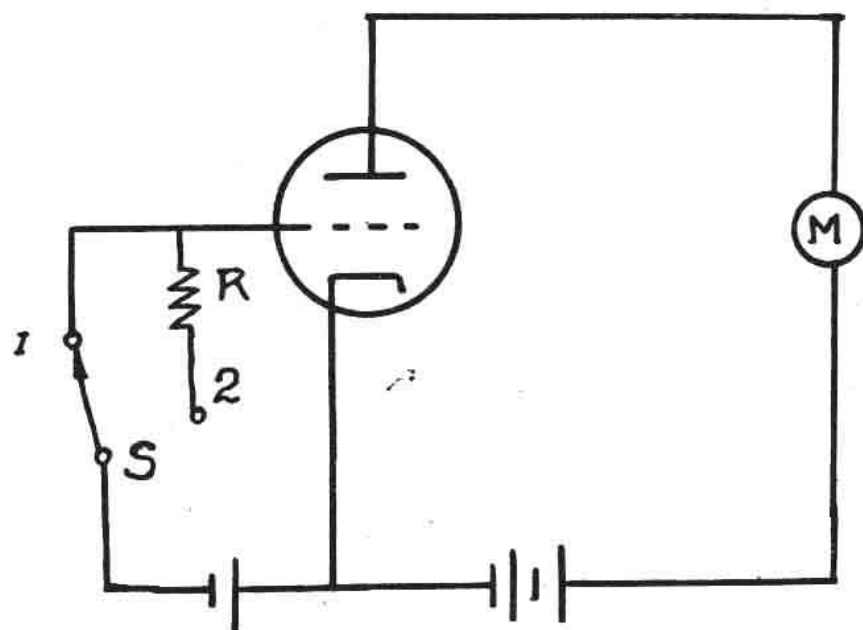


6.2 圖 陰極放射測試電路 (a) 使用 D.C 電源 (b) 使用 A.C 電源

### 3. 氣體測試(Gas tester)

除少數的氣體管外，大多數的真空管其管內的真空度須極高，才不會影響真空管的正常工作。假設真空管內還有剩餘的氣體，當真空管屏極加上正電壓後，管內的氣體必發生電離現象，電離後的負游子隨著電子而向屏極移動，電離後的正游子且受真空管柵極負電壓的吸引而向柵極移動產生柵流，此柵流將在柵極電阻上產生電壓而使真空管的柵負壓發生變化，影響管子的正常特性。

測試真空管內部是否有氣體的方式如圖 6-3 所示，將開關“S”



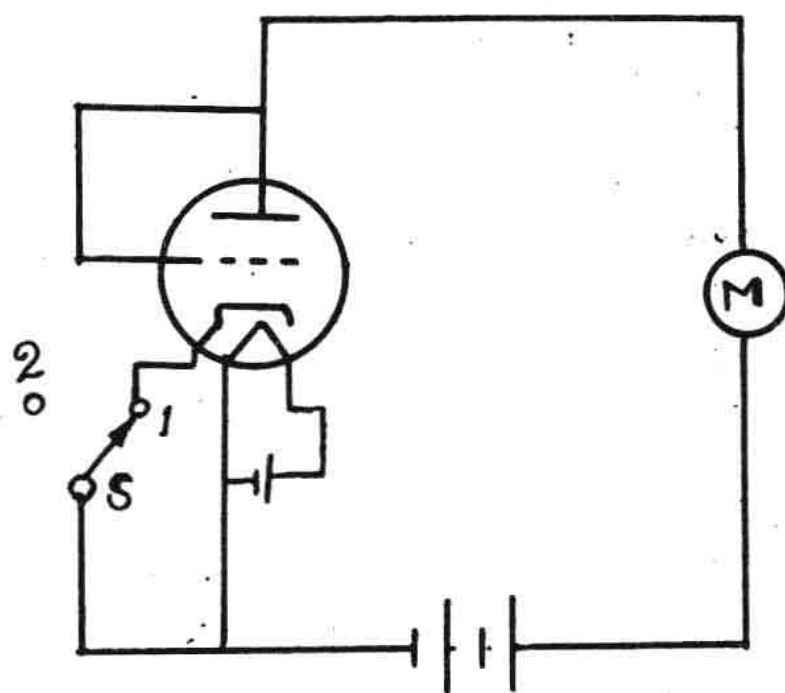
6.3 圖 氣體測試電路

置於“1”處時，電流表(M)應有某一指示值，若將開關“S”改置於“2”處時，假使電流表(M)指示值不變，則表示管子內部無剩餘氣體，因為開關“S”置“2”時柵極電阻上無電壓發生，即表示沒有因氣體電離而產生的柵流。假使開關置“2”時電流表指示值增加，即表示管內有剩餘氣體，因氣體電離所產生的柵流在柵極電阻  $R$  上產生電壓，致使柵負壓減少屏流增加，其電流表(M)的變動值即表示管內剩餘氣體的多少。

當然也可以先將開關“S”置於“2”位置，再改置於“1”位置，觀看電流表指示的電流值是否變小，以判斷管內是否有剩餘氣體。

#### 4. 陰極漏電(Cathode leakage)的測試

檢查真空管陰極是否漏電的方法，可依圖 6-4 所示電路，將開關“S”置於“1”位置時，電流表應有一定的指示值，若將開關“S”改置於“2”位置，因陰極開路，電流表的指示應為“0”，假如



6.4 圖陰極漏電的測試電路

此刻電流表有微小電流值，即表示該真空管的陰極與燈絲之間有漏電，而且電流表所指示的電流大小即表示漏電量的多少。

#### 5. 互導率的測試

互導率係說明真空管的柵極對屏流的控制能力，影響此控制能力最大的是真空管的構造與幾何形式，因此互導率的測試可以說是測試真空管的綜合特性。互導率(gm)的定義如下：

$$g_m = \left. \frac{\Delta I_p}{\Delta E_g} \right|_{E_p = \text{常數}}$$

也就是說當真空管屏壓( $E_p$ )固定時，柵壓( $E_g$ )變化時所能引起的屏流( $I_p$ )變化量，互導率的單位為莫(mho)或以“u”符號表示。一般真空管大都使用莫的百萬分之一的微莫( $\mu$  mho)為單位。如表 6-1 所示為電視接收機影像中放所使用的真空管規格。

真空管的互導率有靜態互導率(Static gm)與動態互導率(

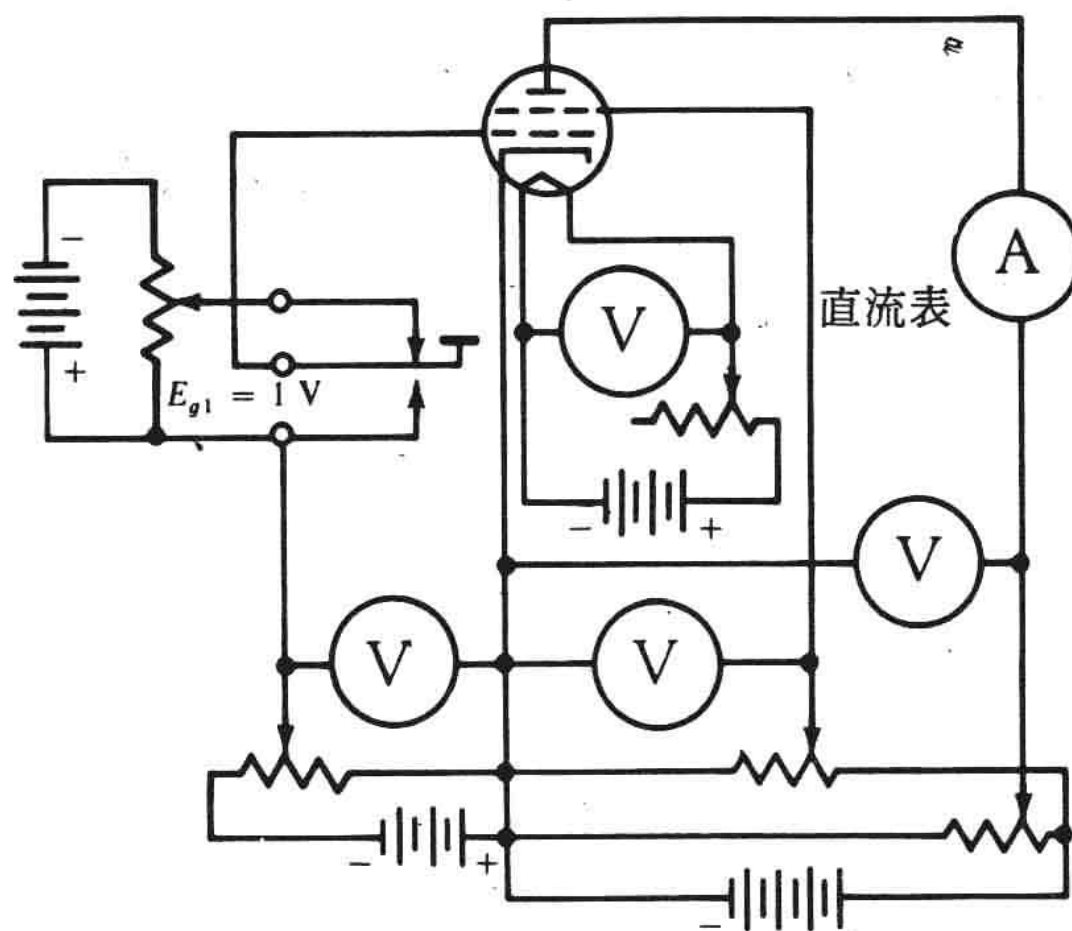
表 6-1 電視接收機影像中放管規格表

| TYPE | $R_{input}, \Omega$ | $R_k$ UNBYPASSED<br>FOR MINIMUM<br>$\Delta C_{in}$ FOR $\Delta BIAS, \Omega$ | $C_{in}$<br>UNSHIELDED<br>RATED<br>pF | $C_{out}$<br>RATED<br>pF | $\Delta C_{in}$<br>COLD TO<br>HOT | RATED $g_m$<br>$\mu mho$ | EFFECTIVE $g_m$ WHEN<br>UNBYPASSED $R_k$<br>IS USED<br>$\mu mhos$ |
|------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 6BJ6 | 1160                | 150*                                                                         | 4.5                                   | 5.0                      | 1.8                               | 3800                     | 2100§                                                             |
| 6CB6 | 10900               | 68                                                                           | 6.3                                   | 1.9                      | 1.8                               | 6200                     | 3900                                                              |
| 6BH6 | 11300               | 150*                                                                         | 5.4                                   | 4.4                      | 2.3                               | 4600                     | 2300§                                                             |
| 6AG5 | 15000               | 82                                                                           | 6.5                                   | 1.8                      | 2.3                               | 5100                     | 3800                                                              |
| 6AK5 | 35800               | 68                                                                           | 4.0‡                                  | 2.8‡                     | 1.2                               | 5100                     | 3500                                                              |
| 6BC5 | 12400               | 68                                                                           | 6.5                                   | 1.8                      | 2.0                               | 6100                     | 4000                                                              |
| 6AH6 | 5300                | 68                                                                           | 10.0‡                                 | 3.6‡                     | 3.2                               | 11000                    | 5000                                                              |
| 6AU6 | 7900                | 140†                                                                         | 5.5                                   | 5.0                      | 2.6                               | 5200                     | 2500§                                                             |
| 6BA6 | 9500                | 130†                                                                         | 5.5                                   | 5.0                      | 2.5                               | 4400                     | 2500§                                                             |

Dymanic gm) 兩種，茲就其測試電路分述如下：

(A) 靜態互導率的測試：

靜態互導率的測試方式如圖 6-5 所示電路，利用開關改變柵極負壓，而測量屏流的變化量，當然燈絲電壓，屏極電壓及簾柵極電壓均



6.5 圖 靜態互導率的測試電路

須固定。

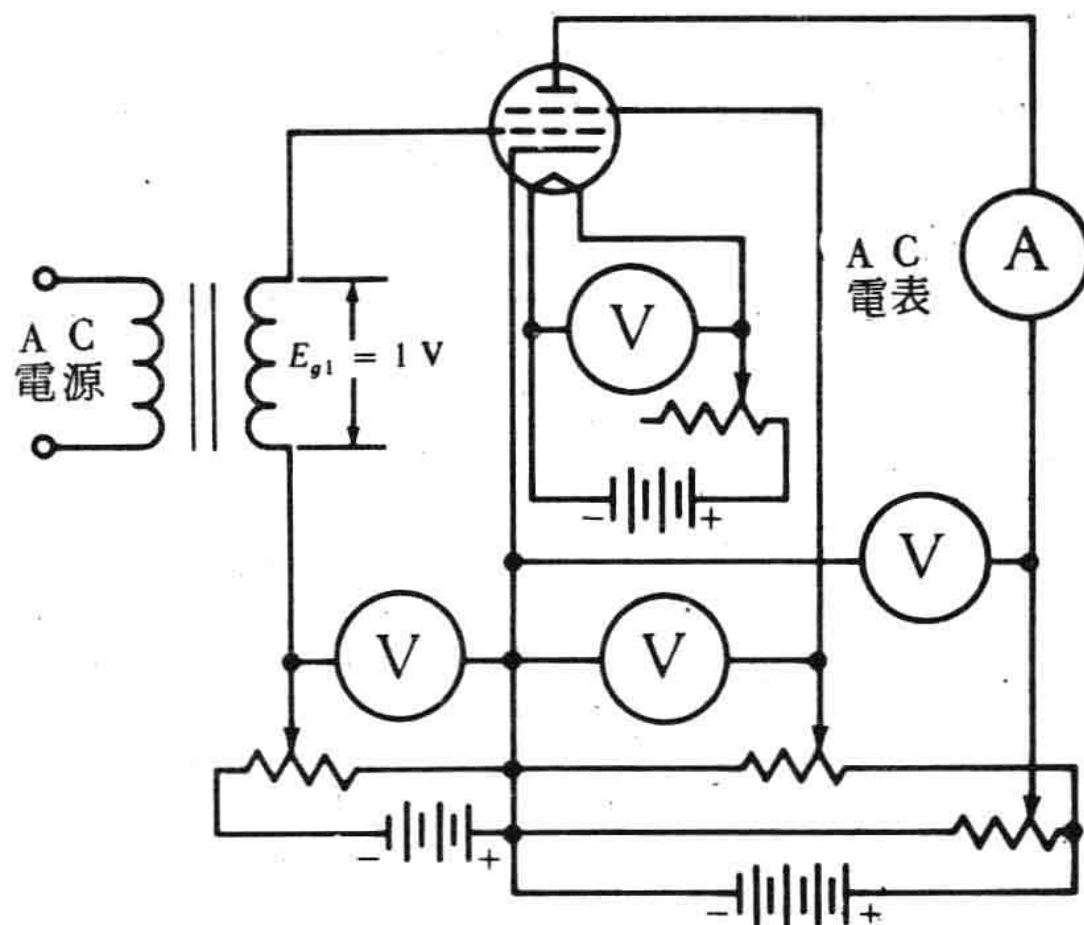
當開關置於上端時真空管的柵負壓為  $E_c + 1V$ ，此時由電流表指示的屏流為  $I_{P1}$ ，若將開關改置於下端，則真空管柵負壓僅為  $E_c$ ，故屏流增加，此時電流表的指示為  $I_{P2}$  因此互導率為：

$$g_m = \frac{I_{P2} - I_{P1}}{(E_c + 1) - E_c} = \frac{I_{P2} - I_{P1}}{1} \mu$$

實際上設計時可使  $I_{P1}$  固定，而  $I_{P2} - I_{P1}$  在電表刻度上可以直接讀出  $\mu$  的互導率，較簡單的測試器則僅指示是否正常 (GOOD) 而已。

#### (B) 動態互導率的測試

動態互導率的測試方法如圖 6-6 所示電路，將真空管的屏極電壓



6.6 圖 動態互導率的測試電路(一)

，簾柵極電壓及燈絲電壓固定，而柵極加有一直流負偏壓  $E_c$  與  $1V$  的交流電壓，因此該真空管的柵極偏壓係以  $E_c$  為基準有  $\pm 1V$  的變化電

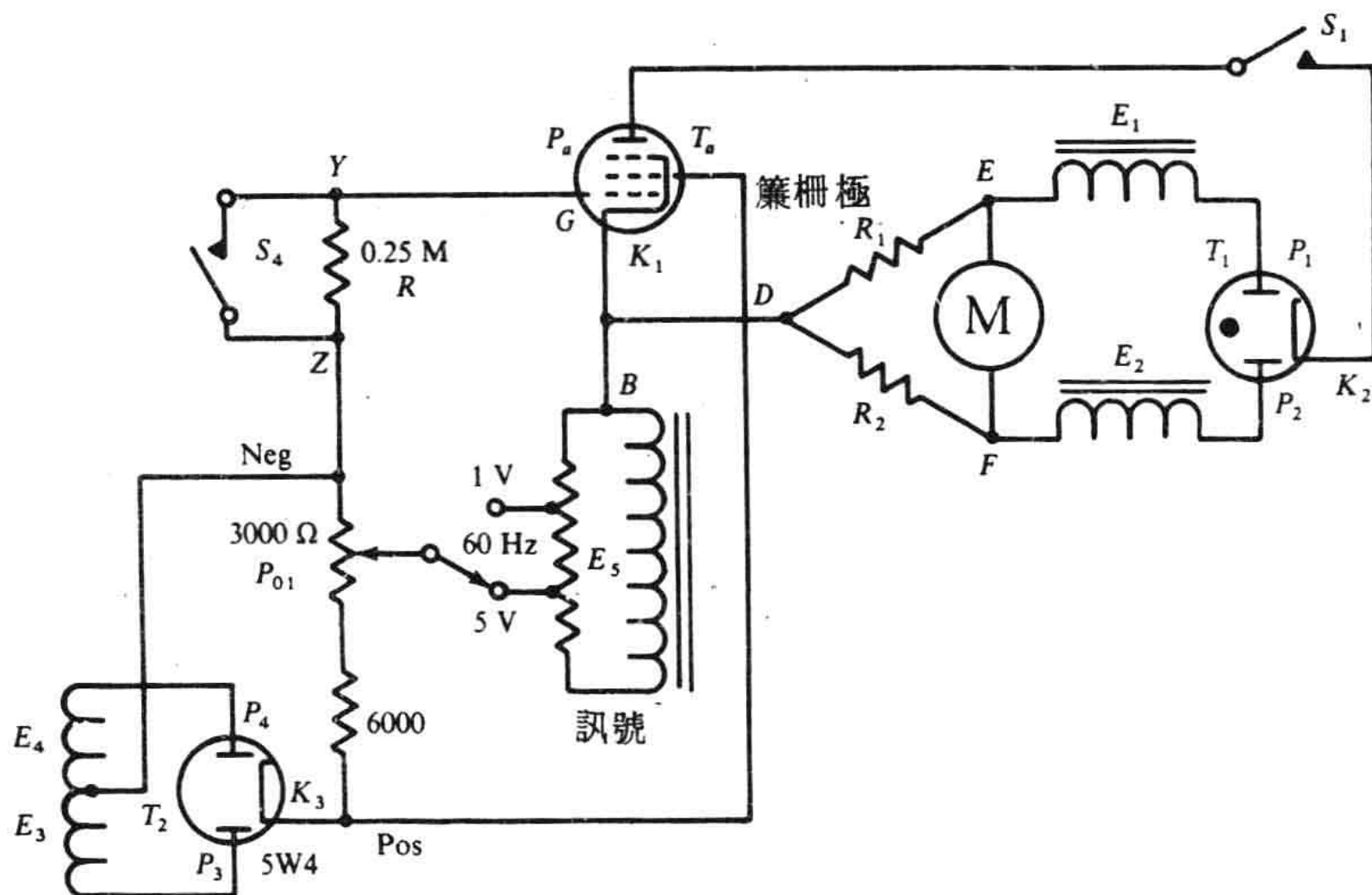
壓，此時將測量屏流的電流表改用  $AC$  電表，故電流表的指示應為屏流變化部份的有效值。因此互導率為：

$$gm = \frac{\text{電流表指示值(A)}}{1 \text{ 伏}}$$

當然在電流表刻度上可以直接以  $\mu V$  為單位來表示。

另一種應用更為廣範的動態互導率測試方法，如圖 6-7 所示電路，圖中  $E_1, E_2, E_3, E_4, E_5$  均為同一變壓器的次級圈，且  $E_1, E_2, E_3, E_4$  必須是同相位。 $E_1, E_2$  與  $E_3, E_4$  分別經二極管整流後供給待測真空管的屏極電壓與簾柵極電壓用。 $E_5$  則供給待測真空管的柵極交流負壓用。

若待測真空管不加交流電壓時，而  $P_1$  為“正”且開關  $S_1$  閉合，則電流自  $E, R_1, D, K_1, P_a, S_1, K_2$  而回到  $P_1$ ，而次一半週，即  $P_1$  為負， $P_2$  為正時，電流自  $F, R_2, D, K_1, P_a, S_1, K_2$  而回到



6.7 圖 動態互導率的測試電路(二)