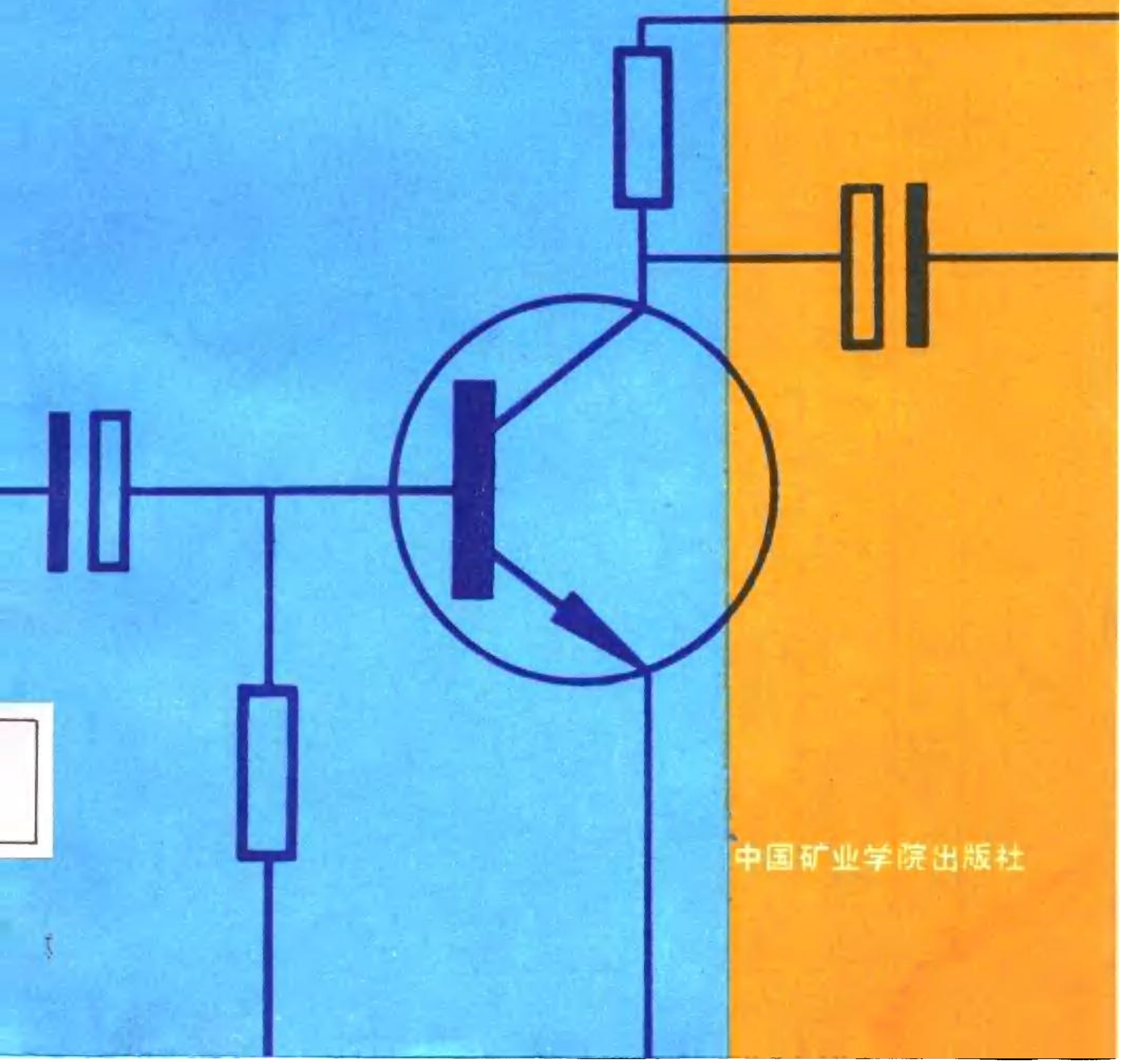
中等专业学校教学用书

普通电工学习题解

秦守信
许经鸾 编



中国矿业学院出版社

内 容 提 要

1985年煤炭工业部教育司教材编辑室出版的《普通电工学》是煤炭中等专业学校机电专业的教材。这本习题解答是与该教材配套的教学用书，它包括《普通电工学》中全部习题的解答及各章的内容提要，并适当地补充了一些习题。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。

本书也可供有关函授中专、技工学校和中级机电干部培训班的师生使用，还可供现场有关技术人员和工人参考。

责任编辑 周宪一

中等专业学校教学用书

普通电工学习题解

秦守信 许经鸾 编

中国矿业学院出版社 出版、发行

中国矿业学院印刷厂 印刷

开本787×1092毫米1/16 印张 15.125 字数 357千字

1987年12月第1版 1987年12月第1次印刷

印数1—10000册

ISBN 7-81021-023-8/TM·1

统一书号：15443·030 定价：2.35元

目　　录

第一章 直 流 电 路

提 要

一、电路的基本概念

1．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，如功率、能量等将迎刃而解。

2．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，两者一致；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。

3．电位是电路中某一点与参考点间的电压，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

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

4．稳态直流电路的参数为电阻 $R=\rho\frac{l}{S}$，它与温度有关。电阻值与所通过电流无关的，称线性电阻，否则称非线性电阻。

5．线性电阻元件的

电功率 $$P=UI=RI^2=\frac{U^2}{R}\quad \mathrm{W}$$

电 能 $$\mathrm{W}=Pt=UIt\quad \mathrm{kW\cdot h}$$

6．当负载电阻等于电源内阻时，负载能获得最大功率。

二、电路的基本定律

1．欧姆定律 是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 是描述各支路电流之间和支路电压之间的关系

第一定律 $\Sigma I=0$ 其中流入节点的电流为正，流出为负。

第二定律 $\Sigma U=0$ 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。

三、直流电路的分析与计算

1．简单电路的计算

运用电阻串、并联的关系及欧姆定律求解。

1）电阻串联

把电阻一个跟一个地联接起来，中间没有分岔路，在电压作用下，同一电流通过各电阻，称电阻串联，其等效电阻等于各电阻之和，即

$$R = R_1 + R_2 + \cdots\cdots$$

分压公式

$$U_1 = \frac{R_1}{R}U, \quad U_2 = \frac{R_2}{R}U, \cdots\cdots$$

2）电阻并联

几个电阻的一端都联接在同一点，另一端都联接在另外一点，在电压作用下，它们两端的电压都相同，称电阻并联。其等效电阻的倒数等于各电阻倒数之和，即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots\cdots$$

两电阻并联时，通常记为 $R_1 /\!/ R_2$，由上式可得

$$R = R_1 /\!/ R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

分流公式

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}I, \qquad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}I$$

2 复杂电路的计算

不能用串、并联等效电阻公式化简为一个单回路的电路，称为复杂电路。

1）支路电流法 以支路电流为未知量，根据克希荷夫定律列联立方程，解出未知电流。在列方程时，要注意保证各方程是独立的。

2）回路电流法 以回路电流为未知量，根据克希荷夫电压定律列回路方程，解出回路电流，然后再求出各支路电流。在列方程时，只取网孔回路，可以保证各方程是独立的。

3）节点电压法 先求出节点电压，然后应用欧姆定律计算出各支路电流。节点电压公式为

$$U_{ab} = \frac{\Sigma \dfrac{E}{R}}{\Sigma \dfrac{1}{R}}$$

分母各项为正；分子各项，当 E 与 U_{ab} 方向相反时为正，否则为负。

4）迭加原理 在具有多个电源的线性电路中，任一支路电流等于各电源单独作用时所产生电流的代数和。各电源单独作用时，就是假设其余电源都为零（恒压源短路，恒流源开路）。注意计算功率时，不能用迭加原理。

5）戴维南定理 任一个有源二端网络可以对外等效为一个电压源。等效电源的电动势 E 等于有源二端网络的开路电压 U_{abk}，等效电压源的内阻 R_0 等于网络中所有电源皆为零时，两端的等效电阻。

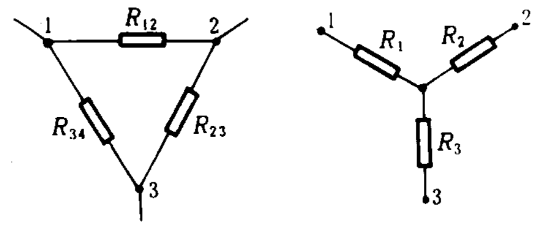
6）电压源与电流源的等效变换 任何一个电源可以用 E 与 R_0 串联的电压源表示，也可以用 I_s 与 R_0 并联的电流源表示。只要 $E = R_0 I_s$，则这两种表示方法对外电路等效。

7）Y-△变换　网络由△形变为Y形和由Y形变为△形，对照图1-1，分别根据下列公式(1)和(2)进行等效变换

$$\left.\begin{aligned}R_1&=\frac{R_{12}R_{31}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}}\\R_2&=\frac{R_{23}R_{12}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}}\\R_3&=\frac{R_{31}R_{23}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}}\end{aligned}\right\}\tag{1}$$

$$\left.\begin{aligned}R_{12}&=R_1+R_2+\frac{R_1R_2}{R_3}\\R_{23}&=R_2+R_3+\frac{R_2R_3}{R_1}\\R_{31}&=R_3+R_1+\frac{R_3R_1}{R_2}\end{aligned}\right\}\tag{2}$$

当Y形或△形三个电阻相等时，可用公式 $R_\Delta=3R_Y$



(a)　图 1-1　(b)

上述方法中支路电流法和回路电流法是最基本的方法，适用于任何电路。但对具有某些特征的电路或只需计算某一支路时，采用其它方法，往往可以使计算简化。其中节点电压法适于具有只有两个节点的电路；戴维南定理适于只分析电路中的某一个支路；电源的等效变换及Y-△变换可以变换局部电路，将复杂电路变换为简单电路或用于辅助计算；迭加原理适于线性电路，是分析线性电路常用的方法。

分析计算电路时，应根据具体电路选择最简捷的解题方法。

习　题

1-1　一只110V，8W的指示灯，要将其接在380V的电源上，问要串多大阻值的电阻？该电阻选用多大瓦数？

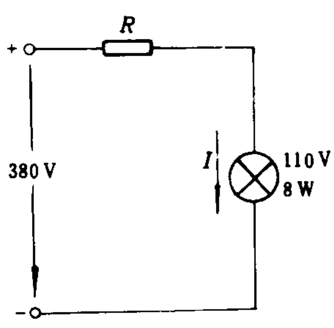


图　1-2

解　依题意可画出电路如图1-2所示。则

$$I=\frac{P_{灯}}{U_{灯}}=\frac{8}{110}=0.0727\text{A}$$

电阻 R 上的电压降为 $U_R=380-110=270\text{V}$。则

$$R=\frac{U_R}{I}=\frac{270}{0.0727}=3712.5\Omega\approx3.7\text{k}\Omega$$

电阻 R 消耗的功率为

$$P=RI^2=3.7\times10^3\times0.0727^2=19.6\text{W}$$

所以应串入3.7kΩ20W的电阻。

1-2　一个电流表的内阻是 0.44Ω，量程为 1A。如果有人误将电流表不经负载直接接到 220V 的电源上，安培表中将流过多大电流？产生什么后果？

解　误接后安培表中产生的电流

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

大大超过量限，将使电流表烧坏。

1-3　计算图 1-3 中各电路的等效电阻 R_{ab}。

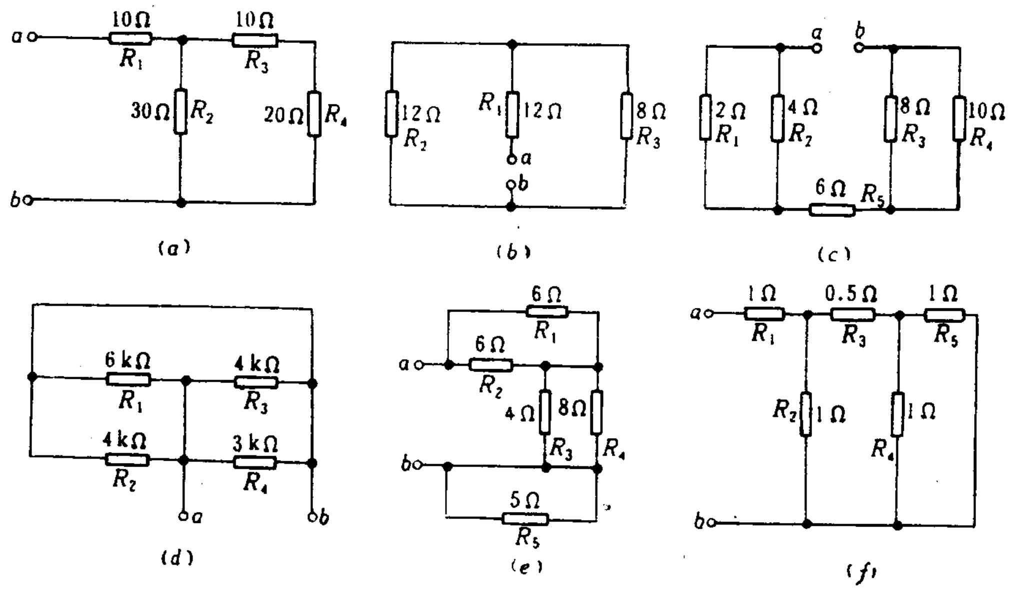


图　1-3

解　从 a、b 两端看进去，观察哪些电阻是串联，哪些是并联，逐步将电路化简，最后求出等效电阻 R_{ab}。

图 (a) 中

$$R_{ab}=R_1+(R_3+R_4)\,/\!/\,R_2=10+\frac{(10+20)\times 30}{10+20+30}=25\ \Omega$$

图 (b) 中

$$R_{ab}=R_1+R_2\,/\!/\,R_3=12+\frac{12\times 8}{12+8}=16.8\ \Omega$$

图 (c) 中

$$R_{ab}=R_1\,/\!/\,R_2+R_5+R_3\,/\!/\,R_4=\frac{2\times 4}{2+4}+6+\frac{8\times 10}{8+10}=11.8\ \Omega$$

图 (d) 中

$$R_{ab}=R_1\,/\!/\,R_2\,/\!/\,R_3\,/\!/\,R_4=6\,/\!/\,4\,/\!/\,4\,/\!/\,3=1\mathrm{k}\ \Omega$$

图 (e) 中

$$R_{ab}=R_1\,/\!/\,R_2+R_3\,/\!/\,R_4=\frac{6}{2}+\frac{4\times 8}{4+8}=5.67\ \Omega$$

图 (f) 中

$$R_{ab}=R_1+R_2\parallel(R_3+R_4\parallel R_5)=1+1\parallel\left(0.5+\frac{1}{2}\right)=1.5\,\Omega$$

1-4 在图1-4中，已知各电阻 $R=1\Omega$，试求下列三种情况下 a、b 间的电阻：(1) K_1 和 K_5 闭合，其它打开；(2) K_2、K_3 和 K_5 闭合，其它打开；(3) K_1、K_3 和 K_4 闭合，其它打开。

解 (1) K_1 和 K_5 闭合，其它打开时，电路可简化为如图1-5(a)所示，则各电阻被短接。即

$$R_{ab}=0\Omega$$

(2) K_2、K_3 和 K_5 闭合，其它打开时，电路可简化为如图1-5(b)所示，可见 R_2、R_3、R_4 并联（三个电阻一端接在 b 点，另一端共同接于 c 点）后与 R_1 串联。即

$$R_{ab}=R_2\parallel R_3\parallel R_4+R_1=\frac{1}{3}+1=1.33\Omega$$

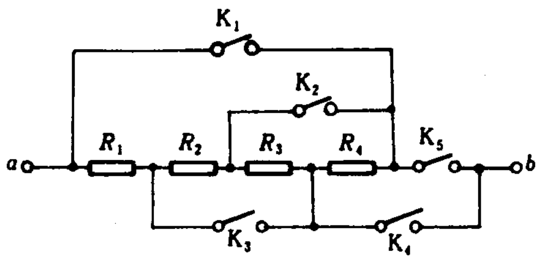
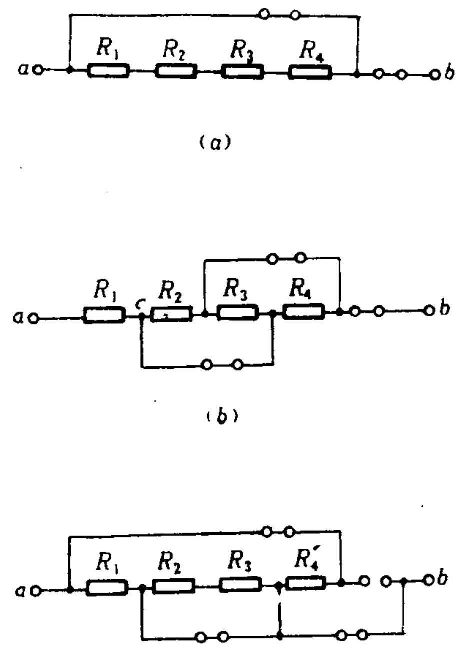


图 1-4



(a)

(b)

(c)

图 1-5

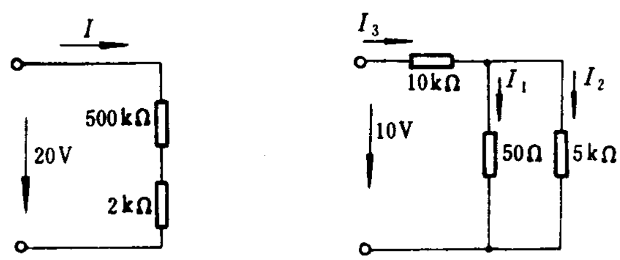
(3) K_1、K_3 和 K_4 闭合，其它打开时，电路可简化为如图1-5(c)所示，可见 R_2 与 R_3 被短接，R_1 与 R_4 并联。即

$$R_{ab}=R_1\parallel R_4=\frac{1}{2}=0.5\Omega$$

1-5 试估算图1-6中的电流 I、I_1、I_2 和 I_3。

解 图(a)中由于 $2\text{k}\Omega\ll500\text{k}\Omega$，可以忽略，所以

$$I\approx\frac{20}{500}=40\times10^{-3}\,\text{mA}=40\mu\text{A}$$



(a) 图 1-6 (b)

图(6)中由于 $5\text{k}\Omega\gg50\Omega$，$5\text{k}\Omega$ 可视为开路，又 $50\Omega\ll10\text{k}\Omega$，可以忽略，所以

$$I_3\approx I_1\approx\frac{10}{10}=1\,\text{mA}$$

$$I_2\approx0\ \text{或}\ I_2\approx10\mu\text{A}$$

1-6 试在图1-7中，先定性判断 U_1 和 U_2 哪个大，然后求出 U_1 和 U_2。若用伏特表测量 U_1，量程应选多大，电压表的内阻对测量有何影响？

解 根据电阻串联电路中，各段电压与电阻成正比，可判定 $U_2>U_1$。

$$U_1=\frac{R_1}{R_1+R_2}U=\frac{200}{200+300}\times 50=20\text{V}$$

$$U_2=\frac{R_2}{R_1+R_2}U=\frac{300}{200+300}\times 50=30\text{V}$$

或 $U_2=U-U_1=50-20=30\text{V}$

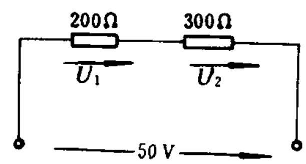


图 1-7

测量 U_1 的伏特表量程应大于 20V，小于 40V 为宜，这样可使被测值在满标值一半以上。

由于测量时，电压表的内阻与被测电阻并联，所以使测量值小于实际值。

1-7 试在图 1-8 中，先定性判断 I_2 和 I_3 哪个大，然后求出 I_2 和 I_3。若用电流表测量 I_2，量程应选多大，电流表的内阻对测量有何影响？

解 根据电阻并联电路，各支路电流与电阻成反比，可以判定 $I_2<I_3$。

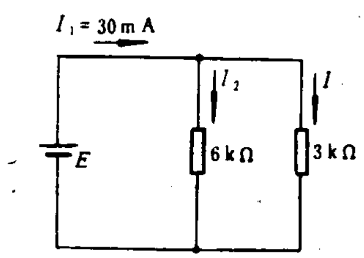


图 1-8

$$I_2=\frac{R_3}{R_2+R_3}I_1=\frac{3}{6+3}\times 30=10\text{mA}$$

$$I_3=\frac{R_2}{R_2+R_3}I_1=\frac{6}{6+3}\times 30=20\text{mA}$$

或 $I_3=I_1-I_2=30-10=20\text{mA}$

测量 I_2 的电流表，其量程应大于 10mA 小于 20mA。这样可使被测值在满标值一半以上。

由于测量时，电流表的内阻与被测电阻串联，所以使测得值小于实际值。

1-8 在图1-9中将 K 合上，问 A、B 间的电阻、电压和各电阻中的电流将怎样变化？如果导线电阻 R_l 可以忽略不计，情况又将如何？

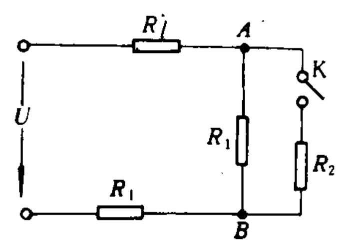


图 1-9

解 在图1-9中将K合上，A、B 间的电阻 R_{AB} 变小，促使线路电流增大，线路压降增大，而导致 A、B 间的电压 U_{AB} 减小，R_1 中电流减小。

如果忽略 R_l 不计，合上K以后 U_{AB} 和 R_1 中的电流都无变化。

1-9 在图 1-10 分压器中，当开关K断开的情况下，滑动触头分别置于 a、b、c 三个位置时，输出电压 U_{ob} 各为多少？如果将开关 K 合上，结果又将如何？

解 当开关K断开时，滑动触头置于不同的三个位置输出电压分别为

a点 $U_{ob}=10\text{V}$

c点 $U_{ob}=\dfrac{500}{500+500}\times 10=5\text{V}$

b点 $U_{ob}=0$

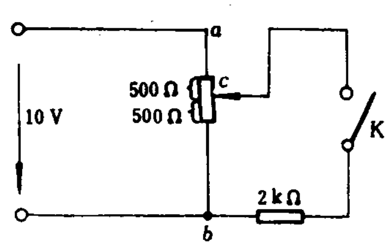


图 1-10

当开关 K 合上时，滑动触头置于 a 点和 b 点，输出电压 U_{ob} 仍分别为 10V 和 0V，不变。当置于 c 点时，由于此时 c、b 间的电阻为 500Ω 与 2kΩ 并联，其等效电阻

$$R_{ob} = \frac{500 \times 2000}{500 + 2000} = 400\Omega$$

所以，输出电压变小为

$$U_{ob} = \frac{400}{500 + 400} \times 10 = 4.44\text{V}$$

1-10 额定电压为110V的100W及60W两个电灯串联在220V的电源上，试求每个灯所承受的电压。试问能否这样使用？如果两个都是100W的电灯，则又如何？

解 两个电灯在额定工作状态下的电阻分别为

100W电灯 $$R = \frac{U^2}{P} = \frac{110^2}{100} = 121\Omega$$

60W电灯 $$R = \frac{110^2}{60} = 202\Omega$$

两个电灯串联在220V电源上，所承受的电压分别为

100W电灯 $$U = \frac{121}{121 + 202} \times 220 = 82.4\text{V}$$

60W电灯 $$U = \frac{202}{121 + 202} \times 220 = 137.6\text{V}$$

这样，100W的电灯电压不足，60W的电灯过电压，易烧坏，故不可这样用。

如果两个都是100W的电灯，则由于两者电阻相等，均承受110V的电压，可以正常发光。

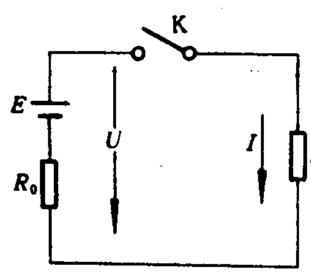


图 1 11

1-11 今有一蓄电池组，测其开路电压为6V，以电阻$R_1 = 2.9\Omega$接在它的两端，测出电流为2A，求它的内阻R_0为多少？如电阻改为$R_2 = 5.9\Omega$，其它条件不变，则电流是多少？

解 绘出电路，如图1-11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，有$I = \dfrac{E}{R_0 + R_1}$，所以电源内阻

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

如$R = R_2$时，则电流

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

1-12 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是10A，问这段导线的电压降是多少？

解 由表1-1查得铜的电阻率$\rho = 0.0175$，则可求得导线电阻

表1-1

材料名称	20°C时的电阻率 Ω·m	在0～100°C时的电阻温度系数 1/°C
银	0.0162	0.0036
铜	0.0175	0.0040
铝	0.026	0.0042
钨	0.049	0.0044
铂	0.105	0.00398
钢	0.13～0.25	0.006
康铜	0.4～0.51	0.0000005
锰铜	0.42	0.000006
镍铬合金	0.95～1.2	0.00012～0.0005

$$R=\rho\frac{l}{S}=0.0175\times\frac{2\times200}{4}=1.75\Omega$$

若线路允许电流是10A，则导线上的电压降为

$$\Delta U=RI=1.75\times10=17.5\text{V}$$

1-13 有一个电阻为20Ω的电炉，接在220V的电源上。连续使用4h后，问它消耗了几kW·h电？

解 所消耗的电能为

$$W=\frac{U^2}{R}t=\frac{220^2}{20}\times10^{-3}\times4=9.68\text{kW}\cdot\text{h}$$

1-14 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？试问在图1-12中，当开关K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$R_1=R_2$）

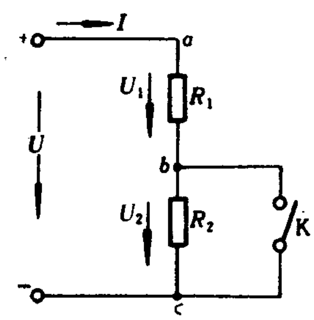


图 1-12

解 电路中某一点到参考点的电压降称为这一点的电位。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没有变化。

（1）以c点为参考点时

$$U_c=0,\ U_2=U_b-U_c，所以$$
$$U_b=U_2$$

K闭合前 $$U_b=U_2=\frac{U}{2}$$

K闭合后 $$U_2=0，则U_b=0$$

（2）以a点为参考点时

$$U_a=0,\ U_1=U_a-U_b，所以$$
$$U_b=-U_1$$

K闭合前 $$U_b=-U_1=-\frac{U}{2}$$

K 闭合后 $U_1=U$，则$U_b=-U$

1-15 在图1-12中（去掉开关），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，回答下列说法是否正确：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。

解 (1) 在$R_2=30\text{k}\Omega$时

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

$$U_1=R_1I=10\times0.5=5\text{V}$$

$$U_2=U-U_1=20-5=15\text{V}$$

(2) 在$R_2=\infty$时

$$I=0$$

$$U_1=0$$

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

(3) 在$R_2=0$时

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

$$U_2=0$$

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

通过上述计算可以说明“电路中没有电流的地方就没有电压；没有电压的地方就一定没有电流”的说法是错误的。

1-16 图1-13中，已知：$E_1=110\text{V}$，$E_2=100\text{V}$，$R_1=R_2=1\Omega$，$R_3=R_4=9\Omega$。试求：(1)I、U_{AB}、U_{BC}、U_{CD}、U_{AD}；(2)若以C为参考点，A、B、N、C、D、M各点的电位为多少？

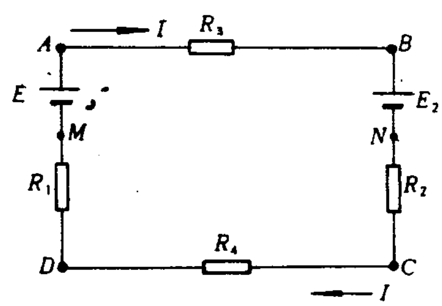


图 1-13

解 (1)

$$I=\frac{E_1-E_2}{R_1+R_2+R_3+R_4}$$

$$=\frac{110-100}{1+1+9+9}=0.5\text{A}$$

$$U_{AB}=R_3I=9\times0.5=4.5\text{V}$$

$$U_{BC}=E_2+R_2I=100+1\times0.5=100.5\text{V}$$

$$U_{CD}=R_4I=9\times0.5=4.5\text{V}$$

$$U_{AD}=E_1-R_1I=110-1\times0.5=109.5\text{V}$$

(2) 若以C为参考点，即$U_C=0$，则

$$U_A=U_C+U_{DC}+U_{AD}$$

$$=0+(-4.5)+109.5=105\text{V}$$

$$U_B = U_A + U_{BA} = 105 - 4.5 = 100.5\text{V}$$
$$U_N = U_B - E_2 = 100.5 - 100 = 0.5\text{V}$$
$$U_D = U_C + U_{DC} = 0 + (-4.5) = -4.5\text{V}$$
$$U_M = U_D - R_1 I = -4.5 - 1 \times 0.5 = -5\text{V}$$

或 $$U_M = U_A - E_1 = 105 - 110 = -5\text{V}$$

1-17　试写出图 1-14 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。

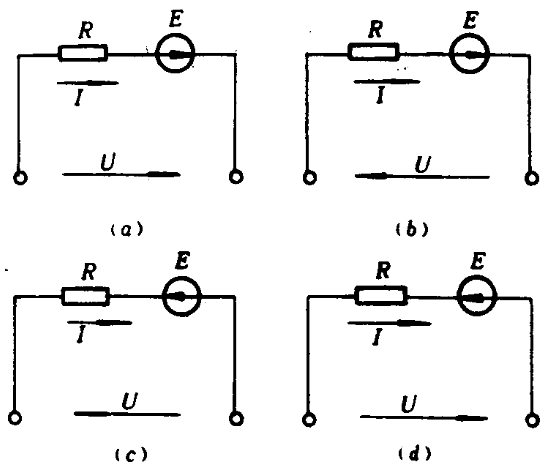


图　1-14

图(a)中

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

图(b)中

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

图(c)中

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

图(d)中

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

由上述分析可总结出：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。

1-18　在图1-15中，有几个节点？几条支路？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。

解　在图1-15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：

节点A　　$I_1 - I_3 - I_4 = 0$　　(1)

节点B　　$I_3 - I_5 + I_2 = 0$　　(2)

节点C　　$I_4 + I_5 - I_1 - I_2 = 0$　　(3)

方程(3)可由方程(1)和(2)求得，所以不独立。

回路$ACMA$　　$R_1 I_1 + R_4 I_4 = E$　　(4)

回路$ABCA$　　$R_3 I_3 + R_5 I_5 - R_4 I_4 = 0$　　(5)

回路$BNCB$　　$-R_2 I_2 - R_5 I_5 = -E$　　(6)

对于回路 $ANCMA$、$ABCMA$、$ANCA$ 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。

1-19　在图 1-16 中，已知：$E_1 = 40\text{V}, E_2 = 5\text{V}, E_3 = 25\text{V}$，$R_1 = 5\Omega$，$R_2 = 10\Omega$，$R_3 = 10\Omega$。试求各支路电流，并算出 U_{ab}。

解　（一）用支路电流法

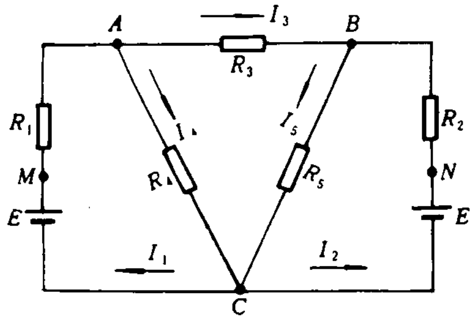


图 1-15

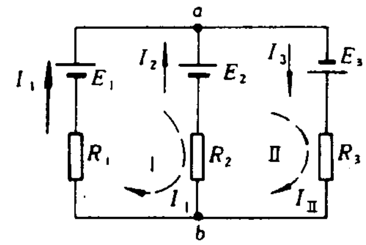


图 1-16

电流参考方向和回路绕行方向选定如图1-16所示。根据克希荷夫定律列出方程如下：

节点 a　　$I_1 + I_2 - I_3 = 0$

回路 Ⅰ　　$R_1 I_1 - R_2 I_2 = E_1 - E_2$

回路 Ⅱ　　$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 + E_3$

将已知值代入，得

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \tag{1}$$

$$5I_1 - 10I_2 = 35 \tag{2}$$

$$10I_2 + 10I_3 = 30 \tag{3}$$

解法一　用行列式解此方程组

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 5 & -10 & 0 \\ 0 & 10 & 10 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 3 & -1 \\ 5 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 10 \end{vmatrix} = (-5) \times \begin{vmatrix} 3 & -1 \\ 10 & 10 \end{vmatrix}$$

$$= -5 \times 10 \times (3+1) = -200$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 35 & -10 & 0 \\ 30 & 10 & 10 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 35 & -10 & -10 \\ 30 & 10 & 20 \end{vmatrix} = -\begin{vmatrix} 35 & -10 \\ 30 & 20 \end{vmatrix}$$

$$= (-10) \times (35 \times 2 + 10 \times 3) = -1000$$

所以

$$I_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-1000}{-200} = 5\text{A}$$

代入(2)式

$$I_2 = \frac{5I_1 - 35}{10} = \frac{5 \times 5 - 35}{10} = -1\text{A}$$

代入(1)式

$$I_3 = I_1 + I_2 = 5 - 1 = 4\text{A}$$

解法二　用消元法

(1)式×10＋(3)式，得

$$10I_1 + 20I_2 = 30 \tag{4}$$

(2)式×2－(4)式，得

$$-40I_2 = 40$$

所以

$$I_2 = -1\text{A}$$

代入(4)式和(1)式得

$$I_1=\frac{30-20I_2}{10}=\frac{30-20\times(-1)}{10}=5\mathrm{A}$$

$$I_3=I_1+I_2=5+(-1)=4\mathrm{A}$$

U_{ab} 可通过任意一个支路求得，即

$$U_{ab}=E_1-R_1I_1=40-5\times5=15\mathrm{V}$$

（二）用回路电流法

对两个网孔假定回路电流分别为 I_{I} 和 I_{II}，其方向如图所示。回路绕行方向均取顺时针，即可列出回路电流方程如下：

$$(R_1+R_2)I_{\mathrm{I}}-R_2I_{\mathrm{II}}=E_1-E_2$$
$$(R_2+R_3)I_{\mathrm{II}}-R_2I_{\mathrm{I}}=E_2+E_3$$

代入数值，整理得

$$15I_{\mathrm{I}}-10I_{\mathrm{II}}=35$$
$$-10I_{\mathrm{I}}+20I_{\mathrm{II}}=30$$

解得

$$I_{\mathrm{I}}=5\mathrm{A},\quad I_{\mathrm{II}}=4\mathrm{A}$$

则

$$I_1=I_{\mathrm{I}}=5\mathrm{A}$$
$$I_2=I_{\mathrm{II}}-I_{\mathrm{I}}=4-5=-1\mathrm{A}$$
$$I_3=I_{\mathrm{II}}=4\mathrm{A}$$

同理可得

$$U_{ab}=15\mathrm{V}$$

此题还可以用节点电压法求解（见习题1-24）。也可用迭加原理计算，但较其它方法烦琐。

1-20 在图 1-17 中，已知：$E_1=E_2=E_3=40\mathrm{V}$，$R_1=20\Omega$，$R_2=20\Omega$，$R_3=10\Omega$，$R_0=5\Omega$。试求：各支路电流及 0、0′ 之间的电压 $U_{00'}$。

解 （一）用支路电流法

电流参考方向选定如图。根据克希荷夫定律列方程如下：

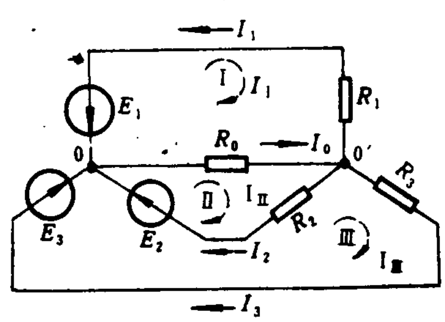


图 1-17

节点0′ $I_1+I_2+I_3-I_0=0$

回路 I $R_1I_1+R_0I_0=E_1$

回路 II $R_0I_0+R_2I_2=E_2$

回路 III $R_3I_3-R_2I_2=E_3-E_2$

代入数值，得

$$I_1+I_2+I_3-I_0=0 \qquad (1)$$
$$20I_1+5I_0=40 \qquad (2)$$
$$20I_2+5I_0=40 \qquad (3)$$
$$-20I_2+10I_3=0 \qquad (4)$$

采用行列式解此方程组

$$\Delta=\begin{vmatrix}1&1&1&-1\\20&0&0&5\\0&20&0&5\\0&-20&10&0\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}1&1&1&-1\\20&0&0&5\\0&20&0&5\\-10&-30&0&10\end{vmatrix}$$

$$=\begin{vmatrix}20&0&5\\0&20&5\\-10&-30&10\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}0&-60&25\\0&20&5\\-10&-30&10\end{vmatrix}=(-10)\times\begin{vmatrix}-60&25\\20&5\end{vmatrix},$$

$$=(-10)\times(-60\times5-20\times25)=8000$$

$$\Delta_1=\begin{vmatrix}0&1&1&-1\\40&0&0&5\\40&20&0&5\\0&-20&10&0\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}0&1&1&-1\\40&0&0&5\\0&20&0&0\\0&-20&10&0\end{vmatrix}$$

$$=(-40)\times\begin{vmatrix}1&1&-1\\20&0&0\\-20&10&0\end{vmatrix}=(-40)\times(-20)\times\begin{vmatrix}1&-1\\10&0\end{vmatrix}$$

$$=(-40)\times(-20)\times(10)=8000$$

所以
$$I_1=\frac{\Delta_1}{\Delta}=\frac{8000}{8000}=1\mathrm{A}$$

代入(2)式
$$I_0=\frac{40-20I_1}{5}=\frac{40-20\times1}{5}=4\mathrm{A}$$

代入(3)式
$$I_2=\frac{40-5I_0}{20}=\frac{40-5\times4}{20}=1\mathrm{A}$$

代入(1)式
$$I_3=I_0-I_1-I_2=4-1-1=2\mathrm{A}$$

则
$$U_{00'}=R_0I_0=5\times4=20\mathrm{V}$$

（二）用回路电流法

选定回路电流 I_{I}、I_{II} 和 I_{III} 如图所示，列出方程如下：

回路Ⅰ　$(R_1+R_0)I_{\mathrm{I}}-R_0I_{\mathrm{II}}=-E_1$

回路Ⅱ　$(R_2+R_0)I_{\mathrm{II}}-R_0I_{\mathrm{I}}-R_2I_{\mathrm{III}}=E_2$

回路Ⅲ　$(R_2+R_3)I_{\mathrm{III}}-R_2I_{\mathrm{II}}=E_3-E_2$

代入已知数值，得

$$25I_{\mathrm{I}}-5I_{\mathrm{II}}=-40$$
$$-5I_{\mathrm{I}}+25I_{\mathrm{II}}-20I_{\mathrm{III}}=40$$
$$-20I_{\mathrm{II}}+30I_{\mathrm{III}}=0$$

解得

$$I_{\mathrm{I}}=-1\mathrm{A},\quad I_{\mathrm{II}}=3\mathrm{A},\quad I_{\mathrm{III}}=2\mathrm{A}$$

则

$$I_1=-I_{\mathrm{I}}=1\mathrm{A}$$
$$I_2=I_{\mathrm{II}}-I_{\mathrm{III}}=3-2=1\mathrm{A}$$
$$I_3=I_{\mathrm{III}}=2\mathrm{A}$$
$$I_0=I_{\mathrm{II}}-I_{\mathrm{I}}=3-(-1)=4\mathrm{A}$$

同理可得

$$U_{00'}=20\mathrm{V}$$

1-21 应用回路电流法重解例1-12。试问两种方法中哪一种简便？为什么？

例1-12 在图 1-18 所示的桥式电路中，设 $E=12\mathrm{V}$，$R_1=R_2=5\Omega$，$R_3=10\Omega$，$R_4=5\Omega$，中间支路是一电流计，其电阻 $R_G=10\Omega$，试求电流计的电流 I_G。

解 选定回路电流 I_{I}、I_{II}、I_{III} 如图所示，列出方程如下：

回路Ⅰ $(R_1+R_G+R_3)I_{\mathrm{I}}-R_GI_{\mathrm{II}}-R_3I_{\mathrm{III}}=0$

回路Ⅱ $(R_2+R_4+R_G)I_{\mathrm{II}}-R_GI_{\mathrm{I}}-R_4I_{\mathrm{III}}=0$

回路Ⅲ $(R_3+R_4)I_{\mathrm{III}}-R_3I_{\mathrm{I}}-R_4I_{\mathrm{II}}=E$

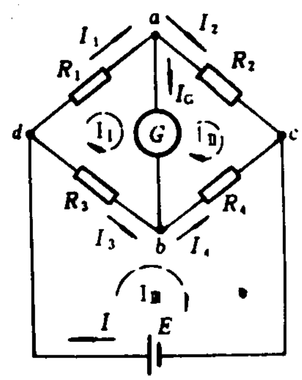


图 1-18

代入已知数值，整理后得

$$25I_{\mathrm{I}}-10I_{\mathrm{II}}-10I_{\mathrm{III}}=0$$
$$10I_{\mathrm{I}}-20I_{\mathrm{II}}+5I_{\mathrm{III}}=0$$
$$-10I_{\mathrm{I}}-5I_{\mathrm{II}}+15I_{\mathrm{III}}=12$$

联立解得

$$I_{\mathrm{I}}=1.263\mathrm{A},\quad I_{\mathrm{II}}=1.137\mathrm{A},\quad I_{\mathrm{III}}=2.02\mathrm{A}$$

则

$$I_G=I_{\mathrm{I}}-I_{\mathrm{II}}=1.263-1.137=0.126\mathrm{A}$$

此电路由于有六条支路，三个网孔，例1-12中，用支路电流法必须列出六个方程联立求解，比较繁琐。而用回路电流法只需列三个方程联立求解。

1-22 在图 1-19 中，已知 $E_1=20\mathrm{V}$，$E_2=E_3=10\mathrm{V}$，$R_1=R_5=10\Omega$，$R_2=R_3=R_4=5\Omega$。试用回路电流法求 AB 支路中的电流 I_{AB}，并计算出 U_{AB}。

解 对三个网孔假定其回路电流分别为 I_{I}、I_{II}和I_{III}，其方向如图 1-19 所示。回路绕行方向均取顺时针，即可列回路电流方程如下：

$$(R_1+R_5)I_{\mathrm{I}}-R_5I_{\mathrm{II}}=E_1$$
$$(R_3+R_4+R_5)I_{\mathrm{II}}-R_5I_{\mathrm{I}}-R_4I_{\mathrm{III}}=-E_3$$
$$(R_2+R_4)I_{\mathrm{III}}-R_4I_{\mathrm{II}}=-E_2$$

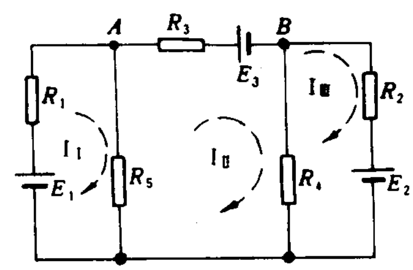


图 1-19

代入已知数值，得

$$20I_{\mathrm{I}}-10I_{\mathrm{II}}=20$$
$$10I_{\mathrm{I}}-20I_{\mathrm{II}}+5I_{\mathrm{III}}=10$$
$$5I_{\mathrm{II}}-10I_{\mathrm{III}}=10$$

联立解得