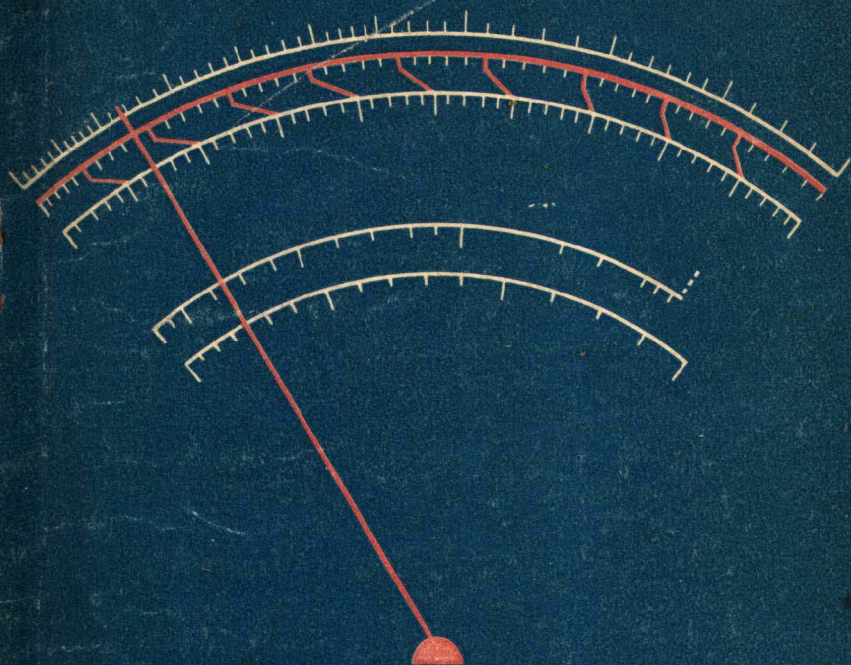




P.M.马利宁著

自制欧姆表 及万能表

人民邮电出版社



中国书画函授大学肇庆分校建校二十周年纪念册

中国书画函授大学肇庆分校建校二十周年纪念册
肇庆分校建校二十周年纪念册

中国书画函授大学肇庆分校建校二十周年纪念册

Р. М. МАЛИНИН
САМОДЕЛЬНЫЕ
ОММЕТРЫ И АВОМЕТРЫ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1949

自製歐姆表及萬能表

著者: 蘇聯 Р. М. 馬利寧
譯者: 周承聯 沈成衡
校者: 人民郵電出版社圖書編輯部
出版者: 人民郵電出版社
北京東四區六條胡同13號
印刷者: 北京印刷廠
發行者: 新華書店

1958年8月北京第一版第五次印刷12,123—15,172冊
787×1092 1/36 29頁 印張1 $\frac{24}{32}$ 字數36,000字 定價(8)0.25元

★北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號★

統一書號: 15045·總50·元23

I、歐姆表 (1)

裝置歐姆表用的電表的選擇..... (1)

電壓表的採用..... (2)

熱電偶電表的利用..... (3)

串聯有可變電阻的歐姆表..... (5)

電阻的計算..... (5)

歐姆表的作用..... (6)

用電壓表做成的歐姆表..... (6)

刻度盤的繪製..... (7)

電池的放電及測試的準確度..... (9)

用並聯電阻來調整零點的歐姆表..... (9)

有兩個測量範圍的歐姆表..... (11)

由直流電網供電的歐姆表..... (11)

由交流市電供電的歐姆表..... (12)

II、萬能表 (15)

附加電阻..... (15)

多刻度的電表..... (16)

在有電子管的電路中測出的電壓的準確度..... (16)

交流電壓的測量..... (17)

氧化銅整流片的連接..... (18)

關於氧化銅整流片的選擇	(19)
用氧化銅整流的電壓表之頻率特性	(21)
測量直流電壓及交流電壓的電路	(21)
附加電阻的製作	(22)
瓷質電阻及非線繞電阻的使用	(23)
如何選擇用氧化銅整流的電路中的附加電阻	(25)
毫安表的分流器	(26)
萬能分流器	(27)
萬能分流器的計算	(30)
分流器的結構	(30)
萬能表的實際電路	(31)
萬能表的刻度	(35)
轉換電鍵之構造	(36)
無轉換電鍵的萬能表	(36)
萬能表刻度的繪製	(39)
萬能表作毫安表用時的刻度	(39)
磁分路的調整	(41)
分流器的調整	(41)
直流電壓的刻度	(42)
直流電壓刻度盤的繪製過程	(43)
交流電壓的刻度	(45)
刻度曲綫圖	(45)
萬能表頻率特性曲綫的修正	(46)
電阻刻度盤上的刻度	(48)
真空管非直綫特性的影響	(49)
萬能表上的「測試筆」	(49)
用以接萬能表的接綫夾	(50)

1. 歐姆表

歐姆表是測量電阻用的儀器，也可以說是業餘無線電實際工作中最必需的一種儀器。歐姆表可以由毫安表或磁電式電壓表製成，但用磁電式電壓表製歐姆表時，必須先把電壓表改成毫安表，方法很簡單，只要把電壓表中的附加電阻拿掉就可以了。毫安表及磁電式電壓表比較容易獲得，並且它們的價格比歐姆表便宜。要製成一個歐姆表，除了毫安表外，還要有電池（通常使用乾電池）、可變電阻及固定電阻。

裝置歐姆表用的電表的選擇 裝置歐姆表用的毫安表應該根據我們所需測量的電阻範圍來選擇。要想裝置一個簡單的歐姆表，能同樣準確地測量極大的電阻及極小的電阻，是很困難的。例如有一個歐姆表，如果從它的刻度上可以很準確地讀出幾兆歐姆的電阻，那末就不能再利用它來測量甚至有幾百歐姆這樣大的電阻，相反地，一個可以準確地測量低電阻的歐姆表，如果不採用較複雜的電路（幾個電源及其他等），就不能測量幾十萬歐姆的電阻。

要做一個用來測量高電阻的歐姆表，必須要有一個靈敏的電流表，例如：一個通過50—100微安的電流時指針即偏轉到滿度的電流表。如果在這歐姆表中使用BAC—80或BAC—60型電池的話，就可以利用它來裝置一個測量限度高達20—10兆歐姆的歐

姆表；在使用一、二節手電筒電池時，則可以測量不大於1—2兆歐姆的電阻。這種歐姆表能很準確地測量的最小電阻，在使用BAC型電池時能達幾萬歐姆；在使用手電筒電池時，則為幾千歐姆。最好採用刻度盤尺寸大的電流表，因為在這樣的電流表上，可以讀出較準確的讀數。

靈敏的電流表不是每一個業餘無線電愛好者都能獲得的。一般較易獲得的是毫安表（或電壓表），它的指針在流過它的電流相當大時才偏轉到滿度處。利用這種毫安表，籍業餘無線電實際工作條件中所能採用的電壓，就可以裝置一個用以測量相當小的電阻的歐姆表。例如，用一個電流範圍為0—1毫安的毫安表及一BAC型電池，可以做一個最高測量限度為幾兆歐姆的歐姆表，並且測量幾兆歐姆的電阻時沒有很大的誤差；最低測量限度則為幾千歐姆。這種歐姆表測量幾萬歐姆及幾十萬歐姆時為最準確。在採用上述毫安表裝置成的歐姆表中，採用手電筒電池時，我們可以得到的歐姆表的測量範圍將從幾百歐姆到10—20萬歐姆，而最準確的測量範圍則在500歐姆到3—4萬歐姆左右。如果採用5毫安的毫安表，則最高測量限度大約減小五分之四。

國產毫安表中，最適於業餘無線電愛好者使用的是：刻度為0—1毫安、0—5毫安或0—10毫安（萬不得已時採用）的M-1、M-2、MK-55、ПМ-70型標準毫安表，或4MLI、5MPI型毫安表（戰前的製品）。同樣也可使用M型架式電表及其他等。幾種毫安表的數據見表1。

電壓表的採用。做歐姆表時，可以採用M-1、M-2、M-63、4MLI、MK-55或ПМ-70等廣泛使用的磁電式電壓表，

以及其他型式的磁電式電壓表 (M-1型及 M-2型電壓表的尺寸與共同型的毫安表相同)。可以用來做歐姆表的若干電壓表的數據, 列於52頁的表格中。用電壓表來做歐姆表時, 必須把電壓表內部的附加電阻拿掉, 或把這個電阻短接, 但第7頁所述的情況除外,

表 1. 毫安表的數據

型 式	刻 度 (毫安)	刻度上每一 分度的毫安 值 (毫安)	刻度上的分度數 (○除外)
M-1, M-2	0—1	0.05	20
	0—5	0.2	25
	0—10	0.5	20
5M/I	0—5	0.2	25
4M/III	0—15	0.5	30
MM	0—10	0.5	20
MK-55	0—5	0.2	25
	0—10	0.5	20
	0—15	0.5	30
ПМ-70	0—5	0.1	50
	0—10	0.2	50
	0—15	0.5	30

表 2 為不同結構的 M1、M2 型電表的牌號 (按目錄) 及它們的一些結構數據。

熱電偶電表的利用。 在個別情況下, 業餘無線電愛好者可以利用從熱電偶已損壞的 T-41、T-51、T-43 或 T-53 型熱電偶電流表中取得的 M-41、M-51 型 (凸出安裝式的) 或 M-43、M-53 型 (嵌入安裝式的) 磁電式電表。同樣也可以利用從 T-61 型熱電偶電流表中取得的磁電式電表。上述熱電偶電流表是用來測量高

頻電流的，其刻度為0—0.25安培、0—0.5安培、0—1安培、0—2安培、0—3.6安培、0—5安培及其他等等。熱電偶電流表刻度上所示的電流測量範圍，是電流表同熱電偶（包括在熱電偶電表中）相連接時的電流測量範圍。各種測量範圍的T-41、T-43、T-51、T-53型電流表以及刻度為0—1安培的T-61型電流表，其熱電偶裝在與電表分離的單獨小匣內。把這些儀器改成歐姆表時，熱電偶不應接入。刻度為0—0.25安培的T-61型熱電偶電流表，其熱電偶就裝在熱電偶電流表表殼的內部。用這種電流表做歐姆表時，需要把電流表中的熱電偶拿掉，並需要把電流表中動圈（線捲）的二端接至電流表的端子上。在這種情況下，安培表就變成了毫安表，而它的測量範圍比刻度上所示的要小得多。

表 2. M—1型、M—2型毫安表及電壓表的牌號及技術數據

	M-1		M-2	
	用作嵌入安裝的	用作凸出安裝的	用作嵌入安裝的	用作凸出安裝的
有屏蔽的.....	M-51	M-53	M-41	M-43
無屏蔽的.....	M-52	M-54	M-42	M-44
電表的高度及寬度（公厘）.....	63	63	83	83
裝固孔中心之間的距離（公厘）...	47	—	63	—
刻度盤長度（公厘）.....	41.5	41.5	61.5	61.5
指針長度（公厘）.....	27	27	40	40
指針的全偏角（度）.....	88°	88°	88°	88°

電表的主要誤差不大於刻度上最大值的 2.5%（在溫度為 17—23°C 時）。在溫度改變到 -50°C 或 +60°C 時，每改變 10°C 的附加誤差不大於 2.5%。

串聯有可變電阻的歐姆表。圖1是歐姆表的最簡單的電路。這種歐姆表中除了有毫安表 M 外，還有電池 B、固定電阻 R_1 、可變電阻 R_2 及兩個用以連接被測試電阻的端子 R_x 。

電阻的計算。電阻值的選擇乃由毫安表的測量範圍及電池的電壓 U 來決定。電阻 R_1 及 R_2 的阻值總和可由下式求之：

$$R_1 + R_2 = \frac{1000 \times U}{I_n} \quad (1)$$

式中 I_n ——毫安表的測量限度，

即使指針偏轉至滿度處的電流值（以毫安計）。在測量前用以把電表的指

針調整到“零點”的可變電阻，其阻值最好等於電阻 R_1 及 R_2 阻值總和的十分之一左右。例如，設有一測量範圍在 1 毫安以下的毫安表，及電壓為 4.5 伏特的手電筒電池組，則此時總電阻

$$R_1 + R_2 = \frac{1000 \times U}{I_n} = \frac{1000 \times 4.5}{1} = 4500 \text{ 歐姆。}$$

如果已有最大值為 500 歐姆的電阻 R_2 ，則我們製造一個或選配一個 4000 歐姆的固定電阻 R_1 。在電阻 R_1 及 R_2 接上後，當電阻 R_2 完全接入，而且二個 R_x 端子短接時，表頭指針偏轉至滿度處。這個位置就是歐姆表的“零點”，而毫安表的“零點”則標示二個 R_x 端子間之電阻為無限大。由此可見，歐姆表刻度上的電阻值自右向左逐漸增加。如果希望得到電阻值自左向右增加的歐姆刻度，則只要把表頭轉過 180° 後再裝置就可以了。

如果歐姆表的電池放了一點電以後，它的電壓不到 4.5 伏

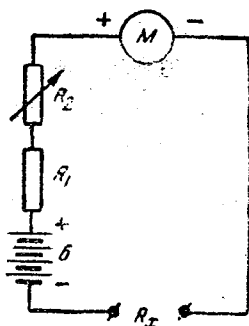


圖 1. 串聯有電阻的歐姆表電路

特，那末要使電路中的電流為 1 毫安（在二個 R_x 端子短接時），也就是要把指針調整到歐姆表的“零點”時，就必須把電阻 R_2 的接入部分減少一點。

歐姆表的作用。假定在電池電壓為 4.5 伏特及電阻 R_2 完全接入時， R_x 端子之間接一個 4500 歐姆的電阻，則根據歐姆定律，電路中的電流將為：

$$I = \frac{U}{(R_1 + R_2) + R_x} = \frac{4.5}{(4000 + 500) + 4500} = 0.5 \text{ 毫安}$$

而表頭指針則僅偏轉到刻度盤的中心。如果 R_x 端子之間接一個 9000 歐姆的電阻，則電流將等於：

$$I = \frac{4.5}{(4000 + 500) + 9000} = 0.33 \text{ 毫安}$$

而指針則偏轉全部刻度的 $\frac{1}{3}$ 。同理，如果接上一個 40000 歐姆的電阻，則電流將為：

$$I = \frac{4.5}{(4000 + 500) + 40000} \approx 0.1 \text{ 毫安}$$

即指針只偏轉全部刻度的 $\frac{1}{10}$ 。當所測量的電阻更大時，指針的偏轉還要小，因而歐姆表刻度末端（刻度的左面部分）的讀數讀起來很困難，所以在刻度這一部分所測量出來的電阻，將僅為近似值。

為了說明起見，圖 2 列出了二個歐姆表的刻度盤，這二個歐姆表皆用手電筒電池，但用不同靈敏度的毫安表。圖 2 中 a 是採用 5 毫安毫安表的歐姆表的刻度盤，而 b 則是採用 1 毫安毫安表的歐姆表的刻度盤。

用電壓表做成的歐姆表。採用手電筒電池作電源，利用測量範圍為 0—3 伏特或 0—3/30 伏特的電壓表來做歐姆表時，可

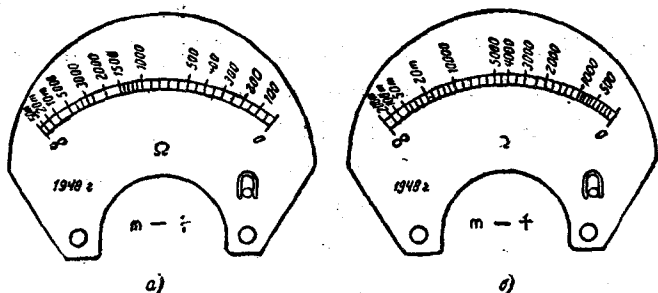


圖 2. 歐姆表的刻度盤

以不用上述的電阻 R_1 及 R_2 的比例關係。如果使用有上述測量範圍的，指針轉至滿度所需電流為 8.5 毫安的 M-1 型或 M-2 型電壓表，那末在電池電壓為 4.5 伏特時，總電阻應為：

$$R_1 + R_2 = \frac{4.5 \times 1000}{8.5} \approx 530 \text{ 歐姆。}$$

上述刻度為 0—3 伏特的電壓表，其內有一約 350 歐姆的附加電阻，這個電阻就可以用來作為歐姆表電路中的固定電阻 R_1 。在這種情況下，我們還需取一個 180—200 歐姆的可變電阻，利用這個電阻就可以使我們得到計算出來所必需的總電阻值。也可以在電路中再串聯一個 130—150 歐姆的固定電阻來加大電路中的固定電阻，而把由收音機中取得的 35—50 歐姆的標準絲極變阻器用來作為可變電阻 R_2 。裝置歐姆表時，如果採用刻度為 0—8 伏特的指針偏轉至滿度所需電流為 8.5 毫安的 M-1、M-2 型電壓表，則以同樣方式可求出電壓表必須與二個手電筒電池組（總電壓為 9 伏特）及一個 100 歐姆左右的可變電阻相串聯。

刻度盤的繪製。如果用我們上面已用過的公式

$$I = \frac{U}{(R_1 + R_2) + R_x} \quad (2)$$

來計算歐姆表在不同的 R_x 值時的讀數，我們就可以在歐姆表的刻度盤上畫出實際上用起來很準確的歐姆刻度。

根據以不同的 R_x 值代入公式(2)所求出的電流值，可以在毫安表刻度盤上相對應的分度的上面或下面，用磨得很尖的鉛筆畫出新的、以歐姆計的分度。之後，可以根據畫出的新刻度的樣子，用墨汁畫一個其上只有歐姆刻度的新刻度盤，並且把它貼在毫安表舊刻度盤的上面。把一個刻度的分度轉寫成另一個刻度的分度時，以及貼新刻度盤時都要非常仔細。新刻度盤上分度的位置，必須絕對準確地與毫安表舊刻度盤上同樣分度的位置相同。

藉標準電阻箱之助，可以較準確地繪製歐姆表刻度盤上的刻度。採用這種繪製刻度的方法，應當預先在舊刻度盤上貼上一張按舊刻度盤的形狀剪成的乾淨紙片。在繪製刻度前，先把 R_x 端子短接，把表頭的指針調整到“零點”，之後，在 R_x 端子上接上一個標準電阻箱，並逐步地增加標準電阻箱的電阻值。電阻值每調整一次，歐姆表的指針就另佔據一個一定的位置。我們應當就在這位置上記下相應的歐姆數。這樣一來，在歐姆表的刻度盤上就畫出了許多接連不斷的刻度點。當刻度工作結束後，把緊固歐姆表刻度盤的螺絲旋下，小心地（不要使指針彎曲！）把刻度盤拿下來，而後在畫出的分度及數字上精確地描上墨汁。之後，再把刻度盤裝固到原來的地方。

如果業餘無線電愛好者手中有一整套其中包含若干個額定值相同的普通電阻（例如T O型，JIC型），則即使不用校準器，也可很準確地刻製歐姆表的刻度。大家知道，大批製造的，其上

註有額定值的電阻，其實際歐姆數大都與所標註的額定值不等。例如，標註1000歐姆 $\pm 20\%$ 的電阻，其實際歐姆數可以在800歐姆到1200歐姆這一範圍內，標註300,000歐姆 $\pm 10\%$ 的電阻，其實際歐姆數可以在270,000歐姆到330,000歐姆之內，以及其他等等。所以，最好使用公差為 $\pm 5\%$ 的電阻來刻製歐姆表的刻度。在刻製刻度時，起初應當把各個標註相同歐姆數的電阻輪流地接在歐姆表的二端，記下指針在各個電阻時的度數，而後根據所得的各個度數的平均值，在刻度盤上畫一點，並在此點上標以上述電阻的額定值。其次，再把若干個另一額定值的電阻輪流地接在歐姆表的二端，並以同樣方法在刻度盤上畫出與這個額定值相當的另一點，似此繼續作下去。所使用的電阻的準確等級愈高、整套電阻中額定值相同的電阻的數目愈多及整套電阻中的電阻個數愈多，則歐姆表的刻度刻製得也愈準確。

電池的放電及測試的準確度。我們將注意到，即使使用標準的電阻，也只有在電池為全電壓（額定電壓）時，刻度才是準確的。實際測量時，為了避免重大的誤差，不容許用電壓比額定值低10%的電池來工作。

如果電阻 R_1 等於 $R_1 + R_2$ 的10%，那末在電池的電壓降超過10%時，即使調整 R_2 的阻值，也已不能再把歐姆表的指針調整到歐姆刻度上的零點了。這種狀況就是電池已不宜繼續使用的指標。

用並聯電阻來調整零點的歐姆表。這種歐姆表的電路（圖3）與圖1電路的區別，就是它的零點是用與表頭並聯的可變電阻 R_2 來調整的。 R_2 的阻值應該是表頭電阻的10—20倍。在

這個電路中，串聯電阻 R_1 的值由下式決定：

$$R_1 = \frac{800 \times U}{I_n}, \quad (3)$$

式中所採用的符號與公式(1)中同。

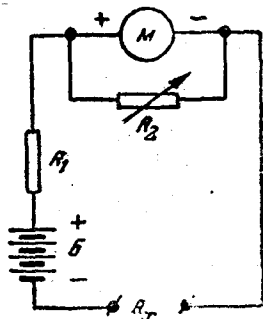


圖 3. 帶並聯電阻的歐姆表電路

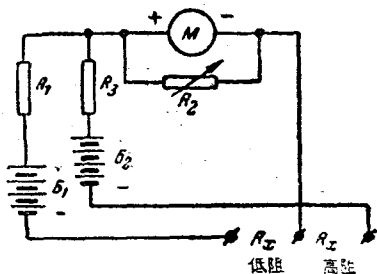


圖 4. 有二個測量範圍的歐姆表電路

如果圖 3 電路中電池的電壓減小，那末調整零點時就需要增加電阻 R_2 的接入部分，使分路至 R_2 中的電流減小。這樣一來，利用這個電路後，就可以在電池電壓變動時，使流過表頭的電流不變，因而按這個電路做成的歐姆表，其讀數受電池電壓變化的影響比按圖 1 電路做成的歐姆表為小。

如果在這個電路中使用測量範圍為 0—3 伏特的電壓表及 4.5 伏特的電池組，或使用測量範圍為 0—8 伏特的電壓表及 9 伏特的電池組，則根據上述的電壓，仍可以把電壓表中的附加電阻加以利用。

用圖 3 電路來刻製歐姆表的刻度的方法，與用圖 1 電路的相同。

有兩個測量範圍的歐姆表。圖4所示為有兩個測量範圍（兩個刻度）的歐姆表電路。需要測量的阻值較低的電阻，與端子“ R_x —低阻”相接。這時，表頭由一個或二個手電筒電池組 B_1 經過電阻 R_1 供電。需要測量的阻值較高的電阻，與端子“ R_x —高阻”相接，在這種情況下，表頭由一個或二個EAC型電池組 B_2 經過電阻 R_2 供電。在測量前，應當用表頭的分路電阻 R_3 來調整零點，各個刻度零點的調整必須分別進行。在使用刻度為0—1毫安的毫安表時，如果用一個手電筒電池組，則電阻 R_1 應為3600歐姆；如果用二個手電筒電池組，則電阻 R_1 應為7200歐姆。在用一個EAC—80電池組時，電阻 R_2 應為64,000—65,000歐姆；在用二個互相串聯的EAC—80電池組時，電阻 R_2 應為130,000歐姆左右。具備這種數據的歐姆表可以很準確地測量高達幾兆歐姆的或低至幾百歐姆左右的電阻。

由直流電網供電的歐姆表。由電池供電的歐姆表用起來很方便，因為這種歐姆表的使用與工作地點有無直流電網無關。在有直流電網時，就完全可以不用電池而利用直流電網來作歐姆表的電源。在使用電壓為220伏特的直流電網時，用測量範圍為0—1毫安之毫安表做成的歐姆表，可以測量高達幾兆歐姆的電阻。如果歐姆表採用圖1的電路，則固定電阻 R_1 應為180,000—200,000歐姆，可變電阻 R_2 應為50,000—30,000歐姆。在這裏，可以使用普通直線性變化的非線繞電位器。如果採用圖3的電路，則固定電阻應為170,000—180,000歐姆。在上二種情況下，都需要使用功率不小於0.5瓦特的固定電阻，或者需要用功率較小的、有適當阻值的幾個電阻來構成此一固定電阻。在直流

電壓仍為 220 伏特時，而歐姆表中使用測量範圍為 0—5 毫安的毫安表，則歐姆表可以很準確地測量高達 0.5 兆歐姆左右的電阻。這種歐姆表實際上不能採用串聯可變電阻的電路，因為在採用串聯可變電阻的電路時，標準可變電阻上所加的功率將大於其允許值，所以，只能使用圖 3 的電路，同時圖 3 的電路中的固定電阻 R_1 應為 35000 歐姆。並且電阻 R_1 應為 $1\frac{1}{2}$ —2 瓦特的，或者應由較小功率的幾個適當的電阻組成。

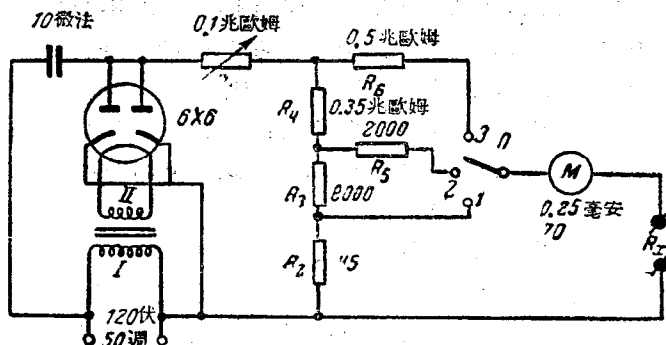


圖 5. 由交流市電供電的歐姆表電路

由交流市電供電的歐姆表。在有交流市電的情況下，歐姆表的電源可以經過一整流器由交流市電供給，這時，整流器的電壓加至圖 1 或圖 3 的歐姆表電路中來代替電池。使用輸出電壓為幾百伏特的整流器時，即使在歐姆表（按圖 3 電路製成）中使用測量範圍為 0—5 毫安的毫安表，也可以測量數兆歐姆的電阻。為了使被測電阻的阻值對歐姆表電源端子上取得的電壓影響較小，整流器的輸出端應接上一個固定電阻，這個固定電阻的大小