

电工學習題

苏联 Л. А. 莫斯卡列夫著

电力工业出版社

电 工 学 习 题

苏联 Л. А. 莫斯卡列夫著

沈 世 銳 译

子



电 力 工 業 出 版 社

本書所包括的習題和例題是根据苏联劳动后备部为初級技术学校审定的动力專業用電工學教學大綱所規定的內容編著的。

增訂第二版可作为初級技术学校学生的教學参考書，也可供在發電厂和各工業企業工作的电工和电气鉗工作为系統學習之用。譯文可配合「電工學基础」（苏联 М. И. 庫茲聶佐夫，沈昌培譯，電力工業出版社出版）一書講授或閱讀。

所有对于譯文的批評意見，請寄至“北京府右街 26 号電力工業出版社編輯部”。

Л. А. МОСКАЛЕВ

ЗАДАЧНИК ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

ТРУДРЕЗЕРВИЗДАТ МОСКВА 1956

電 工 學 習 題

根据苏联劳动后备部教科書出版社 1956 年莫斯科增訂第 2 版翻譯

沈 世 銳譯

*

58D15

電力工業出版社出版(北京府右街26号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

787 × 1092 1/16 开本 * 6 页印張 * 150 千字 * 定价(第10类)0.95元

1953 年 10 月北京第 1 版 1957 年 9 月北京第 2 版

1957 年 9 月北京第 5 次印刷(18,531—26,930册)

原 序

根据苏联共产党第廿次代表大会关于苏联在1956—1960年發展国民經济的第六个五年計劃的指令中提出的有关今后大力發展工業、改进技术与改善生产管理等各項任务，迫切地要求發揮一切可能的力量来提高劳动者的技术水平、政治覺悟和積極性。在各种工業部門里建立在生产过程的电气化、綜合机械化和自动化基础上的技术改善，以及使用最新式的机床、机器和設備，如果脱离了具有熟練生产技能与高度理論基础的电气工人那將是不可想像的事。

电气工人在理論方面的培养主要是精通电工学課程；但是如果对这一課程所研究的各个章节不作經常而有系統的練習，要想精通就不可能。一种最主要的練習方式就是演算習題。

本書是按照目前的需要和为初級技术学校培养熟練电气技术工人所用教学大綱的要求而將 1952 年由劳动后备出版社出版的初級技术学校用“电工学习題”一書加以修訂而成。本書还增加了下面几个新的題目：“电場”、“复杂电路”和“交流并联电路”。“利用电容器改善 $\cos\varphi$ ”这一节是由原書第一版中“功率和能量”（交流电）这节分出而成。对其余各节也作了进一步的补充，以加深例題和習題的內容，本書并着重注意了各种电路中能量的关系。

本書所包括的習題和例題是根据初級技术学校培养电工和电气鉗工所用电工学教学大綱的主要章节而編写的。

本書中習題、圖形和例題的編号均按章標記。例如第四章“交流电”所有的圖形、例題和習題編号都是：4-1, 4-2...4-107, 4-108 等这样標記的。其中第一个数字代表章，第二个数字是習題、例題和圖形的序号。

目 录

原 序	
一、电 場	3
二、直流电	11
直流电的导体电阻	12
欧姆定律	21
电阻并联和复联的电路	30
复杂电路	39
电流的功与功率	44
化学电源	57
三、电磁与电磁感应	65
磁 場	65
电 磁	67
电磁感应	75
四、交流电	83
交流电的基本定义和它的表示法	83
仅有电阻的交流电路	93
由电阻和电感电抗組成的交流电路	95
由电阻和电容电抗組成的交流电路	105
由电阻、电感电抗和电容电抗組成的串联电路	110
交流并联电路	118
功率和能量	126
利用电容器改善 $\cos \varphi$	135
三相交流电	141
五、变压器	153
六、电的度量	160
答案	168
三角函数表	180

一、电 場

所謂电場就是这样一种空間，当电荷引入其中时会受到相互作用的机械力。我們用电場强度和电位來說明电場的每一点。

任意点的电場强度 E 是由位于电場里帶單位电荷 Q 的这点上所受作用力 F 来确定：

$$E = \frac{F}{Q},$$

式中 E ——电場强度，單位是伏/公尺； Q ——电荷，單位是庫；

F ——电場力，單位是牛頓（ $1\text{牛} = \frac{1}{9.81}\text{公斤} = 0.102\text{公斤}$ ）。

靜电場中任意点的电位 φ 等于單位（被試）电荷（指正电荷——譯者）由該点位移到电場范围之外或者是位移到电位算作零的某起点时消耗的能量，即：

$$\varphi = \frac{W}{Q},$$

式中 φ ——电位（單位是伏）； W ——电場能量（單位是焦）；

Q ——电荷（單位是庫）。

电場里兩点之間的电压 U 等于这两点电位之差，即

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B.$$

电場里任意兩点之間的电压 U 也等于單位电荷由这点位移到另一点时电場力所作的功，即

$$U = \frac{A}{Q}.$$

在均匀电場里，电場强度 E 和电压 U 之間的关系为：

$$E = -\frac{U}{l},$$

式中 l ——順电場方向兩点之間的距离（單位是公尺）；

U ——这两点之間的电压（單位是伏）。

例題 1-1. 有一 0.05 庫的电荷由 A 点位移到 B 点，假定这两点之间的距离等于 0.5 公尺，各点电位 $\varphi_A = 15\,000$ 伏和 $\varphi_B = 5000$ 伏。試求这均匀电场的强度以及电场力所作的功。

A 和 B 两点间的电压

$$U = \varphi_A - \varphi_B = 15\,000 - 5000 = 10\,000 \text{ 伏.}$$

电场强度

$$E = \frac{U}{l} = \frac{10\,000}{0.5} = 20\,000 \text{ 伏/公尺} = 20 \text{ 千伏/公尺} = 0.2 \frac{\text{千伏}}{\text{公分}}.$$

功

$$A = UQ = 10\,000 \times 0.05 = 500 \text{ 焦.}$$

相互絕緣的两个导体就構成电容器。电容器的电荷 Q 与兩極板間电压 U 之比称做电容器的电容：

$$C = \frac{Q}{U}.$$

假定 Q 是电容器每个極板上的电荷，單位为庫， U 是兩極板之間的电压，單位为伏；那么 C 就是單位以法拉第(法)計的电容。

电容較小的單位为：

$$\text{微法}(\mu\text{f}) = 0.000001 \text{ 法} = 10^{-6} \text{ 法};$$

$$\text{微微法}(n\text{f}) = 0.000001 \text{ 微法} = 10^{-6} \text{ 微法} = 10^{-12} \text{ 法}.$$

电容器的能量(电容器的电场能量)决定于公式：

$$W_c = \frac{CU^2}{2},$$

式中 W_c ——电场能量(單位为焦)； C ——电容(單位为法)；

U ——电压(單位为伏)。

例題 1-2. 电容器兩極板之間的电压为 160 伏时，試求电容是 40 微法的电容器的电荷和其中儲藏的电能。

电容器的电容

$$C = 40 \text{ 微法} = 0.000040 \text{ 法} = 40 \times 10^{-6} \text{ 法.}$$

电量

$$Q = CU = 0.00004 \times 160 = 0.0064 \text{ 庫}$$

或

$$Q = CU = 40 \times 10^{-6} \times 160 = 64 \times 10^{-4} \text{ 庫}$$

儲藏的电能

$$W_c = \frac{CU^2}{2} = \frac{0.00004 \times 160^2}{2} = 0.512 \text{ 焦,}$$

或

$$W_c = \frac{CU^2}{2} = \frac{40 \times 10^{-6} \times 160^2}{2} = 0.512 \text{ 焦.}$$

电容器用电容和工作电压来说明。为了得到必需的电容以及不使电压超过允许值，可将电容器连接成组。

当电容器串联时(圖1-1)，所有电容器上的电荷都是相等的，而在每只电容器上的电压是外加总电压的一部分。电容器组的总电容与每只单独的电容器电容比較是減小了，它可由下面的公式来决定：

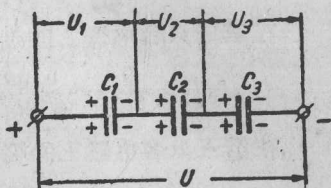


圖 1-1

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

当 n 只电容器的电容均相等时：

$$C = \frac{C_1}{n}.$$

式中 C_1 ——每只电容器的电容。

例題 1-3. 电容 4 微法、6 微法和 12 微法的三只电容器相互串联，接在电压 120 伏下。試求电容器组的总电容、电荷和每只电容器上的电压。

电容器组的总电容

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2} \text{ 微法,}$$

于是

$$C = 1 : \frac{1}{2} = 2 \text{ 微法} = 0.000002 \text{ 法} = 2 \times 10^{-6} \text{ 法}.$$

每只电容器上的电荷

$$Q = CU = 0.000002 \times 120 = 0.00024 \text{ 庫}.$$

或

$$Q = CU = 2 \times 10^{-6} \times 120 = 240 \times 10^{-6} \text{ 庫}.$$

在第一只电容器上的端电压

$$U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{0.00024}{0.000004} = \frac{240 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-6}} = 60 \text{ 伏}.$$

在第二只电容器上的端电压

$$U_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{0.00024}{0.000006} = \frac{240 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-6}} = 40 \text{ 伏}.$$

在第三只电容器上的端电压

$$U_3 = \frac{Q}{C_3} = \frac{0.00024}{0.000012} = \frac{240 \times 10^{-6}}{12 \times 10^{-6}} = 20 \text{ 伏}.$$

当电容器并联时(圖 1-2), 所有电容器上的电压均相等, 它們的电荷与电容成正比。电容器組的总电容与每一只电容器的电容比較是增加了, 它可由下面的公式来决定:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

当 n 只电容器的电容均相等时:

$$C = nC_1,$$

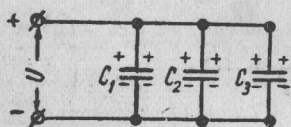


圖 1-2

式中 C_1 ——每只电容器的电容。

例題 1-4. 依照上一例題給定的数据, 在电容器并联时, 試求电容器組的总电容以及每只电容器的电荷。

电容器組的总电容:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 4 + 6 + 12 = 22 \text{ 微法}.$$

第一只电容器的电荷

$$Q_1 = C_1 U = 0.000004 \times 120 = 4 \times 10^{-6} \times 120 = 0.00048 \text{ 庫} \\ = 48 \times 10^{-5} \text{ 庫}.$$

第二只电容器的电荷

$$Q_2 = C_2 U = 0.000006 \times 120 = 6 \times 10^{-6} \times 120 = 0.00072 \text{ 庫} \\ = 72 \times 10^{-5} \text{ 庫.}$$

第三只电容器的电荷

$$Q_3 = C_3 U = 0.000012 \times 120 = 12 \times 10^{-6} \times 120 = 0.00144 \text{ 庫} \\ = 144 \times 10^{-5} \text{ 庫.}$$

假定电容器具有的工作电压小于它们必须接入的这个电网电压，而且串联的电容器组的电容比设备所需的电容小，那么就应将电容器相互并联起来。

例题 1-5. 为了提高电能的利用率，必须在电压为 500 伏的电网接入电容 40 微法。现有的电容器每只的电容为 10 微法，设计的工作电压为 200 伏，试求所需电容器的只数以及它们接成电容器组的连接法。

因为每只电容器的工作电压 $U_k = 200$ 伏，电网电压 $U = 500$ 伏，相互串联所需的只数不得少于

$$n = \frac{U}{U_k} = \frac{500}{200} = 2.5 \text{ 即 } 3 \text{ 只电容器.}$$

由 3 只电容器相互串联成一组，计共有电容

$$C_1 = \frac{C_k}{n} = \frac{10}{3} \approx 3.33 \text{ 微法.}$$

电容器组应有电容 $C = 40$ 微法，因此必需有

$$m = \frac{C}{C_1} = \frac{40}{3.33} \approx 12 \text{ 个 并联 组}$$

数。

所需电容器的总只数：

$$N = nm = 3 \times 12 = 36 \text{ 只.}$$

将电容器连接成组的线路图，示如图 1-3。

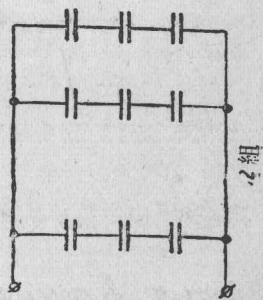


圖 1-3

習 題

1-1. 試画出圖 1-4, a, b, c, d 所示靜电荷所形成的电场簡

圖。

1-2. 在均匀电场內有一电量为 0.001 庫的电荷。假定作用在这电荷上的力等于 2 牛，試求电场强度。

1-3. 一均匀电场的强度等于 500 伏/公分，假定作用在电场內某电荷上的力等于 50 牛，試求这电荷的大小。

1-4. 一均匀电场的强度等于 10 仟伏/公尺，試求位于該电场內电量为 0.004 庫的电荷上作用力的大小。

1-5. 在均匀电场內有一电荷为 4×10^{-6} 庫，假定作用在这电荷上的力等于 0.4 公斤，試求电场强度。

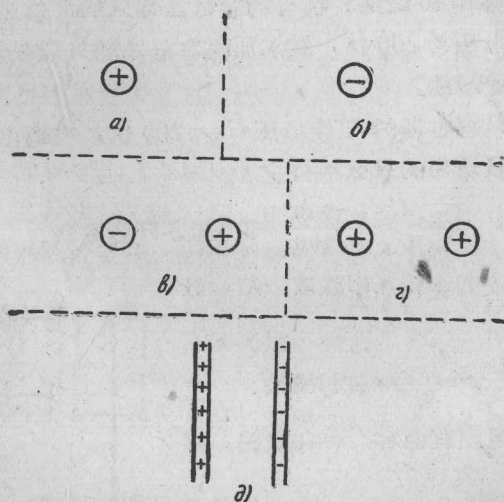


圖 1-4

1-6. 电量为 6 庫的电荷，当在电场的兩点間位移时所作的功等于 8.4 焦。試求这两点間的电压。

1-7. 电场里某兩点的电位各等于 60 伏和 -60 伏，試求这两点間的电压。

1-8. 在均匀电场內，假定电荷 Q 在 $A-B$ 段間位移时所作的功

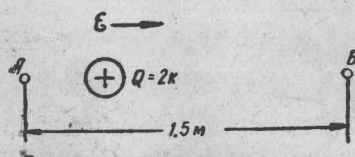


圖 1-5

等于 30 焦。試求 A 与 B 兩点間的电压和电場强度(圖 1-5)。

1-9. 均匀电場(圖1-5)里点 A 和点 B 的电位分别等于 115 伏和 100 伏。試求电場强度以及电荷 Q 在这兩点間位移时所作的功。

1-10. 在电場的 A 点上(圖1-5)电荷 Q 具有位能 230 焦。在电場力的作用下, 电荷 Q 位移到电位等于 100 伏的 B 点。試求 A 和 B 兩点間的电压、电荷在这兩点間位移时所作的功以及在 B 点上电荷的位能。

1-11. 在电容器上註出“ $C=12$ 微法”。試問單位以法表示的电容是多少?

1-12. 假定电容器極板間的电压为 200 伏时电荷等于 0.005 庫, 試求这电容器的电容。

1-13. 电容器的电容是 2 微法, 試求極板間的电压等于 2000 伏时, 电容器的电荷。

1-14. 电容器的电容是 10 微法, 試求为了使得电容器上的电荷有 0.005 庫所需的極板間电压。

1-15. 在电容器上註出“ $C=12$ 微法, $U=200$ 伏”。試求在此电容和电压下电容器的电能。

1-16. 假定在电容器極板之間的电压为 500 伏时, 儲藏的电能是 250 焦, 試問电容器的电容等于多大?

1-17. 为了使电容为 8 微法的电容器儲存电能 4 焦, 試問必需加在極板上的电压是多大?

1-18. 在电容器的極板間电压为 1500 伏时电荷是 0.003 庫。試求电容器的电容以及其中积存的电能量。

1-19. 在电压为 200 伏时, 試求电容为 20 微法的电容器上的电量和儲存的电能。

1-20. 电容为 50 微法的电容器, 其电荷等于 0.3 庫, 假定电容器兩板之間的距离是 3 公分, 試求电場强度。

1-21. 有兩只电容器, 假定一只的电容是 2 微法, 另一只是 8 微法, 試求这两只电容器相互串联和并联时的总电容。

1-22. 有四只电容器, 假定每只的电容都是 10 微法, 試求

这四只电容器相互串联和并联时的总电容。

1-23. 有四只同样的电容器相互并联，接在电压为 120 伏的电网上。假定这电容器组的总电荷是 0.012 库，试画出电容器的连接线路图，并求出每只电容器的电容。

1-24. 有四只同样的电容器相互串联，接在电压为 120 伏的电网上。假定这电容器组的电荷是 0.012 库，试画出电容器的连接线路图，并求出每只电容器的电容。

1-25. 假定每只电容器的电容是 10 微法，试求如图 1-6 所示那样连接着的电容器组的总电容。

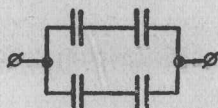


圖 1-6

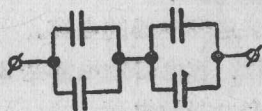


圖 1-7

1-26. 假定每只电容器的电容是 10 微法，试求如图 1-7 所示那样连接着的电容器组的总电容。

1-27. 假定 $C_1 = 6$ 微法， $C_2 = 2$ 微法和 $C_3 = 12$ 微法，试求如图 1-8 所示那样连接着的电容器组的总电容。

1-28. 电容为 2 和 6 微法的两只电容器相互串联。假定它们的电荷等于 0.006 库。试画出电容器的连接线路图，并求出电容器组的电容、每只电容器上的电压和电容器组的端电压。

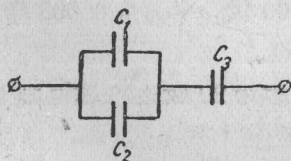


圖 1-8

1-29. 电容为 4、6 和 12 微法的三只电容器相互串联，接在电压为 500 伏的电网上。试画出电路图，并求出电容器组的电容和每只电容器上的电压。

1-30. 试求上题指出的电容器组每只电容器里储存的能量。

1-31. 电容为 2 和 6 微法的两只电容器相互并联。假定电容器组的总电荷为 0.006 库，试画出电容器的连接线路图，并求出

每只电容器上的电压。

1-32. 試求上題指出的电容器組每只电容器的电荷。

1-33. 电容为 4、6 和 12 微法的三只电容器相互并联，接在电压为 500 伏的电網上。試画出电路圖，并求出电容器組的电容、每只电容器上的电荷和电容器組的总电荷。

1-34. 試求上題指出的每只电容器里和电容器組里儲存的电能。

1-35. 电容为 2、6 和 8 微法的三只电容器相互并联。假定它們的总电荷为 0.008 庫，試求每只电容器的电荷和能量以及电容器組的能量。

1-36. 为了提高电能的利用率，需要在电压 380 伏的电網上接入一組电容为 40 微法的电容器組。現有的电容器每只电容为 10 微法，設計的工作电压为 250 伏。試求必需的 电容器只数以及它們連接成电容器組的方法。

1-37. 在电压 3000 伏的电網上需要接入一組电容为 25 微法的电容器組。現有的电容器每只电容为 150 微法，設計的工作电压为 500 伏。試求必需的 电容器只数以及它們連接成电容器組的方法。

1-38. 在电压为 3000 伏的电網上需要接入一組电容为 100 微法的电容器組。現庫室仅有每只电容为 150 微法、工作电压为 500 伏的电容器，試求必需的 电容器只数、它們連接成电容器組的方法，并画出电容器組的綫路圖。

二、直 流 电

如果某电路的电动势和电阻固定不变，那么其中电流無論大小或方向均不变化，这种电流就叫做直流电。

直流电的导体电阻

横截面不变的金屬导体，在温度为 20°C 时，它对于直流电的电阻 (r) 可由下面的公式来确定：

$$r = \rho \frac{l}{s},$$

式中 ρ ——材料的电阻系数，即导体長 1 公尺，横截面 1 平方公厘，温度 20°C 时的电阻；

l ——导体長度(單位为公尺)；

s ——横截面的面积(單位为平方公厘)。

导体材料的主要特性表

表 1

材 料 名 称	比重	在正常压力下的 熔解度($^{\circ}\text{C}$)	在 20°C 时的电阻系数 (欧-平方公厘/公尺)	电阻的温度系数 ($1/^{\circ}\text{C}$)
銅	8.9	1083	0.0172—0.0178	0.004
鋁	2.7	658	0.03—0.04	0.0036
鎢	19.1	3500	0.055	0.004
銅	7.87	1400	0.10—0.25	0.0045—0.005
鎳	8.98	1100	0.4—0.44	0.0002
錳銅鎳合金	8.14	960	0.4—0.43	0.00001—0.00003
康銅(鎳銅合金)	8.9	1270	0.46—0.52	0
鎳鉻合金	8.2	1375	1.0—1.2	0.00012—0.0004

在習題中应用的电阻系数和温度系数表

表 2

材 料	在 20°C 时的电阻系数 (欧-平方公厘/公尺)	温 度 系 数 ($1/^{\circ}\text{C}$)
銅	0.0175	0.004
鋁	0.03	0.0036
銅	0.15	0.0045
鎳	0.42	0.0002
錳銅鎳合金	0.43	0
康銅(鎳銅合金)	0.5	0
鎳鉻合金	1.1	0

例題 2-1. 由截面积 35 平方公厘的銅綫敷設成二綫綫路，如已知它的長度是 2 公厘，試求这綫路的电阻。

導綫共長 $l = 2 \times 2$ 公里 = 4000 公尺。

它的电阻

$$r = \rho \frac{l}{s} = \frac{0.0175 \times 4000}{35} = 2 \text{ 欧.}$$

例題 2-2. 如使 400 公尺長的鋁導綫的电阻 不超过 0.2 欧，試問这綫的截面应是多大？

由公式 $r = \rho \frac{l}{s}$ 求得

$$s = \rho \frac{l}{r} = \frac{0.03 \times 400}{0.2} = 60 \text{ 平方公厘.}$$

截面 60 平方公厘的鋁綫沒有制成产品，所以應該 采用截面是 70 平方公厘的導綫。

当温度为 t 时，金屬导体对于直流电的电阻 (r_t) 可根据下列公式来确定：

$$r_t = r + r\alpha(t - t_0),$$

式中 r ——在起始温度为 t_0 度时的电阻； t ——最后的温度；

α ——温度系数，化学上純金屬的温度系数多接近于

$$0.004 \frac{1}{^\circ\text{C}}.$$

例題 2-3. 試求長 1200 公尺、截面 12.5 平方公厘的銅導綫当温度为 40°C 时的电阻。

在 20°C 时導綫的电阻

$$r = \rho \frac{l}{s} = \frac{0.15 \times 1200}{12.5} = 14.4 \text{ 欧.}$$

在 40°C 时導綫的电阻

$$r_t = r + r\alpha(t - t_0) = 14.4 + 14.4 \times 0.0045(40 - 20) = 15.696 \text{ 欧.}$$

例題 2-4. 傳輸電能的銅綫在温度为 10°C 时有电阻 2 欧。試求这銅綫在温度为 -15°C 时的电阻。

在温度是 -15°C 时这綫的电阻

$$r_t = r + r\alpha(t - t_0) = 2 + 2 \times 0.004(-15 - 10) = 2 - 0.2 = 1.8 \text{ 欧}.$$

当电阻串联时(圖 2-1), 綫路的总电阻等于組成电路所引入的各电阻之和, 即

$$r = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$$

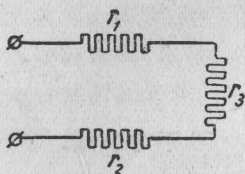


圖 2-1

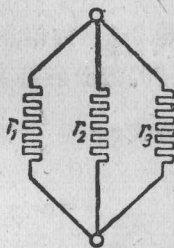


圖 2-2

例題 2-5. 电鈴的綫卷具有电阻 2.5 欧, 現用截面 1 平方公厘、長 50 公尺的鋁导綫將它接到电網上。試求电路的总电阻。

我們画出电路的簡示圖(圖 2-1)。

在圖中: r_1 和 r_2 ——鋁导綫的电阻; r_3 ——电鈴綫卷的电阻。
导綫电阻

$$r_1 = r_2 = \rho \frac{l}{s} = \frac{0.03 \times 50}{1} = 1.5 \text{ 欧}.$$

电路的总电阻

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = 1.5 + 1.5 + 2.5 = 5.5 \text{ 欧}.$$

在电阻并联时(圖 2-2), 电路的总电导等于它的各支电路电导的总和

$$g = g_1 + g_2 + g_3 + \dots = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots$$

并联各支路的总电阻

$$r = \frac{1}{g}.$$