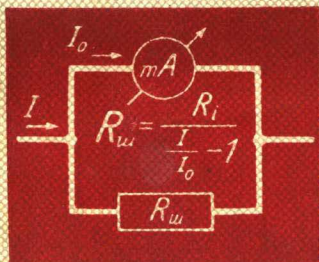


业余测试电表的设计

苏联 С. 斯捷潘诺夫 著
潘 瑛 译

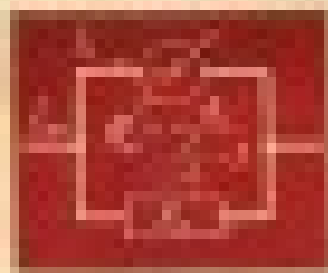


人民邮电出版社

苏联
业余无线电
协会

业余测试电表的设计

廖志华 廖志雄 廖志坚 编
廖志华 廖志雄 廖志坚 著



人民邮电出版社

中国邮电
出版社

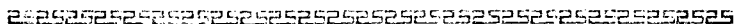


業餘測試電表的設計

蘇聯 C. 斯捷潘諾夫著

潘 瑛 譯

人 民 郵 電 出 版 社



С. СТЕПАНОВ
РАСЧЕТ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ПРИБОРОВ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

1955

內 容 提 要

這本小冊子中介紹了一般業餘無線電愛好者常用的直流電壓表、電流表、交流電壓表、歐姆表及萬用電表的電路設計方法。書中對每種方法都用實例說明，使讀者易於掌握和運用各種公式。所有的方法都以手頭現有的檢流計（即表頭）為根據，故非常實用。凡是有一磁電式檢流計的同志都能利用書中所講的電路，自己動手來設計各種所需要的測試電表。

為了使讀者了解公式的來源，在書末增加一個附錄。

業 餘 測 試 電 表 的 設 計

著 者:	蘇聯 С. 斯捷潘諾夫
譯 者:	潘 瑛
出版者:	人 民 郵 電 出 版 社 北京東四區6條胡同13號
印 刷 者:	郵電部器材供應管理局南京印刷廠 南京太平路戶部街十五號
發 行 者:	新 華 書 店

書號：無94 1956年7月南京第一版第一次印刷1—12,300冊
787×1092 1/32 23頁 印張1 $\frac{14}{32}$ 字數26,000字 定價(9)0.18元

★北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號★

前 言

在無線電愛好者的實際工作中，常需要調整和校準自製的收音機或放大器，這些調整的質量在很大程度上是決定於我們有無測量儀器。如果沒有的話，即使是一個非常有經驗的無線電愛好者，亦不能很好地調整他所裝好的收音機。其中最常要測量的是電流、電壓和電阻。

測量電壓、電流和電阻的儀器，應具有幾個寬闊的量程，因為被測量電壓的範圍可能在數伏特到數千伏特；電流可能由數毫安到數安培；而電阻亦可能在數歐姆到數百萬歐姆。因此，很希望有一具有好幾個量程的測量儀器。

通常可以用一個複合的儀器來進行以上所講的各種測量，這種儀器叫做萬用電表，它包括了一個電壓表、電流表和歐姆表。

裝製萬用電表，對於無線電愛好者常需要化費很長的時間和很細緻的工作來選擇其中的分流器和擴程電阻。這本小冊子就講述如何計算適用於任何檢流計（即俗稱表頭——譯者）的分流器和擴程電阻。書中還講到如何去測定檢流計的參數，這是計算分流器和擴程電阻時所必須知道的。

看了這本小冊子，無線電愛好者就能自己來設計一個電壓表、毫安表、歐姆表、複合的電壓—電流表和萬用電表。書中的公式，除了交流電表外，都可用來計算一個對於無線電愛好者說來有足夠準確度的電表，但對於交流電表來說則尚需要將電阻另行調整。

書中大部分的計算和例子都假定有四個量程。因為有四個量程的測量電表已經具有相當寬的工作範圍了。

目 錄

前言

檢流計參數的求法.....	(1)
多量程直流毫安表電路的設計.....	(2)
多量程直流電壓表電路的設計.....	(5)
多量程交流電壓表電路的設計.....	(7)
歐姆表電路的設計.....	(9)
萬用電表電路的設計.....	(15)
電壓-電流表的電路設計	(20)
測量電表的結構	(24)
多量程電表的校準和刻度	(30)
參考書籍.....	(36)
附錄	(37)

檢流計參數的求法

裝置多量程的電表應該從選擇檢流計開始。對於電壓表、電流表和歐姆表，如果流過檢流計的而又使檢流計指針偏至全分度的電流 I_0 愈小，則所裝置電表的質量亦將愈高。這也就是說，可以用這電流表來測量較小的電流，若為歐姆表，則用這歐姆表可測量較大的電阻，若是電壓表，則它具有較高的輸入阻抗。

在計算電壓表、毫安表和歐姆表時，必須知道在指針偏至全分度時流過檢流計的電流 I_0 以及檢流計綫圈的電阻 R_i 。要測定這兩數量，首先應該知道在這檢流計的盒壳中有沒有分路裝置或擴程電阻，如果有這些東西，就應該把它們拆掉。然後利用圖1的電路，就可以求出指針偏至全分度時的電流和檢流計綫圈的內阻。為了提高測量的準確度，最好把電動勢 E 選得小些（1—2伏特）。在選擇電阻 R 時，為了避免燒毀檢流計起見，應該從明知是較大的電阻開始

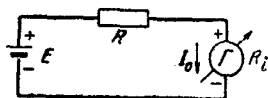


圖1. 測定檢流計指針偏至全分度時的電流和其綫圈的電阻用的電路圖

註：K為千歐；OM為歐姆

始（不宜小於0.5兆歐姆），其後逐漸將它減小至 R_i 值，使這時檢流計指針恰巧偏至刻度的中間。然後再把電阻 R 減至

R_2 ，使這時電表的指針剛好偏至全分度。

測量數量 E 、 R_1 和 R_2 時，應儘可能地準確。知道了這些數量以後，就能夠用下列公式求出檢流計綫圈的電阻和指針偏至全分度時的電流：

$$R_i = R_1 - 2R_2 ; \quad (1)$$

$$I_0 = \frac{E}{R_1 - R_2} \quad (2)$$

例1. 用圖1的電路測得：

$R_1 = 18,500$ 歐姆； $R_2 = 8,500$ 歐姆以及 $E = 1.5$ 伏特，

按照公式(1)和(2)我們可求出：

$$R_i = 18,500 - 2 \times 8,500 = 1,500 \text{ 歐姆；}$$

$$I_0 = \frac{1.5}{18,500 - 8,500} = 150 \times 10^{-6} \text{ 安培。}$$

多量程直流毫安表電路的設計

如果要測量的電流超過檢流計指針偏至全分度時的電流值，通常可採用一種萬用分流器，圖2就是有四個量程的這種電路。萬用分流器即是一些串聯的電阻，在各電阻聯接的地方有抽頭引出。祇要把萬用分流器不同的各段接在要測量電流的電路中，就可以改變所測量的量程。

萬用分流器的總電阻為

$$R_{\text{ш.общ}} = R_{\text{ш}1} + R_{\text{ш}2} + R_{\text{ш}3} + R_{\text{ш}4} \quad (3)$$

在最小量程時所用的就是這總的電阻，這時毫安表的靈敏度最大（所謂量程即是指在電表的指針偏至全分度時所能測量的數量）。

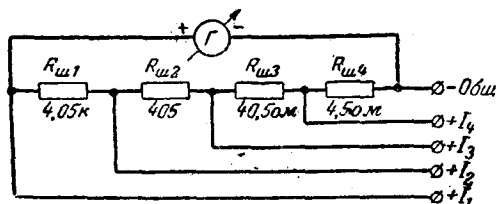


圖 2. 檢流計上的萬用分流器

利用萬用分流器時電流的最小量程通常由下列條件決定：

$$I_1 \approx \frac{I_0}{0.5 \sim 0.9} \quad (4)$$

係數0.5~0.9的大小是這樣來選擇的，它能使電流 I_1 成為整數（這是為了讀數的方便），例如為1、2、5、10、100、200等等。這個電流值希望儘可能地選得小些。

萬用分流器的總電阻就可用下式求出

$$R_{\text{ш.общ}} = \frac{R_f}{\frac{I_1}{I_0} - 1} \quad (5)$$

令 I_2 、 I_3 及 I_4 代表另外幾個量程，我們也可得出計算電阻 $R_{\text{ш}1}$ 、 $R_{\text{ш}2}$ 、 $R_{\text{ш}3}$ 及 $R_{\text{ш}4}$ 的公式：

$$R_{w4} = \frac{I_0(R_i + R_{w.обм})}{I_4}; \quad (6)$$

$$R_{w3} = \frac{I_0(R_i + R_{w.обм})}{I_3} - R_{w4}; \quad (7)$$

$$R_{w2} = \frac{I_0(R_i + R_{w.обм})}{I_2} - R_{w3} - R_{w4}; \quad (8)$$

$$R_{w1} = R_{w.обм} - R_{w2} - R_{w3} - R_{w4}。 \quad (9)$$

例2. 試計算一個檢流計上用的萬用分流器，要求它有四個量程，且每一個為前一個的十倍。

在本例中（以後各例也是一樣）我們是根據手頭上已有的檢流計的參數來計算毫安表的。至於從所需的電流量程來決定檢流計的參數這一計算法，對我們並不重要，所以就不去討論它了。

已知檢流計繞圈的電阻為 $R_i = 1,500$ 歐姆，指針偏至全分度時的電流為 $I_0 = 150 \times 10^{-6}$ 安培。

按照公式(4)我們求出最小的量程為：

$$I_1 = \frac{150 \times 10^{-6}}{0.75} = 200 \times 10^{-6} \text{ 安培}$$

於是量程 I_2 、 I_3 及 I_4 各相當於 2、20 及 200 毫安。

再按照公式(5)——(9)可求出萬用分流器的電阻為：

$$R_{w.обм} = \frac{1500}{\frac{200 \times 10^{-6}}{150 \times 10^{-6}} - 1} = 4,500 \text{ 歐姆};$$

$$R_{w4} = \frac{150 \times 10^{-6} (1500 + 4500)}{200 \times 10^{-3}} = 4.5 \text{ 歐姆};$$

$$R_{u3} = \frac{150 \times 10^{-6} (1500 + 4500)}{20 \times 10^{-3}} - 4.5 = 40.5 \text{ 歐姆};$$

$$R_{u2} = \frac{150 \times 10^{-6} (1500 + 4500)}{2 \times 10^{-3}} - 40.5 - 4.5 = 405 \text{ 歐姆};$$

$$R_{u1} = 4500 - 405 - 40.5 - 4.5 = 4050 \text{ 歐姆}。$$

多量程直流電壓表電路的設計

直流電壓表即是一隻帶有串聯擴程電阻 R_0 的檢流計， R_0 可以用下式計算：

$$R_0 = \frac{U}{I_0} - R_i, \quad (10)$$

其中 U 為檢流計指針偏至全分度時的電壓，亦就是量程。

每一個量程都應有它自己的擴程電阻（圖3）。各擴程電

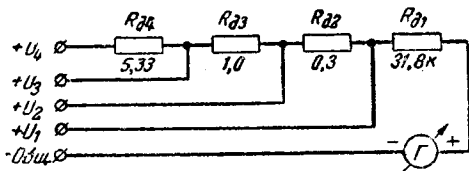


圖 3. 多量程直流伏特計電路

阻可以分別用以下各式來計算：

$$R_{d1} = \frac{U_1 - I_0 R_i}{I_0}; \quad (11)$$

$$R_{\partial 2} = \frac{U_2 - U_1}{I_0} ; \quad (12)$$

$$R_{\partial 3} = \frac{U_3 - U_2}{I_0} ; \quad (13)$$

$$R_{\partial 4} = \frac{U_4 - U_3}{I_0} \text{ 歐姆} \quad (14)$$

其中 U_1, U_2, U_3 及 U_4 各為預先給定的量程。應該注意，這裏 $U_1 < U_2 < U_3 < U_4$ 。

例3. 試計算一個量程為5、50、200及1000伏特的電壓表。

已知檢流計繞圈的電阻 $R_i = 1500$ 歐姆，指針偏至全分度時的電流 $I_0 = 150 \times 10^{-6}$ 安培。

根據公式(11)——(14)我們求出

$$R_{\partial 1} = \frac{5 - 150 \times 10^{-6} \times 1500}{150 \times 10^{-6}} = 31.8 \times 10^3 \text{ 歐姆};$$

$$R_{\partial 2} = \frac{50 - 5}{150 \times 10^{-6}} = 300 \times 10^3 \text{ 歐姆};$$

$$R_{\partial 3} = \frac{200 - 50}{150 \times 10^{-6}} = 10^6 \text{ 歐姆};$$

$$R_{\partial 4} = \frac{1000 - 200}{150 \times 10^{-6}} = 5.33 \times 10^6 \text{ 歐姆}。$$

多量程交流電壓表電路的設計

測量交流電壓時可以把能整流交流電流的氧化銅整流片和檢流計相串聯。

電壓表中的整流器可接成圖 4 那樣。最常應用的是兩組氧化銅整流片互相反接的半波整流器電路（圖 4, a）。

橋式電路（圖 4, b）的整流後的電流要比上述半波整流的大一倍，可是，它需要四組氧化銅整流片。

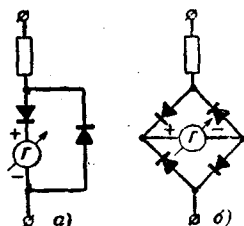


圖 4. 交流電壓表電路

有氧化銅整流片的電表，它的刻度是不均勻的。這是因為交流電壓的振幅和整流後的電流不成正比的緣故。

計算交流電壓表時不能應用上節所推導的公式，因為整流後的直流不等於交流的實效值。在圖 4, a 的電路中交流電流的實效值為整流後直流的 2.22 倍，在圖 4, b 的電路中則為整流後直流的 1.11 倍。上述這種關係僅對理想的氧化銅整流片才正確，亦就是假定它的電阻在一個方向等於零，而在另一方向為無窮大。

實際上的氧化銅整流片在一方向的電阻很小，在另一方向則很大（但不為無窮大）。因此對於氧化銅整流片，以上所講

的關係將是 $K=1.05-1.15$ ，這視所應用的氧化銅整流片的質量而定。

電壓表上的擴程電阻可以用公式 (11) — (14) 來計算，但其中檢流計指針偏至全分度時的電流 I_0 應該用檢流計和氧化銅整流片相接後使指針偏至全分度時的交流實效值（其值視哪種電路而定）來代替。如果取 $K=1.1$ ，那麼在指針偏至全分度時交流的實效值對於圖4, a將等於 $2.44I_0$ ，而對於圖4, b則為 $1.22I_0$ 。在這種情形下我們可以利用公式 (10) — (14) 來計算擴程電阻，但在氧化銅整流片相互反接的電路中， I_0 應乘以 2.44，而在橋式電路中應乘以 1.22。

應該知道，交流電壓表上所計算的擴程電阻值是近似的。這是由於氧化銅整流片的質量各各不同，其中的係數 K 亦不相同的緣故。通常在調整電壓表時，再行比較準確地選擇擴程電阻的大小。

氧化銅整流片的電容量比較大，在高頻時不能很好地工作。所以具有氧化銅整流片的電壓表只能夠當所測量電壓的頻率不超過 8—10 千週時才能有正確的讀數；在更高的頻率下它的讀數會變小些。

目前我們的工業已經生產了一種鉻晶體二極管，它可成功地應用在交流電壓表中。鉻二極管的電容極小，所以可以在很高的頻率下工作（差不多到 100 兆週）。

例4. 試計算一個圖 5 那樣的交流電壓表的擴程電阻，其中的數

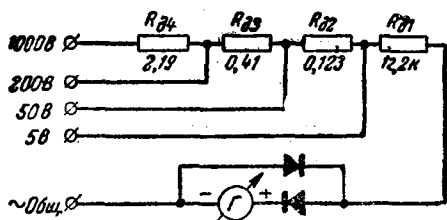


圖 5. 多量程交流電壓表電路

註: B 為伏特

據和例 3 相同。

$$R_{01} = \frac{5 - 2.44 \times 150 \times 10^{-6} \times 1500}{2.44 \times 150 \times 10^{-6}} = 12.2 \times 10^3 \text{ 歐姆};$$

$$R_{02} = \frac{50 - 5}{2.44 \times 150 \times 10^{-6}} = 123 \times 10^3 \text{ 歐姆};$$

$$R_{03} = \frac{200 - 50}{2.44 \times 150 \times 10^{-6}} = 410 \times 10^3 \text{ 歐姆};$$

$$R_{04} = \frac{1000 - 200}{2.44 \times 150 \times 10^{-6}} = 2.19 \times 10^6 \text{ 歐姆};$$

歐姆表電路的設計

歐姆表的一個標準電路如圖 6 所示。圖中 R_w 為可變電阻，它和檢流計並聯，可以用來調整歐姆表的零點。 R_1 、 R_2 、 R_3 及 R_4 為萬用分流器中的電阻； R'_1 、 R'_2 、 R'_3 及 R'_4 則為歐姆表的擴程電阻； R_x 為被測量的電阻； E 為電池的電壓； E' 為附

