

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本

普通電工學習題

В. С. ПАНТЮШИН 主編

洪 効 訓 等 譯

龍 門 聯 合 書 局

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本



普通電工學習題

B. C. 派 秋 辛 主 編

洪効訓 沈世銳
袁連生 葛成岳 王 遠 合 譯

龍 門 聯 合 書 局

本書是根據蘇聯國家《蘇維埃科學》出版社（Государственное издательство《Советская наука》）出版的派秋辛（В. С. Пантюшин）教授主編「普通電工學習題」（Сборник задач и упражнений по общей электротехнике）1952年第二版譯出的。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校非電工專業教學參考書。

參加本書翻譯工作的有北京工業學院洪効調、沈世銳、袁連生、葛成岳、王遠等五位同志，並由洪効調同志擔任校訂工作。

普通電工學習題
СБОРНИК ЗАДАЧ И УПРАЖНЕНИЙ
ПО ОБЩЕЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ
В. С. ПАНТЮШИН 主編
洪効調 沈世銳 王 遠 合譯
袁連生 葛成岳

★版權所有★

龍門聯合書局出版
上海南京東路61號101室
新華書店華東總分店總經售
上海南京西路一號
啓智印刷廠印刷
上海自忠路239弄28號

1954年2月初版 印0001—5000冊

定價 ¥ 19.500

上海市書刊出版業營業許可證出029號

原 序

這本習題集的旨在幫助大學生們自學普通電工學教程和自學某些超出這門課程大綱以外、但是仍為許多非電工大學的學生們所研究的、補充的理論問題。

自學電工學教程的最重要方式之一就是系統地練習對問題和數字上習題的解法和分析。這種學習方式乃是特別必要的，但同時對於沒有在校學習集體課業的函授大學生們却是困難的。對在校學習的大學生們來說，獨立解決問題乃是在教師指導下所進行的實地練習的延伸和擴展。

系統地解答問題和演算例題可以促使學生們更好地熟練和記住所學的教材，教給學生們如何在處理實際問題時應用所得的知識，以及鍛鍊他們為日後工程師業務所必需的才幹和技能。此外，解答問題和分析問題可以發展學生們合乎邏輯的思維，幫助他們建立唯物的世界觀，發揚克服困難的精神，磨鍊意志和創造出一定的勞動文化。

為了編排大學生們的自學作業，在這本參考書上載有各種各樣的例題和帶有答案的習題，其中最典型的並備有方法上的提示和解答。

考慮到電工學教程和物理學教程中的《電學》和《磁學》那些章節有着密切的聯系，編者們將這些章節中直接與接下去的電工計算有關的少數例題列在這本參考書裏。

在搜集習題和例題時，編者們儘可能照顧到各別大學和專科的不同需求，為此，在每一章裏插入了各種難題。

有一部份超出普通電工學教程的課程大綱以外的習題都用小星形符號標上。此外，在這本集子裏放入《非正弦電流》和《最簡單電路中的瞬變現象》兩章，這都是課程大綱上沒有規定的。

極大部份習題和例題都是新編的，只有一小部份是從書末所列教學參考書上改編過來。

編者們希望讀者們說出自己的願望，提出嚴厲的批評和指出存在着的缺點和錯誤。讀者們的所有指示都將被十分感激地接受。

末了，我們愉快地對給予我們以極寶貴的批評和指示的 Ю. С. 捷采 (Чечет) 教授和榮獲列寧勳章、命名為 С. 奧爾忠尼啓則的莫斯科航空學院在斯大林獎金獲得者、Г. И. 阿泰別科夫 (Атабеков) 教授領導下的電工和電機教研組致以深切的謝意。

所有對本書的批評都請投到莫斯科、榮獲列寧勳章、命名為 В. М. 莫洛托夫的電工學院 (Москва, 116, Красноказарменная улица, дом 14), 以及《蘇維埃科學》出版社 (Москва, 64, Подсосенский пер, 20)。

編 者

中央人民政府高等教育部推薦 高等學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國高等學校院系調整後的一項重大工作。在我國高等學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯系實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地大量翻譯蘇聯高等學校的各科教材，並將陸續向全國推薦，作為現階段我國高等學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

目 錄

原 序

第 一 章	直流電路	1
第 二 章	電場	32
第 三 章	電磁及感應電勢	56
第 四 章	交流電路	90
第 五 章	複量法	138
第 六 章	三相電路	177
第 七 章	非正弦電流	209
第 八 章	電的測定	229
第 九 章	帶鋼電路和變壓器	253
第 十 章	異步電動機	269
第十一章	同步電機	295
第十二章	直流電機	309
第十三章	電子學	338
第十四章	輸電線導線的计算	353
第十五章	電照	373
第十六章	最簡單電路中的瞬變現象	384
第十七章	電力傳動	408
附 錄		425
參考書目		463

第一章 直 流 電 路

1.1 圓形銅導線長 $l=1000$ 米，直徑 $d=2$ 毫米，試求它的電阻。
導線的電導係數 $\gamma=57 \frac{\text{米}}{\text{歐} \cdot \text{毫米}^2}$ 。

【答】 $r=5.6$ 歐。

1.2 鐵導線長 $l=52$ 米，電阻 $r=3$ 歐，電阻係數 $\rho=0.1 \frac{\text{歐} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}}$ 。
試求它的直徑。

【答】 $d \approx 1.5$ 毫米。

1.3 繞組內直徑等於 50 毫米、外直徑等於 184 毫米的線圈用直徑 $d=2$ 毫米的銅線繞成。繞組電阻 $r=4.35$ 歐。

試求：a) 導線長；b) 匝數；c) 若沿線圈繞組之長安排 80 匝，求繞組層數。

【解】

導線長度以米計，決定於公式

$$l = \frac{rS}{\rho} = \frac{4.35 \times 3.14}{0.0175} = 780 \text{ 米}.$$

繞組平均直徑

$$D_{\text{平均}} = \frac{50 + 184}{2} = 117 \text{ 毫米};$$

因此每匝平均長度

$$\pi D_{\text{平均}} = 3.14 \times 0.117 = 0.368 \text{ 米}.$$

線圈匝數等於

$$w = \frac{l}{\pi D_{\text{平均}}} = \frac{780}{0.368} \approx 2120.$$

如果射徑方向的層數以 n 表示, 則由等式 $80n = 2120$ 可得

$$n = \frac{2120}{80} \approx 27.$$

1.4 繞組內直徑等於 15 毫米的線圈是用直徑 $d = 0.3$ 毫米的銅導線繞成的。

沿着線圈繞組的長放置 125 行導線, 而它的層數等於 100。

線圈繞組的外直徑等於 95 毫米, 它的高度等於 50 毫米。試求線圈繞組的電阻。

【答】 $r \approx 518$ 歐。

1.5 求傳輸線的銅導線在溫度 $t_2 = 0^\circ$ 和 $t_1 = 20^\circ\text{C}$ 時的電阻, 設線的截面積 $S = 95$ 毫米², 長 $l = 120$ 公里。

【解】

導線電阻在 20°C 時決定於下面式子

$$r_1 = \rho \frac{l}{S} = 0.0175 \frac{120000}{95} = 22.1 \text{ 歐}.$$

同一導線在 0°C 時它的電阻等於

$$r_2 = r_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] = 22.1[1 + 0.004(0 - 20)] = 20.3 \text{ 歐}.$$

1.6 電車供電線長 $l = 1$ 千米, 截面 $S = 70$ 毫米², 在溫度 15°C 時, 它的電阻 $r_1 = 0.35$ 歐。試求這導線材料的電阻係數。

【答】 $\rho = 0.0245 \frac{\text{歐} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}}$ 。

1.7 在蓄電池組的外端上跨接電阻 r , 其值可由 $r_1 = 2$ 歐變到 $r_2 = \infty$ 。蓄電池組的電勢 $E = 12$ 伏, 內阻 $r_0 = 0.5$ 歐。求作這個蓄電池的端電壓與它電流之間的關係圖。

【解】

蓄電池組的端電壓 $U = E - r_0 I$ 。

當負載電阻由 2.0 歐變到 ∞ 時, 電流 I 在 $I = \frac{E}{r + r_0} = \frac{12}{2.5} = 4.8$ 安

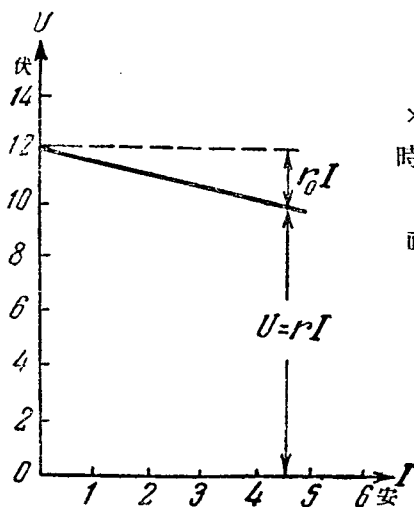


圖 1.7

到 $I = \frac{E}{\infty} = 0$ 的範圍內變化。

當電流 $I=0$ 時, $U=12-0.5 \times 0=12$ 伏, 而當電流 $I=4.8$ 安時, $U=12-0.5 \times 4.8=9.6$ 伏。

電壓 U 與電流 I 間的關係按直線規律變化, 即如圖 1.7 所示。

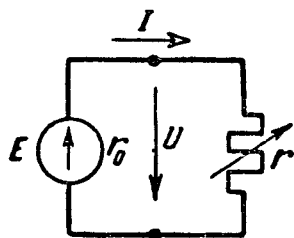


圖 1.8

1.8 直流發電機的電勢 $E=220$ 伏, 當負載電阻 (圖 1.8) 由 $r=\infty$ 變到 $r=5r_0$ 時, 其值實際上保持不變。

試求發電機端電壓 U 與負載電阻 r 間的關係。

【答】
$$U = \frac{E}{1 + \frac{r_0}{r}}.$$

1.9 圖 1.9 a 所示無岔電路具有兩個電源和兩個電阻 $r_1=3$ 歐和 $r_2=2.25$ 歐。電源的電勢 $E_1=12$ 伏, $E_2=6$ 伏, 它們的內阻 $r_{10}=0.5$ 歐和 $r_{20}=0.25$ 歐。

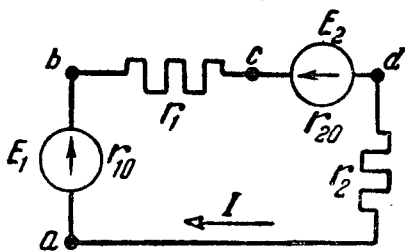


圖 1.9 a

求作電位沿着所考慮電路的變化圖形。

【解】

為了作圖方便起見, 將已知電路表示如圖 1.9 b 所示的等效電路, 圖中各電源的內電阻與其電勢分開表示。

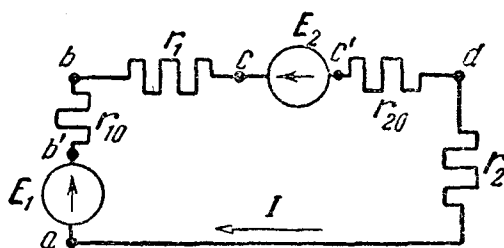


圖 1.9b

電路裏的電流

$$I = \frac{E_1 - E_2}{r_{10} + r_1 + r_{20} + r_2} = \frac{12 - 6}{6} = 1 \text{ 安.}$$

爲了構圖，我們在這電路上採取一點，例如 a' 點，作爲出發點，並假定它的電位等於零。於是其他各點的電位決定於下面式子：

$$\varphi_b = \varphi_a + E_1 - r_{10}I = 12 - 0.5 \times 1 = 11.5 \text{ 伏；}$$

$$\varphi_c = \varphi_b - r_1I = 11.5 - 3 \times 1 = 8.5 \text{ 伏；}$$

$$\varphi_a = \varphi_c - E_2 - r_{20}I = 8.5 - 6 - 0.25 \times 1 = 2.25 \text{ 伏.}$$

在橫坐標軸上標定電路各部份電阻的值(圖 1.9c)，在縱坐標軸上標定同一電路相應各點上的電位。當由點 a 移動到點 b 時，電位先升高到電勢 E_1 的值，然後降落一些，所降之值等於電阻 r_{10} 上的電壓降之值，這在圖 1.9c 上，用折線 $ab'b$ 表示(點 a 符合於坐標的原點)。

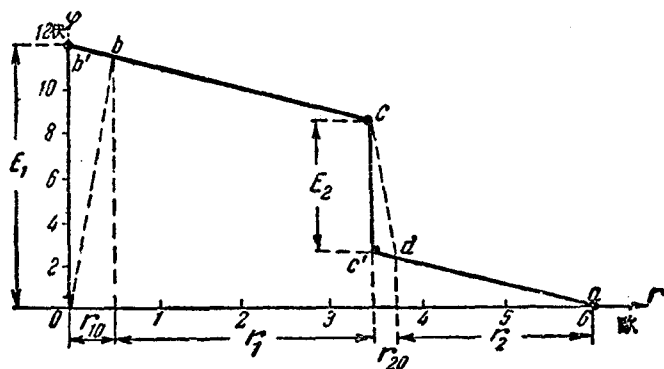


圖 1.9c

電位在同兩點 a 和 b 之間的變化可以表示作傾斜的虛直線 $a-b$ ，這條直線將電位在發電機內阻不被分開來的條件下從一點過渡到另一點，表示成為不斷的上升。

點 c 電位低於點 b 電位，所低的值就是電阻 r_1 上的電壓降。

當由點 c 移動到點 d 時，電位躍降了電勢 E_2 的值，同時由於電阻 r_{20} 上的電壓降而更形降低。電位在這一部份上的連續降落用虛直線 $c-d$ 表示。點 a 電位低於點 d 電位，所低的值就是電阻 r_2 上的電壓降；點 a 電位並且等於零。

1.10 在題 1.9 的條件下，如取 d 點的電位為零，問電位圖作何變化？

【答】 橫坐標軸上升了電阻 r_2 的電壓降，並且通過 d 點。

1.11 圖 1.11 所示無岔電路具有三個電勢 $E_1=24$ 伏， $E_2=E_3=6$ 伏，它們的內阻 $r_{10}=1$ 歐， $r_{20}=r_{30}=0.25$ 歐。負載電阻 $r_1=6$ 歐， $r_2=2$ 歐， $r_3=2.5$ 歐。

如果取 $\varphi_f=0$ ，求這電路上各點的電位，並作出電位沿着所考慮電路的變化的圖形。

【答】

$$\begin{aligned}\varphi_d &= 2 \text{ 伏,} \\ \varphi_b &= -2.5 \text{ 伏,} \\ \varphi_c &= -8.75 \text{ 伏,} \\ \varphi_e &= 14.25 \text{ 伏,} \\ \varphi_g &= 8.25 \text{ 伏.}\end{aligned}$$

1.12 在題 1.11 的情況中，所有電勢的值增加兩倍。問電路上相應各點間的電位差有無變化？

【答】

電路上任意兩點間的電位差也增加兩倍。

1.13 無岔電路(圖 1.13)的電流 $I=1$ 安，電勢 $E_1=48$ 伏。電源內阻 $r_{10}=r_{20}=1$ 歐，負載電阻 $r_1=12$ 歐及 $r_2=10$ 歐。

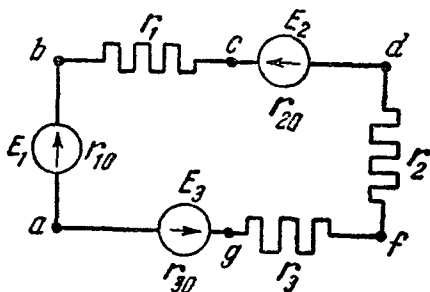


圖 1.11

求電勢 E_2 的大小和方向。

【答】 $E_2 = 24$ 伏，作用方向從點 d 到點 c 。

1.14 在題 1.13 的情況中，改變第一電源的極性，求第二電源的電流及其接頭上電位差的大小。

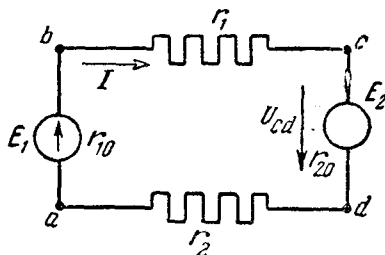


圖 1.13

【答】 $I = 3$ 安； $U_2 = 21$ 伏。

1.15 爲了調節負載 r_1 上的電壓，連接了一個可變電阻 r (圖 1.15)。

求作電壓 U_1 和 U_2 與比值

$K = \frac{r_1}{r}$ 之間的變化曲線。

【答】 曲線按下面方程式構成：

$$U_1 = U \frac{K}{1+K} \quad \text{和} \quad U_2 = U \frac{1}{1+K}.$$

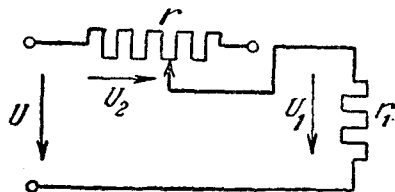


圖 1.15

1.16 在電阻 $r = 10$ 歐的電路中連接一個變阻器 (圖 1.16)。

如果線路電壓 $U = 120$ 伏，變阻器上每段電阻 $r_0 = 5$ 歐，試對變阻器把柄的不同位置，求出電路電流和電阻 r 上的電壓。

【解】

對變阻器的把柄在第一個觸點上的情形來說，整個電路的電阻

$$r_1 = 4r_0 + r = 30 \text{ 歐}.$$

電路電流等於

$$I_1 = \frac{U}{r_1} = \frac{120}{30} = 4 \text{ 安}.$$

電阻 r 上的電壓

$$U_1 = I_1 r = 4 \times 10 = 40 \text{ 伏}.$$

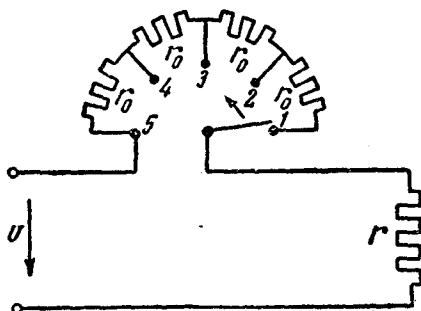


圖 1.16

用相似方法可對變阻器把柄的其他位置求出電阻 r 上的電流和電

壓。

1.17 當兩電阻 r_1 和 r_2 串聯時，等值電阻 $r_{12}=50$ 歐，同兩電阻並聯時等值電阻 $r=12$ 歐。

求電阻 r_1 和 r_2 的大小

【解】

兩電阻串聯時， $r_1+r_2=r_{12}$ ，並聯時 $\frac{r_1 r_2}{r_1+r_2}=r$ 。聯解這兩聯立方程式，得 $r_1^2-r_1 r_{12}+r_{12} r=0$ 。

然後將數值代入，並解此方程式，得 $r_1'=30$ 歐， $r_1''=20$ 歐及與這相對應的 $r_2'=20$ 歐和 $r_2''=30$ 歐。

1.18 在圖 1.18 上表示着的是一個具有電阻 $r_1=18$ 歐， $r_2=30$ 歐和 $r_3=20$ 歐的電路。

如 $U=120$ 伏，求各支路的電流。

【解】

總電路的等值電阻等於

$$r=r_1+\frac{r_2 r_3}{r_2+r_3}=18+12=30 \text{ 歐。}$$

$$\text{電流 } I_1=\frac{U}{r}=\frac{120}{30}=4 \text{ 安。}$$

並聯支路的端電壓

$$U_{23}=I \frac{r_2 r_3}{r_2+r_3}=4 \times 12$$

$$=48 \text{ 伏。}$$

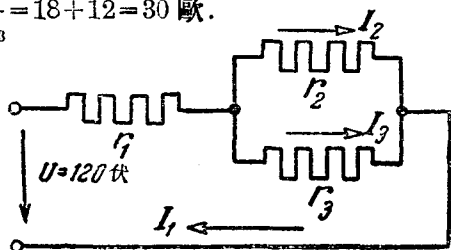


圖 1.18

在電阻 r_3 和 r_2 的支路上，電流的值是

$$I_3=\frac{U_{23}}{r_3}=\frac{48}{20}=2.4 \text{ 安}$$

及

$$I_2=\frac{U_{23}}{r_2}=\frac{48}{30}=1.6 \text{ 安。}$$

1.19 如果電阻 r_1 增加兩倍，求圖 1.18 所示線路中所有支路的電流。

【答】 $I_1 = 2.5$ 安； $I_3 = 1.5$ 安； $I_2 = 1$ 安。

1.20* 燈組由直流供電線通過分壓器(圖 1.20)來供電。供電線的電壓 $U = 240$ 伏；分壓器的電阻 $r = 100$ 歐。

當 $\frac{U}{U_n} = k = 2$ 及電燈總電阻在指定電壓 $U_n = 50$ 歐時，求用以確定燈組電壓 U_n 的電阻 r_x 的值。

【解】

電阻 r_x 的電流 I 可以表示作

$$I = \frac{U - U_n}{r_x} \quad \text{或} \quad I = \frac{U}{r_x + \frac{(r - r_x)r_n}{r - r_x + r_n}}$$

使這兩方程式的右邊部份相等，並以 $\frac{U}{K}$ 取代燈壓；經過變換後，結果得到 $r_x^2 - (r + Kr_n)r_x + rr_n(K - 1) = 0$ ，

由此可得

$$r_x = \frac{1}{2} (r + Kr_n) \pm \sqrt{\frac{1}{4} (r + Kr_n)^2 - rr_n(K - 1)}.$$

將各已知數值代入這個方程式，我們得到 $r_x \approx 29.3$ 歐。

1.21 在題 1.20 的條件下，求各支路電流。

【答】 $I \approx 4$ 安， $I_n = 2.4$ 安。

1.22* a) 電阻 $r_s = 25$ 歐的負載，其電流藉一劃分為 20 等分的(圖 1.22 a) 總電阻為 500 歐的分壓器(電位計)來作調節。分壓器跨接在 $U = 220$ 伏的輸電線路上。今要求確定負載端電壓的大小以及電流調節的平滑度與活動觸點的位置之間的關係。

b) 當負載電阻 $r_s = 490$ 歐時，求同樣的關係。

比較這兩種情況下的調節平滑度。

c) 將同樣電阻的分壓器當作變阻器連接(圖 1.22 b)，用以調節負載電壓，這負載的電阻第一次是 25 歐，第二次是 490 歐，試確定與 $\langle a \rangle$

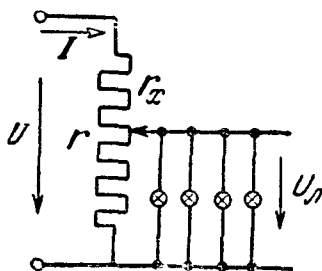


圖 1.20

項相同的那種關係。

比較變阻器和分壓器得出來的調節平滑度。

確定它們的應用範圍。

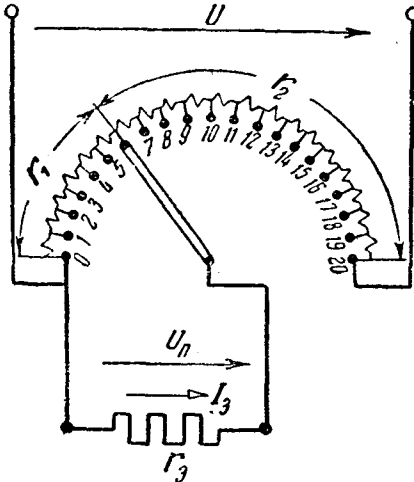


圖 1.22 a

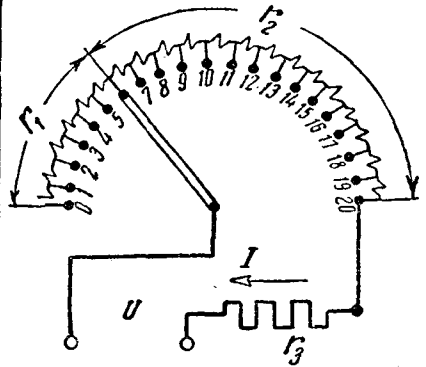


圖 1.22 b

【解】 《a》項和《b》項。

鑑於圖 1.22 a 中所引用的符號，可以寫下：

$$I_3 = \frac{r_1}{r_3} I_1, \quad I_1 = \frac{U - r_2 I_2}{r_1} \quad \text{和} \quad I_2 = \frac{U}{r_2 + \frac{r_1 r_3}{r_1 + r_3}},$$

這裏 I_1 和 I_2 一在電阻 r_1 和 r_2 裏的電流。

以可變的 r_1 和 r_2 來表示電流 I_1 ，則得

$$I_1 = \frac{U - \frac{U}{r_2 + \frac{r_1 r_3}{r_1 + r_3}} r_2}{r_1}.$$

將所得電流 I_1 的值代入表示 I_3 的方程式內，得到

$$I_3 = \frac{r_1}{r_3} U \left[\frac{1 - \frac{r_2}{r_2 + \frac{r_1 r_3}{r_1 + r_3}}}{r_1} \right]$$

變換後,得

$$I_3 = \frac{U}{r_2 + r_3 + \frac{r_2 r_3}{r_1}}$$

因此,電壓

$$U_n = I_3 r_3 = \frac{U r_3}{r_2 + r_3 + \frac{r_2}{r_1} r_3} = \frac{U}{1 + \frac{r_2}{r_3} + \frac{r_2}{r_1}}$$

負載電阻	滑動觸點的位置	r_1 , 歐	r_2 , 歐	$1 + \frac{r_2}{r_3} + \frac{r_2}{r_1}$	U_n , 伏	$U_n, \% = \frac{U_n \cdot 100}{U}$
25 歐	0	0	500	∞	0	0
	1	25	475	39.0	5.65	2.56
	5	125	375	19.0	11.6	5.23
	10	250	250	12.0	18.3	8.32
	15	375	125	6.33	34.7	15.8
	18	450	50	3.11	70.7	32.1
	19	475	25	2.053	109.0	49.6
	20	500	0	1.0	220.0	100.0
490 歐	0	0	500	∞	0	0
	1	25	475	20.97	10.5	4.78
	5	125	375	4.765	46.3	21.0
	10	250	250	2.51	87.7	40.0
	15	375	125	1.589	138.5	63.0
	18	450	50	1.213	181.3	82.5
	19	475	25	1.1036	200.0	90.6
	20	500	0	1.0	220.0	100.0

列出分壓器電阻 r_1 和 r_2 的值, 爲 $r_3 = 25$ 歐和 $r_3 = 490$ 歐編製量值 U_n 的表 (參看上表)。

【解】 《a》項。

通過決定於變阻器活動觸點位置的電阻 r_2 的可變量值來表示負載電壓的值 (圖 1.22 6)：

$$U_3 = I_3 r_3 = \frac{U}{r_2 + r_3} r_3 = \frac{U}{1 + \frac{r_2}{r_3}}, \quad U_3 \% = \frac{U_3}{U} \cdot 100 = U_n \%$$