

高等学校教学用书

电工基础例题及习题集

哈尔滨工业大学
电工教研室編

高等教育出版社

高等学校教学用书



电工基础例题及习题集

哈尔滨工业大学
电工教研室编

002272

高等教育出版社

本书是由哈尔滨工业大学电工教研室编写的，在体系上遵循该校现行教学大纲及该教研室教师俞大光编写并由我社出版的“电工基础”一书的编排次序。因此，本书可说是俞编“电工基础”一书的辅助教材。

本书初稿于1955年编成，共试用了四年，修订过一次，在这次公开出版前又作了一次全面的修订。书中共分十四章，内容包括：直流电路，正弦交流电路，网络计算，非正弦周期电流的电路，三相交流电路，非线性电阻电路，磁路，周期电流的非线性电路，电路中的过渡过程，具有分布参数的电路，静电场，导电媒质中的恒定电场，恒定磁场，交变电磁场。

本书适用于高等工业学校电工类专业。

电工基础例题及习题集

哈尔滨工业大学电工教研室编

高等教育出版社出版 北京宣武门内大街27号

(北京市书刊出版业营业登记证出字第954号)

京华印书局印装 新华书店发行

统一书号15010·859 开本 850×1168 $1/32$ 印张8 $9/16$

字数197,000 印数00001—13,000 定价(7) 1.00

1960年2月第1版 1960年2月北京第1次印刷

序 言

这本书是根据哈尔滨工业大学电工教研室 1955 年及 1956 年编写的“电工基础例题及习题集”修订补充而成的。

我教研室在几年来的教学实践中，深切地感到一本符合于现行教学大纲的习题集对提高教学质量有极其重要的意义。近年来翻译了不少苏联出版的电工基础习题集，质量都很好。但是由于教学大纲不尽相同，安排程序也各有差异，直接采用，有所不便。另外，这些书往往缺乏例题，或者例题数量不多，与练习配合不紧密。我们觉得同学们在演题前，阅读一些例题，参考揣摩，是有助于深入掌握课程内容和提高解题能力的；同时，那些习题集上题目很丰富，但是有些学生在完成了规定的作业以后，要想自己来选择一些练习，是比较困难的。由于以上情况，我们教研室在 1954 年开始，试图以苏联出版的一些习题集为蓝本，结合我们实际教学状况，编写一本基本上符合于现行教学大纲的比较切合我国目前学生水平的“电工基础例题及习题集”，作为本校教学用书。这本书在 1955 年编成，共试用了四年，修订过一次，大致上还能满足教学要求。

大跃进以来，不少新创办的兄弟学校，常常函索这份资料。鉴于目前国内还没有自编的“电工基础例题及习题集”，我们应高等教育出版社之约，经过一次全面的修订，公开出版。一方面企图在高等教育事业大跃进的时代里，贡献一份力量，有助于广大同学学习电工基础；另一方面也是抛砖引玉的意思，我们相信在不久的将来一定会出现较高水平的“电工基础习题集”的。

编写体系上，遵循哈工大现行教学大纲和本教研室俞大光同

志編写的“电工基础”(高等教育出版社出版)一书的程序。因此这本书也可說是俞編“电工基础”一书的輔助教材。目前正在进行深刻的教育革命,对于电工基础这门課程,符合于党的教育方針的新教学大綱,还没有最后确定;这样的一个体系还有待于深入研究。希望各兄弟学校的同志們提出批評意見,帮助我們提高教学质量。

本书的习题,除了本教研室历年习题課、課外練習、課外作业及考試測驗題等資料外,也較多地选用了苏联編著的电工基础习题集(如查依采夫-魯里叶著“电工理論基础习题集”,舍別斯-阿龙仲著“理論电工习题集”等)的一些題目,此处不一一列举,謹向有关各书編著者致以敬意。

出版前經北京铁道学院电工基础教研組审閱,提出不少宝贵意見和补充題目,也在这里致以深切的謝意。

最后,我們虽然用了集体力量,編成了这本书,但限于学識水平和实际經驗,离較完善的习题集的要求还有相当距离。在今后教学實踐中,将吸收各方面的批評意見,不断改进。对于本书的錯誤和缺点,希望能够得到各兄弟学校电工教研室和同學們的批評和指正。

哈尔滨工业大学电工教研室

1959年8月

目 录

序言	v
✓第一章 直流电路	1
✓第二章 正弦电流电路	14
✓第三章 网络计算	42
第四章 非正弦周期电流的电路	73
第五章 三相交流电路	84
第六章 非线性电阻电路	108
第七章 磁路	119
第八章 周期电流的非线性电路	134
✓第九章 电路中的过渡过程	148
第十章 具有分布参数的电路	183
✓第十一章 静电场	200
第十二章 导电媒质中的恒定电场	226
✓第十三章 恒定磁场	230
第十四章 交变电磁场	250

第一章 直流电路

例题 1.1

一个直流电源, 电势 $E=48$ 伏, 内电阻 $r_0=0.6$ 欧, 与一个电阻器相串联, 电阻器的电阻 $r=5.4$ 欧。试计算电阻器中的电流、两端的电压和所得到的功率。

(解) 利用欧姆定律计算电流和电压:

$$I = \frac{E}{r_0 + r} = \frac{48}{0.6 + 5.4} = 8 \text{ 安};$$

$$U = Ir = 8 \times 5.4 = 43.2 \text{ 伏},$$

或

$$U = E - Ir_0 = 48 - 8 \times 0.6 = 43.2 \text{ 伏}.$$

利用焦耳楞次定律计算功率:

$$P = I^2 r = 8^2 \times 5.4 = 345.6 \approx 346 \text{ 瓦},$$

或

$$P = UI = 43.2 \times 8 = 345.6 \approx 346 \text{ 瓦}.$$

1.1 原电池的电动势是 E , 内电阻是 r_0 , 与一可变电阻器串联。

当电阻器的电阻是 14.8 欧时, 电流是 0.1 安; 当电阻是 0.3 欧时, 电流是 3 安。问电动势 E 和内电阻 r_0 各是多少?

1.2 电源的电动势 $E=12$ 伏, 内电阻 $r_0=0.4$ 欧, 与三个电阻器

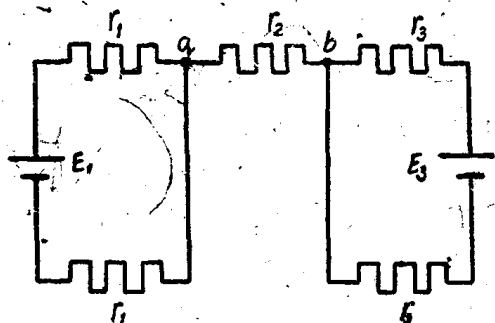


图 1-1

$r_1=2.3$ 欧、 $r_2=1.7$ 欧和 $r_3=1.6$ 欧相串联。設电源的負极的电位是零，問各电阻器端鈕的电位是多少？各电阻器所得的功率是多少？

1.3 求图 1-1 中各电阻内电流及 ab 两点間电压。

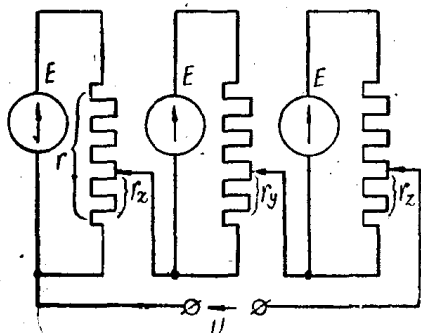


图 1-2

1.4 图 1-2 中所示的电路，是計算装置中用来求和的最简单电路。試証明开路电压 U 与电阻 r_x 、 r_y 及 r_z 之和成正比。

1.5 某蓄電池組有 60 只電池相串联。每只電池的电势是 2.1 伏，内电阻是

0.0012 欧。今由 220 伏配电板以 80 安培电流使之充电。試求：

- (1) 蓄電池組的端电压；
- (2) 所需与電池串联的电阻值；
- (3) 充电效率。

1.6 試写出图 1-3 各电路中的电流方程式，并总结其規律。

1.7 图 1-4 中已知： $U=100$ 伏、 $r_1=20$ 欧、 $E_1=120$ 伏和 $E_2=80$ 伏。求 r_2 的数值。

1.8 在图 1-5 电路中，外施电压可調变。当伏特計讀数为 100 伏时，安培計讀数为零；伏特計讀数为 110 伏

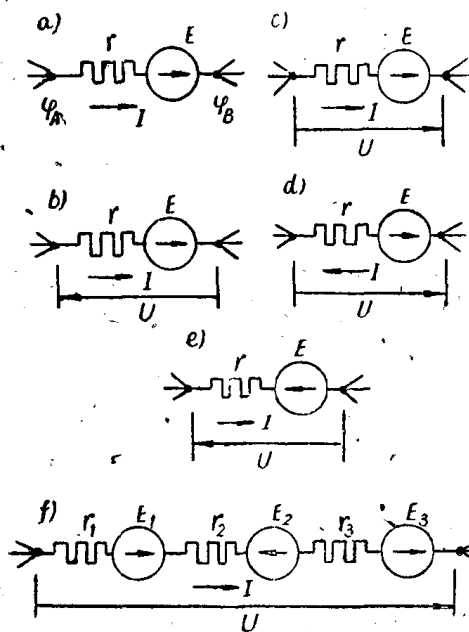


图 1-3

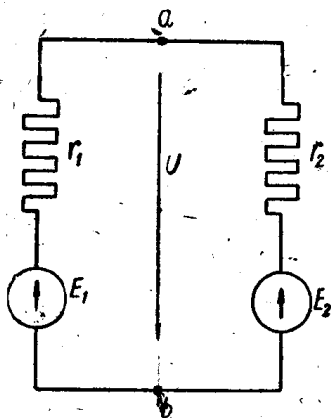


图 1-4

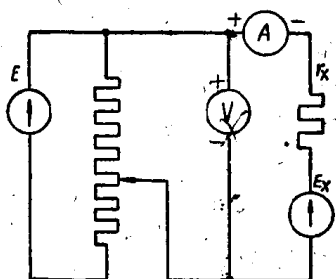


图 1-5

时, 安培计数为 10 安。问 E_x, r_x 各为若干? 又如伏特计读数为零时, 安培计读数应该是多少?

1.9 图 1-6 所示电路中: (1) 当 K 开启时, AB 两点间的电压为多少? CD 两点间电压为多少? (2) 当在 AB 两点间接入一电势 E , E 等于多少时, 才可使电流 I 等于零?

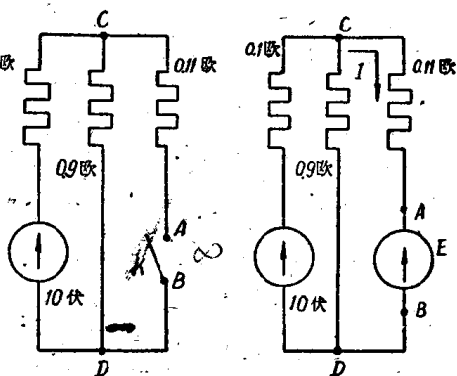


图 1-6

1.10 用直流补偿器来测量电势, 可以得到最准确的结果。图 1-7 示它的原理线路, 其中 E_H 为标准电池的电动势, R_H 为标准电阻, R 是数值准确的可调电阻, R_1 是可变电阻器,

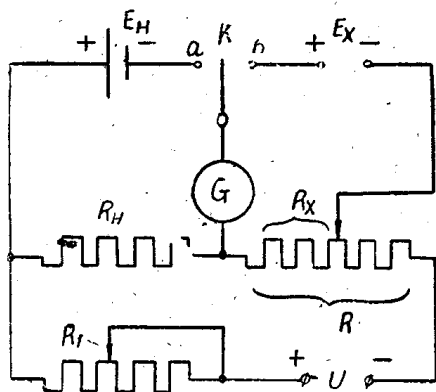


图 1-7

G 是零指示器。当调整好 R_1 和 R_x 后, 如果将开关 K 投向 a 或 b , G 的指针都指零位。设 E_H , R_H , R_x 均已知道, 则 E_x 为多少?

例题 1.2

已知图 1-8 所示电路中 $E=200$ 伏, 消耗的总功率 $P=400$ 瓦, 求 r_x 。

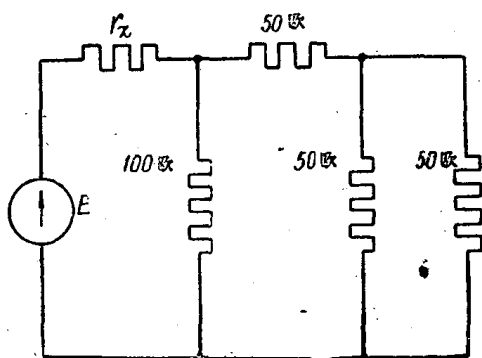


图 1-8

(解) 首先把除了 r_x 以外的四个电阻化简, 求出等值电阻

$r_{\text{等}}$:

$$r_{\text{等}} = \frac{100 \left(50 + \frac{50}{2} \right)}{100 + \left(50 + \frac{50}{2} \right)} = \frac{7500}{175} = 42.8 \text{ 欧},$$

$$P = \frac{E^2}{r_x + r_{\text{等}}}, \left[\because P = I^2(r_x + r_{\text{等}}), I = \frac{E}{r_x + r_{\text{等}}} \right],$$

因此

$$r_x = \frac{E^2}{P} - r_{\text{等}} = \frac{200^2}{400} - 42.8 = 100 - 42.8 = 57.2 \text{ 欧}.$$

例题 1.3

求图 1-9 所示电路 AB 两点间的等值电阻。

(解) 这个电路看来很复杂, 实际上也只是由一些电阻元件

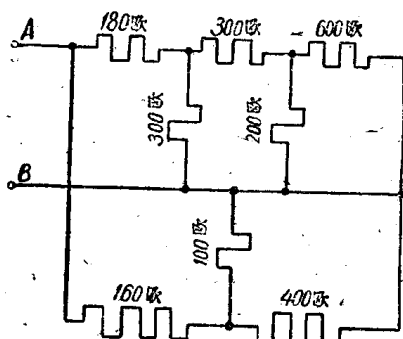


图 1-9

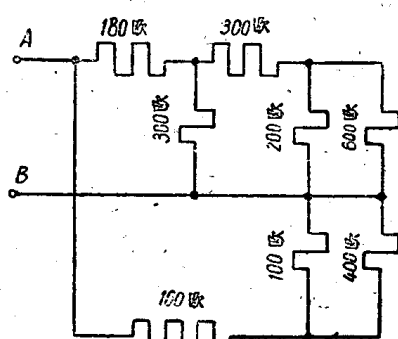


图 1-9a

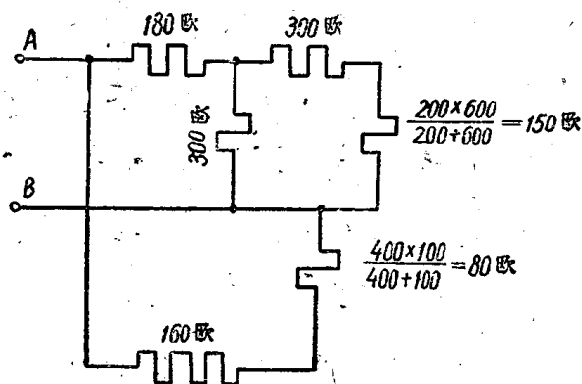


图 1-9b

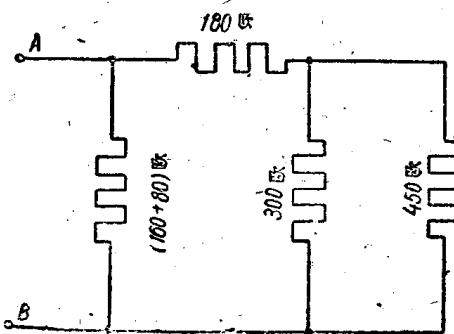


图 1-9c

串联并联而组成。首先要把它整理一下。逐次化成图 1-9a, 1-9b, 1-9c, 得

$$r_{AB} = \frac{240 \left(180 + \frac{300 \times 450}{300 + 450} \right)}{240 + 180 + \frac{300 \times 450}{300 + 450}} = 144 \text{ 欧}。$$

1.11 一百个 100 欧姆的电阻相并联, 总的等值电阻是多少? 如果串联起来, 总的等值电阻又是多少? 如果把这一百个电阻分成十组, 每组十个电阻并联起来, 然后再把这十组串联起来, 总的

等值电阻又是多少? 并且讨论一下采用各种联接方法时, 电流电压额定值有什么变化。

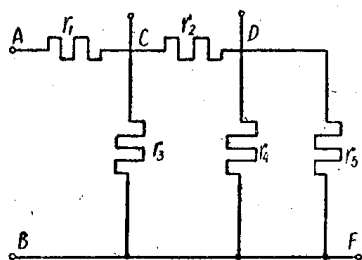


图 1-10

1.12 图 1-10 电路中已知 $r_1 = 6$ 欧、 $r_4 = 30$ 欧、 $r_2 = 5$ 欧、 $r_5 = 6$ 欧和 $r_3 = 15$ 欧。求 AB 间的等值电阻、 CD 间的等值电阻和 DF 间的等值电阻。

1.13 求图 1-11 所示电路中求: (1) K 开启时, AB 间等值电阻; (2) K 闭合时, AB 间等值电阻。

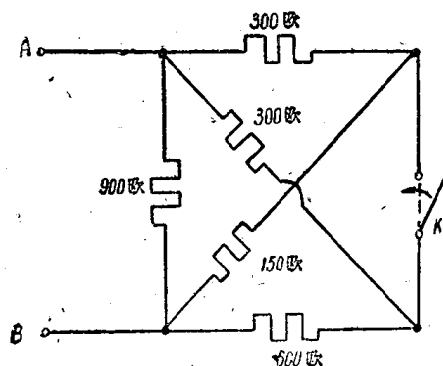


图 1-11

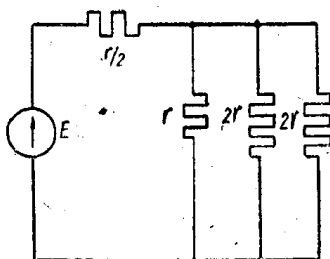


图 1-12

1.14 已知图 1-12 中 $r=10$ 欧和 $E=100$ 伏。求各支路中的电流及功率。

1.15 在图 1-13 所示电路中 $E=300$ 伏。 K 开启时, 安培计读数为 10 安培; K 闭合时, 安培计读数为 15 安。求电阻 R 之值。

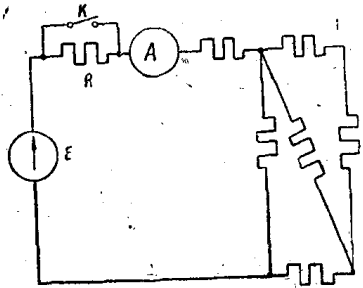


图 1-13

1.16 有四只干电池, 使其同极相接而并联。设每只电池的电动势是 1.3 伏, 内电阻则各为 0.08、0.1、0.09 和 0.09 欧, 对 0.6 欧的外电阻供电。试求每个电池供给的电流和功率。

1.17 磁电式欧姆表的指针的偏转角与测量机构中的电流 I 成正比: $\alpha=KI$, K 是一比例常数(称做仪表的灵敏度)。设测量机构的电阻是 r , 与测量机构串联的附加电阻是 r_c , 在这个电路的两端有一恒定电压 U 。被测的电阻 r_x 是与测量机构相并联的。试求出指针的偏转 α 与电阻的关系式 $\alpha=f(r_x)$ 。

1.18 用每公里有 0.28 欧电阻之架空电车线, 自电车厂延伸 5 公里。每根铁轨的电阻是每公里 0.096 欧。试求包括铁轨为回路之整个电路的总电阻(设回路限于平行的两条铁轨上)。

1.19 为了测出敷设在墙内的二线配电线的导线与地之间及导线之间的绝缘电阻, 可采用下述方法: 测出 (1) 第一导线与地之间的总电阻 r_1 ; (2) 第二导线与地之间的总电阻 r_2 ; (3) 导线间的总电阻 r_{12c} 。试按所得数据 r_1 , r_2 , r_{12} 计算出各绝缘电阻。

1.20 配电板刀型开关两刀片间的电压是 220 伏。设每根配电线对地的绝缘电阻为 40000 欧姆, 两导线之间的绝缘电阻为 600000 欧姆。某人因未小心, 一手触及一刀片, 试问有无危险(若有 0.01 安以上的电流通过人体, 就有可能危害生命, 人体电阻与很

多因素有关, 最小值约为 1000 欧姆)。

1.21 图 1-14 表示测量不接地系统中线路对地等值绝缘电阻 R 的方法, (R 由下式定义: $\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$, 其中 r_1 、 r_2 和 r_3 为各线对地的绝缘电阻) 导线间的电压一定, 但各导线上的电位 (以大地电位为参考) φ_1 、 φ_2 及 φ_3 则随触点 a 的位置改变而改变。

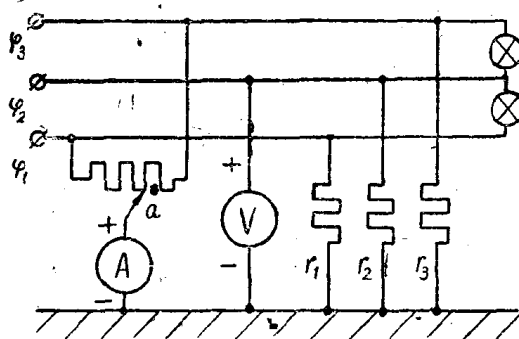


图 1-14

当滑动触点 a , 可使安培计指数为零, 此时伏特计读数为 φ'_2 。重新移动触点 a , 使得伏特计读数为零, 此时安培计指数为 I'' 。并已知伏特计电阻 r_B , 试求 R 。如果 $\varphi'_2 = 31$ 伏、 $I'' = 0.16$ 安

和 $r_B = 10^4$ 欧, 则 R 等于多少?

例题 1.4

日常生活中有这种体验: 附近若有人擅自使用电炉, 电灯就要显著地暗下去; 因为电炉吸取电流很大, 在电路上引起很大的电压降, 使电灯两端的电压降低。设线路起端的电压为 110 伏, 线路电阻是 0.3 欧, 末端接有 100 瓦 110 伏的电灯 20 盏。如在线路末端

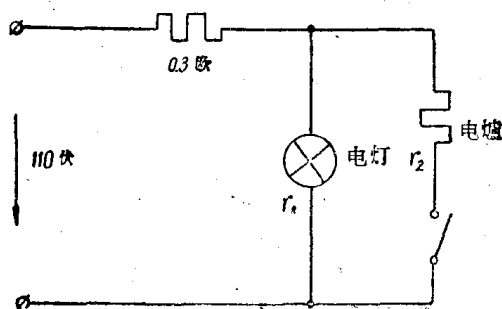


图 1-15

端再接入 110 伏, 2 千瓦的电炉一个, 问电灯上的电压要降低百分之几?

(解) 其等值电路图如图 1-15 所示。电灯的等值电阻:

每盏

$$r' = \frac{U_H^2}{P_H} = \frac{110^2}{100} = 121 \text{ 欧};$$

20 盏并联总电阻 r_1

$$r_1 = \frac{r'}{20} = \frac{121}{20} = 6.05 \text{ 欧}。$$

电炉的等值电阻

$$r_2 = \frac{U_H^2}{P_H} = \frac{110^2}{2000} = 6.05 \text{ 欧},$$

未接电炉前:

$$I = \frac{110}{0.3 + 6.05} = \frac{110}{6.35} = 17.3 \text{ 安},$$

故电灯电压:

$$U = Ir_1 = 17.3 \times 6.05 = 104.8 \text{ 伏},$$

$$(\text{或 } U = 110 - 17.3 \times 0.3 = 110 - 5.2 = 104.8 \text{ 伏})$$

接上电炉后:

$$I' = \frac{110}{0.3 + \frac{6.05}{2}} = \frac{110}{3.325} = 33.1 \text{ 安},$$

故电灯电压:

$$U' = I' \cdot \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} = 33.1 \times \frac{6.05}{2} = 100 \text{ 伏},$$

$$(\text{或 } U' = 110 - 33.1 \times 0.3 = 100 \text{ 伏})$$

故电灯上电压降低

$$\frac{104.8 - 100}{104.8} = 4.6\%。$$

1.22 在离总綫(总綫电压保持 110 伏) 100 米处装有額定电压 110 伏、功率 100 瓦的电灯 60 盏。若电灯两端电压不应小于 105 伏, 求从总綫到电灯的导綫的电阻应小于多少欧姆/米? 此时綫路

損耗是多少?

1.23 輸電綫的电阻为 2.5 欧姆, 供电給一个負載, 其功率为 5 千瓦, 电压为 500 伏特。問輸電綫起端的电压应保持多少伏特? 全綫的电压損失, 功率損失各为多少? 輸電系統的效率是多少? 并求保持起端电压不变輸出最大功率的条件。

1.24 上題如使末端电压升高一倍, 供給同样大小的功率, 輸電系統的效率及电压損失将如何改变?

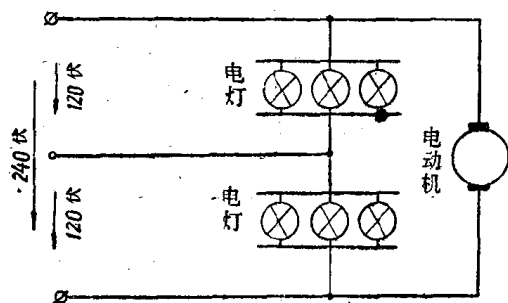


图 1-16

1.25 有一个 240-120 伏直流三綫配電綫, 长 2 公里, 每公里導綫电阻等于 0.28 欧。在其終端接有負載: 一个电动机取用 10 安培电流; 两组电灯負載各接于外綫与中綫間, 分别取用电流 15 安培及 20 安培(見图 1-16)。求各

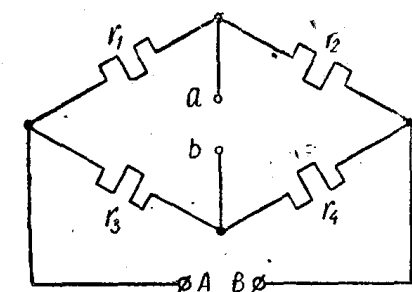


图 1-17

負載的端电压;

1.26 图 1-17 中是一桥形迴路。設 A 与 B 間的外加电压是 U 。試求当 ab 間断开时, ab 間的电压与外加电压的比值; 并問 r_1 、 r_2 、 r_3 和 r_4 之間应滿足什么关系, 这个比值才能等于零。

1.27 某電綫(图 1-18)的某一導綫的某处因絕緣損坏而通地。今將此对導綫 AB 在远端用电阻极小的導綫联成迴路; 用滑綫式电桥寻檢障碍处(通地处)。当 $l = 34.6$ 厘米时电桥得到平衡(电流計 G 的指示为零)。電綫全长 3600 米, 問自通地处到近端的距离是多少?

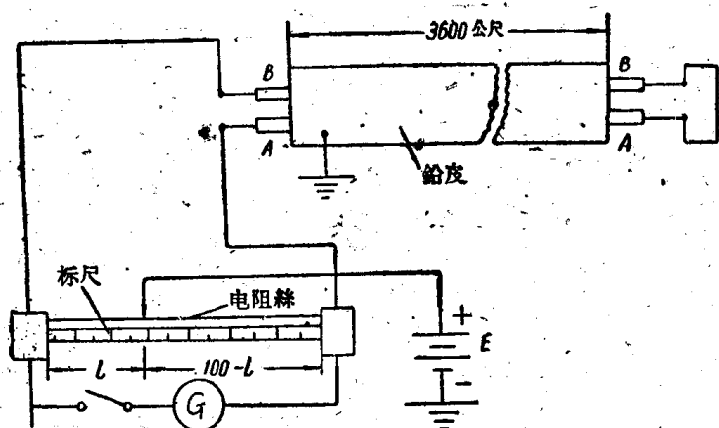


图 1-18

例题 1.5

图 1-19 为一直流网络, 其中

$E_1 = 15$ 伏、 $r_1 = 6$ 欧、 $r_4 = 2.5$ 欧、

$E_2 = 70$ 伏、 $r_2 = 5$ 欧、 $r_5 = 15$ 欧、

$E_3 = 5$ 伏和 $r_3 = 10$ 欧。试求出各支路电流。

(解) 我们用克希荷夫定律来求解时, 首先要考察网络的结构。现在电路中结点有三个 (A, B 和 C), 故可由克希荷夫第一定律立二个方程; 电路中独立回路有三个 (独立回路数等于网孔数), 故可由克希

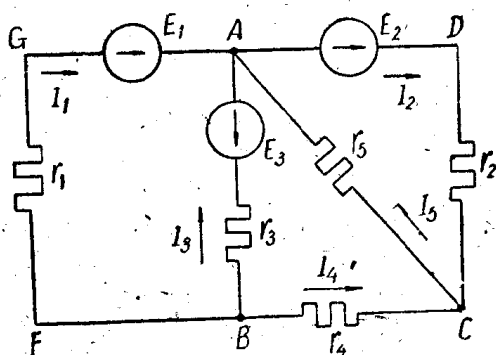


图 1-19

荷夫第二定律列三个方程, 所以总共可列出五个独立方程式, 便可解出五个支路电流。