

中等专业学校教材

电工基础与电机学 习题解

许经鸾 秦守信 编



煤炭工业出版社

中等专业学校教学用书

电工基础与电机学 习题解

许经鸾 秦守信 编

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书是与中等专业学校机电专业用教材《电工基础》和《电机学》配套的教学用书,它包括教材中全部习题的解答及各章的提要。书中对解题过程作了简明的叙述;对较复杂的题,列举了几种解法供师生参考。

本书也可供有关职工中专、函授中专、中级机电干部培训班使用,还可供现场工程技术人员参考。

中等专业学校教材 电工基础与电机学 习 题 解

许经尧 秦守信 编

责任编辑:胡玉雁

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外大街甲21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092mm¹/₁₆ 印张13¹/₄

字数321千字 印数1—6,765

1992年4月第1版 1992年4月第1次印刷

ISBN 7-5020-0614-1/TD·564

书号 3388

定价 5.30元

目 录

电工基础部分

第一章	电路的基本概念和基本定律	2
第二章	直流电路的分析	19
第三章	电磁	60
第四章	正弦交流电路	78
第五章	三相电路	117
第六章	电路中的过渡过程	140
第七章	电工测量	157

电机学部分

第一章	直流电机	164
第二章	变压器	177
第三章	异步电动机	194
第四章	同步电动机	208

电工基础部分

第一章 电路的基本概念和基本定律

提 要

一、电路的基本概念

1. 电路由电源、负载及中间环节三部分组成。
2. 电流和电压是电路的基本变量。求出电路中的电流和电压，其它物理量，如电功率、电能等将迎刃而解。
3. 电流和电压的参考方向用箭头或双下标表示，电压的参考方向还可用“+”、“-”极性表示。根据参考方向，结合其值的正、负，便可判定出真实方向：若值为正，则真实方向与参考方向相同；若值为负，则两者相反。习惯上，同一元件的电流和电压降的参考方向取为一致。称为关联参考方向。电流、电压值的正负，是相对于参考方向而言，所以在未标出参考方向的情况下，其值的正负毫无意义。
4. 电位是电路中某一点与参考点之间的电压，它是个相对量，与参考点的选择有关，而两点间的电压则与参考点的选择无关。两者关系为

$$U_{ab} = U_a - U_b$$

5. 稳态直流电路的参数为电阻 $R = \rho \frac{l}{S}$ 。它与温度有关，其值随温度的增加而增大，关系式为

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

电阻率 ρ 和电阻温度系数 α 见表1-1。

表 1-1

材料名称	20℃时的电阻率, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	在0~100℃时的电阻温度系数, $1/^\circ\text{C}$
银	0.0162	0.0038
铜	0.0175	0.0040
铝	0.026	0.0042
锡	0.049	0.0044
铂	0.105	0.00398
钢	0.13~0.25	0.006
康铜	0.4~0.51	0.000005
锰铜	0.42	0.000006
镍铬合金	0.95~1.2	0.00012~0.0005

电阻值与所通过电流无关的称为线性电阻，电阻值随所通过的电流而变化的称为非线性电阻。

6. 任何一个电源都可以用 E 与 R_0 串联的电压源表示，也可以用 I_s 与 R_0 并联的电流源表示。只要 $E = R_0 I_s$ ，则这两种表示方法对外电路就等效。

7. 电功率

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

电 能

$$A = Pt = UI t$$

8. 电路的工作状态有三种：开路、负载、短路。电气设备经常工作在额定状态。

二、电路的基本定律

1. 欧姆定律 描述一段电路上电流与电压的关系。应用在电阻上有

$$I = \frac{U}{R}$$

2. 克希荷夫定律 描述各支路电流之间和各支路电压之间的关系。

第一定律 $\sum I = 0$ 其中流入节点的电流为正，流出为负。第二定律 $\sum U = 0$ 其中与回路绕行方向一致的电压降为正，相反的为负。

这两个定律不仅适用于稳态直流电路，而且对任何变动电流、电压都是适用的，且与支路上接的是什么元件无关。

习 题

1-1 每秒10C的正电荷在导体中由a→b移动。

(1) 若参考方向由a→b，求*i*；(2) 若参考方向由b→a，求*i*；

(3) 若移动的是负电荷又如何？

解

(1) 若参考方向由a→b，则*i* = 10A；(2) 若参考方向由b→a，则*i* = -10A；(3) 若移动的是负电荷，参考方向由a→b，则*i* = -10A，参考方向由b→a，则*i* = 10A。1-2 已知 $I_{ab} = -5A$ ，试问电流的实际方向如何？解 $I_{ab} = -5A$ ，则说明电流的实际方向由b至a。1-3 已知 $U_{ab} = -10V$ ，试问a、b两点哪点的电位高？解 $U_{ab} = -10V$ ，则说明b点电位比a点高。1-4 长100m，截面为0.1mm²的铜导线，试求该导线在50℃时的电阻值。解 据表1-1查得铜的 $\rho = 0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 、 $\alpha = 0.0041/^\circ\text{C}$ 。所以该导体在20℃时的电阻

$$\begin{aligned} R_1 &= \rho \frac{l}{S} = 0.0175 \times \frac{100}{0.1} \\ &= 17.5 \Omega \end{aligned}$$

在50℃时的电阻

$$\begin{aligned} R_2 &= R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \\ &= 17.5[1 + 0.004(50 - 20)] \\ &= 19.6 \Omega \end{aligned}$$

1-5 现有一个220V、100W的灯泡，由 $R = \frac{U^2}{P}$ 可算出额定工作下的电阻为484Ω，但用万用表测得电阻只有几十欧姆，这是为什么？

解 由 $R = \frac{U^2}{P}$ 算出220V、100W的灯泡电阻为484Ω，这是指在额定状态下工作的电阻值。而白炽灯中的钨丝，由于工作温度高达1800℃，所以它的工作电阻比常温下由万用表测得的电阻值增大许多倍。

1-6 某楼需装设照明线路，变电所距楼200m。若用 $S = 4\text{mm}^2$ 的铜导线，问此时导线电阻是多少？若线路最大允许电流为10A，问这段导线上的电压降是多少？

解 由表1-1查得铜的电阻率 $\rho = 0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ，则可求得导线电阻

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0.0175 \times \frac{2 \times 200}{4} = 1.75\Omega$$

若线路最大允许电流为10A，则导线上的电压降为

$$\Delta U = RI = 1.75 \times 10 = 17.5\text{V}$$

1-7 在图1-1a中，如 U 、 I 两者的正方向选择相反时，欧姆定律应如何表示。

解 若 U 、 I 的正方向选择相反，如图1-1b所示，则欧姆定律应表示为

$$I = -\frac{U}{R}$$

1-8 求图1-2的 U_{ab} 。

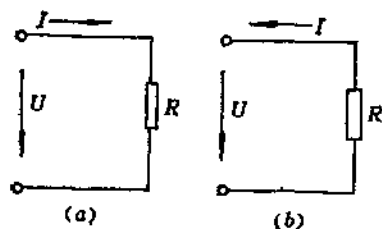


图 1-1

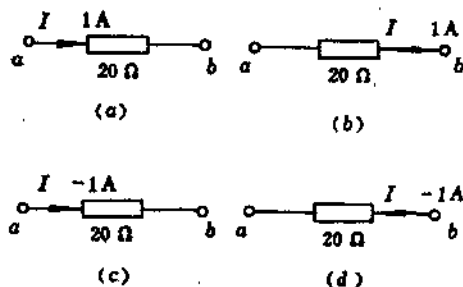


图 1-2

解 图a中

$$U_{ab} = 20I = 20 \times 1 = 20\text{V}$$

图b中

$$U_{ab} = -20I = -20 \times 1 = -20\text{V}$$

图c中

$$U_{ab} = 20I = 20 \times (-1) = -20\text{V}$$

图d中

$$U_{ab} = -20I = -20 \times (-1) = 20\text{V}$$

1-9 一个电流表的内阻是0.44Ω、量程为1A。如果有人将该表误为电压表跨接于220V的电源上，电流表中将流过多大电流？产生什么后果。

解 误接后电流表中产生的电流

$$I = \frac{U}{R_0} = \frac{220}{0.44} = 500\text{A}$$

大大超过量限，将使电流表烧坏。

1-10 今有一蓄电池，测其开路电压为6 V，以电阻 $R_1 = 2.9 \Omega$ 接在它的两端，测出电流为2 A。求该电池的电动势 E 和内阻 R_0 各为多少？若负载电阻改为 $R_2 = 5.9 \Omega$ ，其它条件不变，则电流是多少？

解 绘出电路，如图1-3所示。由 $U = E - R_0 I$ ，可知开路时电压 $U_0 = E$ ，所以

$$E = U_0 = 10 \text{ V}$$

将 R_1 接入电源两端，即 $R = R_1$ 时，由 $E = (R_0 + R)I$ ，可得

$$R_0 = \frac{E}{I} - R_1 = \frac{6}{2} - 2.9 = 0.1 \Omega$$

如 $R = R_2$ 时，则电流

$$I = \frac{E}{R_0 + R_2} = \frac{6}{0.1 + 5.9} = 1 \text{ A}$$

1-11 在图1-4中，若 $U = 20 \text{ V}$ ， $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ，在 (1) $R_2 = 30 \text{ k}\Omega$ ，(2) $R_2 = \infty$ (R_2 处开路)，(3) $R_2 = 0$ (R_2 处短路) 三种情况下，分别求电流 I 、电压 U_1 和 U_2 。

通过上述计算，回答下述说法是否正确：电路中没有电流的地方就一定没有电压，没有电压的地方就一定没有电流。

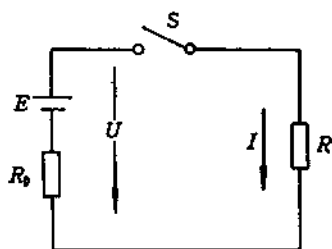


图 1-3

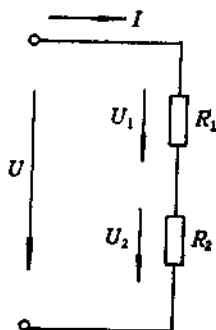


图 1-4

解

(1) $R_2 = 30 \text{ k}\Omega$ 时

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{20}{10 + 30} = 0.5 \text{ mA}$$

$$U_1 = R_1 I = 10 \times 0.5 = 5 \text{ V}$$

$$U_2 = R_2 I = 30 \times 0.5 = 15 \text{ V}$$

(2) $R_2 = \infty$ 时

$$I = 0$$

$$U_1 = 0$$

$$U_2 = U = 20 \text{ V}$$

(3) $R_2 = 0$ 时

$$I = \frac{U}{R_1} = \frac{20}{10} = 2 \text{ mA}$$

$$U_2 = 0$$

$$U_1 = U = 20 \text{ V}$$

可见, 当 $R_2 = \infty$, 其中电流为零, 但两端电压为 20 V; 当 $R_2 = 0$, $U_2 = 0$, 但其中却有 2mA 电流通过。所以, 电路中没有电流的地方就一定没有电压; 没有电压的地方就一定没有电流的说法是不准确的。

1-12 将图1-5中的电压源等效为电流源, 电流源等效为电压源。

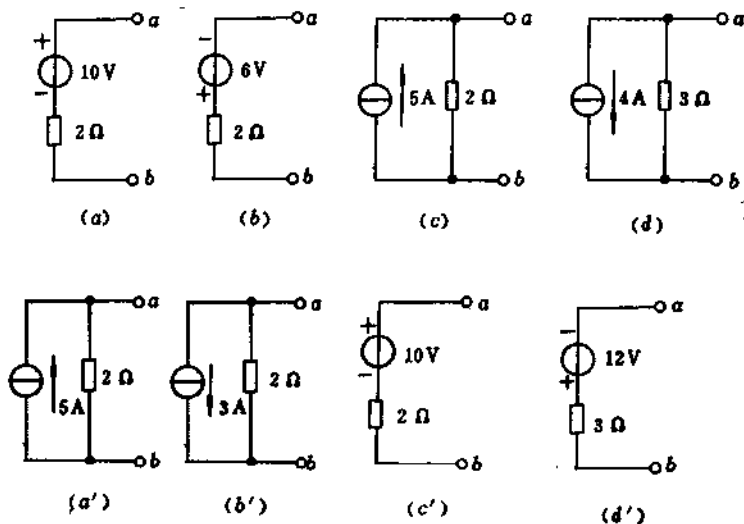


图 1-5

解 将图1-5a的电压源等效变换为图a'所示的电流源, 其中

$$I_s = \frac{10}{2} = 5 \text{ A}$$

$$R_0 = 2 \text{ } \Omega$$

将图b的电压源等效变换为图b'所示的电流源, 其中

$$I_s = \frac{6}{2} = 3 \text{ A}$$

$$R_0 = 2 \text{ } \Omega$$

将图c的电流源等效变换为图c'所示的电压源, 其中

$$E = 2 \times 5 = 10 \text{ V}$$

$$R_0 = 2 \text{ } \Omega$$

将图d的电流源等效变换为图d'所示的电压源, 其中

$$E = 3 \times 4 = 12 \text{ V}$$

$$R_0 = 3 \text{ } \Omega$$

1-13 在图1-6所示的两个电路中:

- (1) 试分析 R_1 是不是电源的内阻, R_1 的大小和有无, 对 I_2 和 U_2 有无影响;
- (2) 计算 I_2 及 U_2 ;
- (3) 计算 I 和 U , 并分析改变 R_1 的阻值, 对 I 和 U 有无影响。

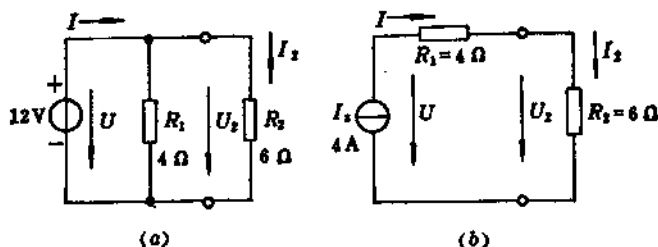


图 1-6

解

(1) 电压源的内阻应该和理想电压源串联, 所以图 1-6a 中的 R_1 不是电源的内阻。12V 电源为理想电压源, R_1 与其并联, 故 R_1 的大小和有无, 对 I_2 无影响。

电流源的内阻应该和理想电流源并联, 所以图 1-6b 中的 R_1 不是电流源的内阻。4A 电源为理想电流源, R_1 与其串联, 故 R_1 的大小和有无, 对 I_2 无影响, 因此对 U_2 也无影响。

(2) 在图 a 中

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{12}{6} = 2 \text{ A}$$

$$U_2 = R_2 I_2 = 6 \times 2 = 12 \text{ V}$$

在图 b 中

$$I_2 = I_s = 4 \text{ A}$$

$$U_2 = R_2 I_s = 6 \times 4 = 24 \text{ V}$$

(3) 在图 a 中

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = \frac{12}{4} + \frac{12}{6} = 5 \text{ A}$$

$$U = 12 \text{ V}$$

改变 R_1 的阻值对 I 有影响, 而对 U 无影响。

在图 b 中

$$I = I_s = 4 \text{ A}$$

$$U = (R_1 + R_2) I = (4 + 6) \times 4 = 40 \text{ V}$$

改变 R_1 的阻值对 I 无影响, 而对 U 则有影响。

1-14 将图 1-7 中的 a 等效为电流源, b 等效为电压源。

解 将 1-7a 的电压源等效变换为图 a' 所示的电流源, 其中

$$I_s = \frac{E}{R_0} = \frac{9}{1} = 9 \text{ A}$$

$$R_0 = 1 \Omega$$

由于 4Ω 电阻与 9V 的理想电压源并联, 所以它对外电路不起作用。

将 1-7b 的电流源等效变换为图 b' 所示的电压源, 其中

$$E = R_0 I_s = 5 \times 2 = 10 \text{ V}$$

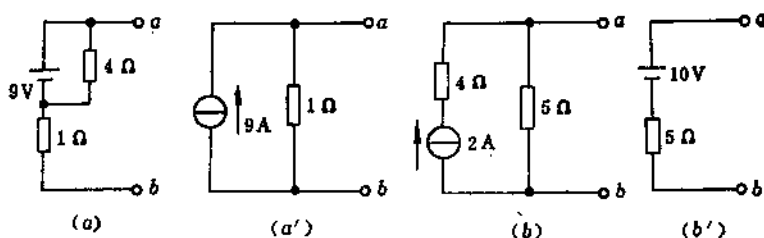


图 1-7

$$R_0 = 5 \Omega$$

由于 4Ω 电阻与 2 A 的理想电流源串联，所以它对外电路不起作用。

1-15 额定值为 2 W 、 200Ω 的金属膜电阻，在使用时电流和电压不得超过多大数值？

解 根据 $P = RI^2 = \frac{U^2}{R}$ 可得该电阻的额定电流和额定电压分别为

$$I_e = \sqrt{\frac{P_e}{R}} = \sqrt{\frac{2}{200}} = 0.1 \text{ A}$$

$$U_e = \sqrt{RP_e} = \sqrt{200 \times 2} = 20 \text{ V}$$

该电阻在使用时电流不得超过 0.1 A ，两端电压不得超过 20 V 。

1-16 60 W 和 100 W 电灯在额定电压 220 V 下工作时，哪个电阻大？

解 据 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知，在电压 U 相同时，电阻 R 与功率 P 成正比，所以 60 W 的电灯比 100 W 的电灯的电阻大。

1-17 一只 110 V 、 8 W 的指示灯，若将其接在 380 V 的电源上，问要串多大电阻？该电阻应该选用多大瓦数？

解 依题意可画出电路如图 1-8 所示。则

$$I = \frac{P_H}{U_H} = \frac{8}{110} = 0.0727 \text{ A}$$

电阻 R 上的电压降应该为

$$U_R = 380 - 110 = 270 \text{ V}$$

故

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{270}{0.0727} = 3712.5 \Omega \approx 3.7 \text{ k}\Omega$$

电阻 R 上消耗的功率为

$$P = RI^2 = 3.7 \times 10^3 \times 0.0727^2 = 19.6 \text{ W}$$

可见需要串入 $3.7 \text{ k}\Omega$ 20 W 的电阻。

1-18 有一个电阻为 20Ω 的电炉，接在 220 V 的电源上。连续使用 4 h 后，问它消耗多少电能？

解 电炉所消耗的电能

$$A = \frac{U^2}{R} t = \frac{220^2}{20} \times 10^{-3} \times 4 \approx 9.68 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

1-19 在图1-9中, 求电流源的端电压 U 及电流源的输出功率 P 。

解 电流源的端电压

$$U = 20 + 200I = 20 + 200 \times 50 \times 10^{-3} \\ = 30 \text{ V}$$

输出功率

$$P = UI = 30 \times 50 \times 10^{-3} \\ = 1.5 \text{ W}$$

1-20 在图1-10中, 有几个节点, 几个支路? 几个回路? 试应用克希荷夫定律列出各节点电流方程和各回路电压方程, 并分析哪些方程是不独立的。

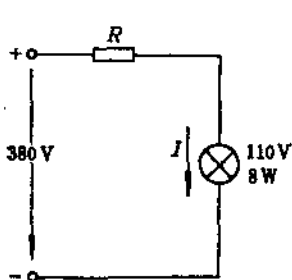


图 1-8

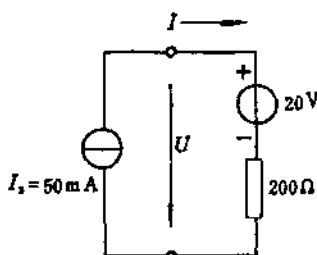


图 1-9

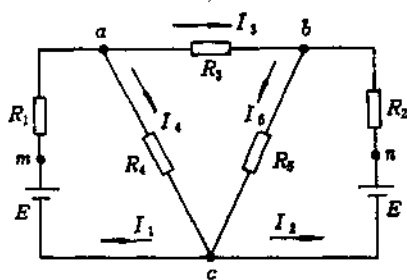


图 1-10

解 在图1-10中, 有 3 个节点、5 个支路、6 个回路。

根据克希荷夫定律列出方程如下:

$$\text{节点 } a \quad I_1 - I_3 - I_4 = 0 \quad (1)$$

$$\text{节点 } b \quad I_3 - I_5 + I_2 = 0 \quad (2)$$

$$\text{节点 } c \quad I_4 + I_5 - I_1 - I_2 = 0 \quad (3)$$

方程 (3) 可由方程 (1) 和 (2) 求得, 所以不独立。

$$\text{回路 } acma \quad R_1 I_1 + R_4 I_4 = E \quad (4)$$

$$\text{回路 } abca \quad R_3 I_3 + R_5 I_5 - R_4 I_4 = 0 \quad (5)$$

$$\text{回路 } bncb \quad -R_2 I_2 - R_5 I_5 = -E \quad (6)$$

对于回路 $anema$ 、 $abcma$ 、 $anca$ 还可以列出三个方程, 但各方程中均不含有新支路, 所以是不独立的。

1-21 求图1-11各电路中的未知电流。

解 图 a 中

$$I = 5 + 4 - 2 = 7 \text{ A}$$

图 b 中

$$I_3 = I + I_2 = -2 + 8 = 6 \text{ A}$$

图 c 中

$$I = 2 + 6 + 5 - 3 = 10 \text{ A}$$

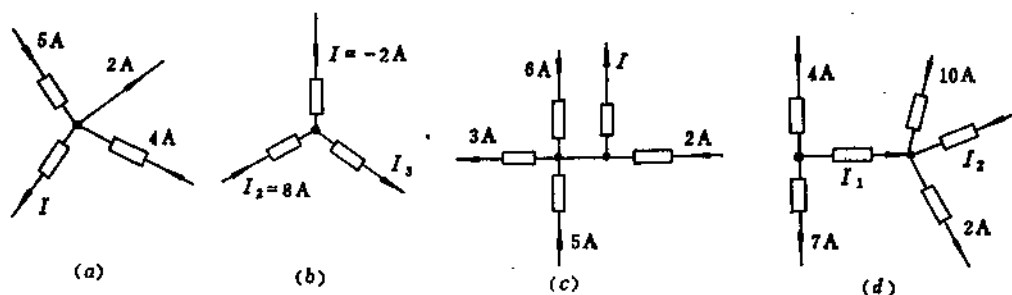


图 1-11

图 d 中

$$I_1 = 4 - 7 = -3 \text{ A}$$

$$I_2 = 2 - 10 - I_1 = 2 - 10 - (-3) = -5 \text{ A}$$

1-22 求图1-12中各电流及两电源和电阻中的功率。

解 各支路电流

$$I_1 = 10 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{6}{2} = 3 \text{ A}$$

$$I_2 = I_1 - I_3 = 10 - 3 = 7 \text{ A}$$

电流源中的功率

$$P = 10 \times 6 = 60 \text{ W}$$

电压源中的功率

$$P = -6I_2 = -6 \times 7 = -42 \text{ W}$$

电阻中的功率

$$P = 6I_3 = 6 \times 3 = 18 \text{ W}$$

1-23 在图1-13中, 已知 $I_a = 3\text{mA}$, $I_c = 2.9\text{mA}$ 。求 $I_b = ?$

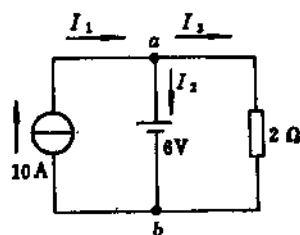


图 1-12

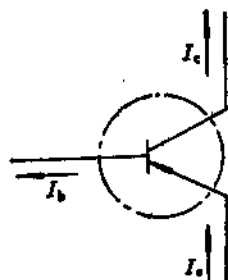


图 1-13

解 由克希荷夫电流定律可知

$$I_a = I_b + I_c$$

所以

$$I_b = I_a - I_c = 3 - 2.9 = 0.1 \text{ mA}$$

1-24 在图1-14中, $I = 20\text{mA}$, $I_2 = 12\text{mA}$, $R_1 = 1\text{k}\Omega$, $R_2 = 2\text{k}\Omega$, $R_3 = 10\text{k}\Omega$ 。求电流 I_1 和 I_3 。

解 由克希荷夫电流定律可得

$$I_1 = I - I_2 = 20 - 12 = 8\text{ mA}$$

由克希荷夫电压定律可得

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 - R_2 I_2 = 0$$

所以

$$I_3 = \frac{R_2 I_2 - R_1 I_1}{R_3} = \frac{2 \times 12 - 1 \times 8}{10} = 1.6\text{ mA}$$

最后, 由克希荷夫电流定律可得

$$I_4 = I_1 - I_3 = 8 - 1.6 = 6.4\text{ mA}$$

$$I_5 = -I_2 - I_3 = -12 - 1.6 = -13.6\text{ mA}$$

1-25 在图1-15中, 求电压 U_{ab} 及 E 。

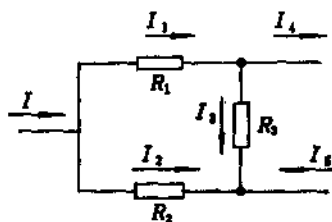


图 1-14

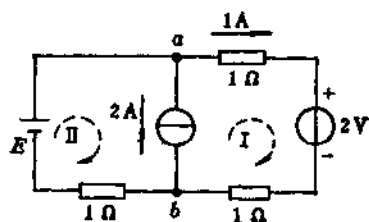


图 1-15

解 回路绕行方向选定如图, 由克希荷夫电压定律可列方程如下,

回路 I $(1+1) \times 1 + 2 - U_{ab} = 0$

回路 II $U_{ab} + 1 \times (2+1) - E = 0$

则可求出

$$U_{ab} = (1+1) \times 1 + 2 = 4\text{ V}$$

$$E = U_{ab} + 1 \times (2+1) = 4 + 1 \times 3 = 7\text{ V}$$

1-26 在图1-16中, 求 U 、 I 、 R_2 、 R_1 及 E 。

解

$$U = 5 - 3 = 2\text{ V}$$

$$I = \frac{3}{2} = 1.5\text{ A}$$

$$R_2 = \frac{U}{I} = \frac{2}{1.5} = 1.33\text{ }\Omega$$

$$R_1 = \frac{5}{2-I} = \frac{5}{2-1.5} = 10\text{ }\Omega$$

$$E = 3 \times 2 + 5 = 11\text{ V}$$

1-27 在图1-17中, I_1 、 I_2 有数值吗? 为什么? a 、 b 两点之间的电压为多少伏?

解 在图1-17中, $I_1 = I_2 = 0$ 。由 I_1 处做一假想封闭面(如图虚线所示), 因流入封闭面

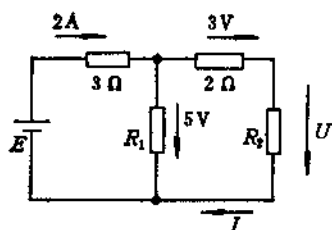


图 1-16

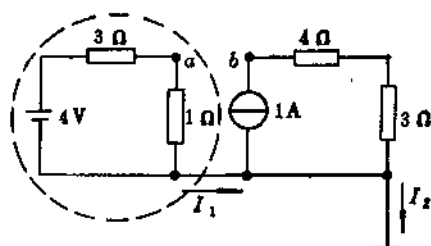


图 1-17

的电流为零, 流出封闭面的电流只有 I_1 , 所以由克希荷夫电流定律可知 I_1 必然为零。用同样方法可以判定出 I_2 也必然为零。

1-28 试写出图1-18中求解电流的方程式, 并总结其规律。

解 根据克希荷夫电压定律列出方程, 整理后即可得求解电流的方程。

图 a 中

$$RI - E - U = 0, \text{ 则 } I = \frac{E + U}{R}$$

图 b 中

$$RI - E + U = 0, \text{ 则 } I = \frac{E - U}{R}$$

图 c 中

$$RI + E + U = 0, \text{ 则 } I = \frac{-E - U}{R}$$

图 d 中

$$RI + E - U = 0, \text{ 则 } I = \frac{-E + U}{R}$$

由上述分析可知: 在求解电流的方程中, 当电动势 (或电压) 同电流正方向相同时取正号, 反之取负号。

1-29 什么是电位? 怎样选参考点? 当参考点改变时, 电路中各点电位和任意两点间的电压有没有变化?

解 电路中某一点到参考点的电压称为这一点的电位。在分析和计算电路时, 可将任意一点选作参考点, 并将其电位规定为零。工程上常选大地为参考点, 电子线路中常将公共线选为参考点。由于电位是个相对量, 当参考点改变时, 电路中各点的电位则随之改变, 但任意两点间的电压却没有变化。

1-30 在图1-19中, 当开关S闭合前和闭合后, (1) 以 c 点为参考点时 $U_b = ?$ (2) 以 a 点为参考点时 $U_b = ?$ (图中 $R_1 = R_2$)

解 (1) 以 c 点为参考点时

$$U_c = 0$$

所以

$$U_b = U_b - U_c = U_b$$

又 $R_1 = R_2$, 故

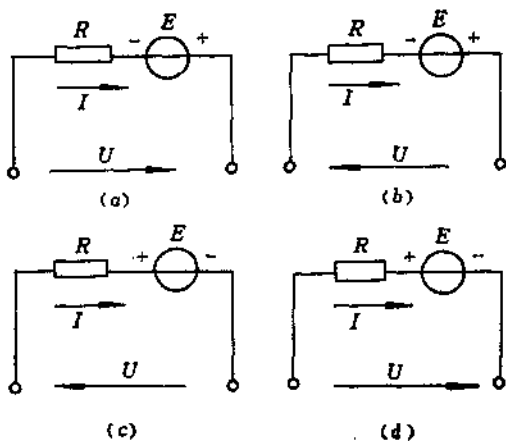


图 1-18

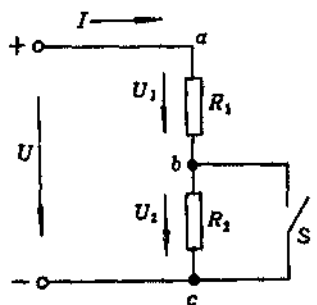


图 1-19

S 闭合前

$$U_b = \frac{U}{2}$$

S 闭合后

$$U_2 = 0, \text{ 则 } U_b = 0$$

(2) 以 a 点为参考点时

$$U_a = 0$$

所以
故

$$U_1 = U_a - U_b = -U_b$$

S 闭合前

$$U_b = -U_1 = -\frac{U}{2}$$

S 闭合后

$$U_1 = U, \text{ 则 } U_b = -U$$

1-31 在图1-20中, 当开关断开时a、b两点的电位各为多少? 从安全角度考虑, 图中两支路开关的安装方式哪一种合理的?

解 在图1-20中, 当开关断开时

$$U_a = 220 \text{ V}$$

$$U_b = 0 \text{ V}$$

可知, 当开关断开时, b点处灯对地的电压为零, 刀闸不带电, 而a点处灯对地的电压为220 V, 所以从安全用电角度考虑, b点处开关的安装方式合理。

1-32 在图1-21中, 分别以a和b为参考点时计算各点的电位。

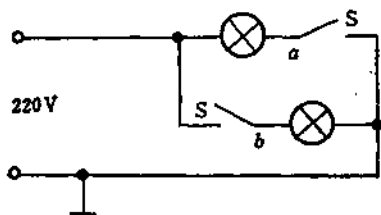


图 1-20

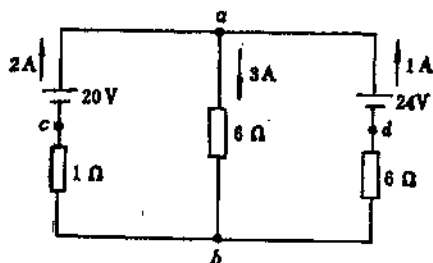


图 1-21