



面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

电 工 学

秦曾煌 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

电工学习题解答

高等学校教学参考书 ● 吴建强 邹凤科 秦桂馨 贾洪奇 编

哈尔滨工业大学出版社

T11-44

W82

高等学校教学参考书

电工学习题解答

吴建强 邹凤科 编
秦桂馨 贲洪奇



A0939508

哈尔滨工业大学出版社

哈尔滨

内 容 提 要

本书内容的编排与秦曾煌编写的《电工学》(高等教育出版社出版)一致,包括电路分析、电子技术、电机与控制 and 习题解答四部分,共精选 356 道习题。为便于读者自学、内容编排由浅入深,从易到难,文字力求通俗易懂,并且每道习题均有详细题解。

本书可供高等工科大专院校学生学习电工学课程复习使用,也是报考研究生的参考书。

高等学校教学参考书

电工学习题解答

Diangongxue Xiti Jieda

吴建强 邹凤科 编

秦桂馨 贲洪奇

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

黑龙江省教委印刷厂印刷

*

开本 850 × 1168 1/32 印张 12.625 字数 330 千字

2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月第 1 次印刷

印数 1 ~ 4 000

ISBN 7-5603-1435-X/TM·24 定价 15.00 元

地址:哈尔滨市南岗区和兴路 147 号 邮编:150080

如发现印、装质量问题,请与本厂质量科联系调换。

前 言

随着科技与教育的蓬勃发展,招收与报考研究生的人数激烈增加,为便于学生更好地学习与掌握电工学课程,我们编写了这本《电工学》习题及解答。本习题集的内容紧密配合秦曾煌教授编写的《电工学》(高等教育出版社出版)一书,考虑到有些专业的需要,内容上略有补充。本书每章格式基本相同,都是按“基本要求,内容提要、习题及解答”的顺序进行编排。复习时,读者必须清楚每章的基本要求,它将告诉你这一章有几个主要问题,每个问题应该掌握到何种程度。基本要求不清楚之前不要盲目做题。内容提要可以帮助读者进一步理清书中的基本概念,也是做习题的必备环节。凡是同类习题选择较多之处,读者应当花些气力,它对你巩固电工学的概念大有益处。

全书分为四个部分:电路分析部分精选 127 题,由邹凤科编写;电子技术部分精选 137 题,由吴建强编写;电机与控制部分精选 25 题,由秦桂馨编写;习题解答部分精选 67 题,由贲洪奇编写。全部习题概念性强,有一定难度,都是精选而成。

由于水平有限,书中难免有些不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

1999 年 10 月

第一部分 电路分析

第一章 电路的基本概念与基本定律

一、基本要求

1. 能正确应用电路的基本定律；
2. 正确理解电压、电流正方向的意义；
3. 了解电路的有载工作、开路与短路状态和额定值的意义；
4. 能分析并计算简单直流电路和电路中各点的电位。

二、内容提要

本章有三个重点问题:基尔霍夫定律、电压电流的正方向和电路中电位的计算。虽然这些问题都比较简单。但由于它贯穿电工学课程始终,所以读者应通过较多例题和习题逐步建立并加深这些概念。

1. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫电流定律 $\sum I = 0$,反映了汇合到电路中任一节点的各支路电流间相互制约的关系。它是由电流连续性原理所决定的,即在任何一个无限小的时间间隔内,流向节点的电荷必然等于由节点流出的电荷,在节点上不能堆积电荷。在列节点电流方程时,可设流进节点电流为正,流出节点电流为负。

(2) 基尔霍夫电压定律 $\sum U = 0$,反映了一个回路中各段电压间相互制约的关系。它是由电位单值性原理所决定的,即在任一瞬

时,从回路中任一点出发,沿回路循行一周,电位升之和必然等于电位降之和,回到该点时,该点的电位不会发生变化。在列回路方程时,可设电位升高为正,电位降低为负。

2. 电压、电流的正方向

在应用基尔霍夫定律对电路求解时,首先要在电路图上标定电压、电流和电动势的正方向。需要指出的是,正方向并不一定同于实际方向。对于已知的电压、电流、电动势,人为标定的正方向应该与实际方向一致;对于待求的电压、电流,因为其实际方向未知,只能假设正方向,以便决定式子各项的正负号。若求得的数值结果为正,说明实际方向与所标定的正方向一致,为负说明实际方向与所标定的正方向相反。但按基尔霍夫定律列方程时,每项的正负号和计算数值结果前面的正负号意义不同,切莫混淆。

3. 电路中电位的计算

在指明电路中某点电位时,必须首先确定参考点,设其电位为零,则电路中某点的电位在数值上就等于该点到参考点的电压。因此,电位的数值将与参考点选择有关。凡求电位的习题,参考点都用接地符号(\perp)表示,而不由计算者自由选定,做题时要注意。

三、习题及解答

题 1-1 电路如图 1-1 所示。已知

$$R_1 = 1\Omega, R_2 = 3\Omega, R_3 = 4\Omega, R_4 = 4\Omega,$$

$E = 12V$ 。求 A 点电位 U_A 。

$$\text{解 } I_4 = \frac{E}{(R_1 + R_2) // R_3 + R_4} = \frac{12}{(1 + 3) // 4 + 4} = 2A$$

$$I_1 = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} I_4 =$$

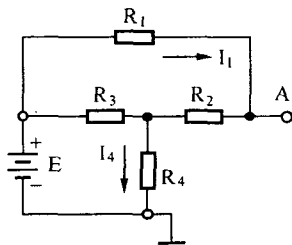


图 1-1

$$\frac{4}{1+3+4} \times 2 = 1A$$

所以 $U_A = I_1 R_2 + I_4 R_4 = 1 \times 3 + 2 \times 4 = +11V$

题 1-2 电路如图 1-2 所示。已知 $R_1 = R_2 = 1\Omega, R_3 = 7\Omega, R_4 = 2\Omega, E_1 = 10V, E_2 = 8V, E_3 = 9V$ 。求电流 I 及 A 点电位 U_A 。

解 由基尔霍夫电压定律有

$$E_3 - E_1 = IR_1$$

$$\text{则 } I = \frac{E_3 - E_1}{R_1} = \frac{9 - 10}{1} = -1A$$

$$\text{又因为 } E_3 - E_2 = I_2 R_2$$

$$\text{所以 } I_2 = \frac{E_3 - E_2}{R_2} = \frac{9 - 8}{1} = 1A$$

由分压公式有

$$U_{R_4} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} E_3 = \frac{2}{7 + 2} \times 9 = 2V$$

$$U_A = U_{R_4} - I_2 R_2 = 2 - 1 = +1V$$

题 1-3 电路如图 1-3 所示。已知 $E_1 = 6V, E_2 = 4V, R_1 = 4\Omega, R_2 = R_3 = 2\Omega$ 。求 a 点电位 U_a 。

$$\text{解 } I_1 = \frac{E_1}{R_1 + R_2} = \frac{6}{4 + 2} = 1A$$

$$I_3 = 0A$$

$$\text{所以 } U_a = I_3 R_3 - E_2 + I_1 R_2 = 0 - 4 + 1 \times 2 = -2V$$

$$\text{或 } U_a = I_3 R_3 - E_2 - I_1 R_1 + E_1 = 0 - 4 - 1 \times 4 + 6 = -2V$$

题 1-4 电路如图 1-4 所示。

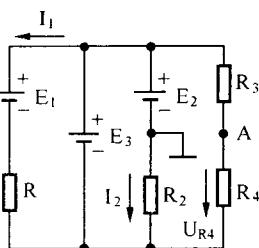


图 1-2

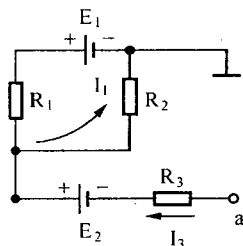


图 1-3

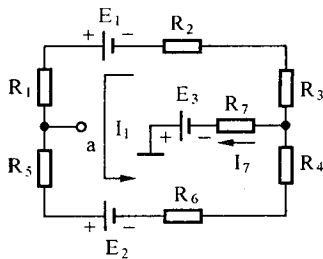


图 1-4

已知 $E_1 = 12\text{V}$, $E_2 = 8\text{V}$, $E_3 = 10\text{V}$, $R_1 = R_3 = R_4 = 2\Omega$, $R_6 = 2\Omega$, $R_2 = R_5 = R_7 = 1\Omega$ 。求 a 点电位 U_a 。

解 $I_7 = 0\text{A}$

由 $\sum E = \sum IR$ 有

$$E_1 - E_2 = I_1(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6)$$

$$\text{所以 } I_1 = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} = \frac{12 - 8}{10} = 0.4\text{A}$$

$$U_a = I_1(R_6 + R_5 + R_4) + E_2 - E_3 = 0.4 \times 5 + 8 - 10 = 0\text{V}$$

$$\text{或 } U_a = -I_1(R_1 + R_2 + R_3) + E_1 - E_3 = -0.4 \times 5 + 12 - 10 = 0\text{V}$$

题 1-5 电路如图 1-5 所示。已知

$$I = 6\text{A}, R_1 = 3\Omega, R_2 = R_3 = 6\Omega, R_4 = 12\Omega,$$

求 U_{ab} 。

解 由分流公式

$$I_1 = \frac{R_2 + R_4}{(R_1 + R_3) + (R_2 + R_4)} I =$$

$$\frac{9}{9 + 18} \times 6 = 2\text{A}$$

$$I_2 = I - I_1 = 6 - 2 = 4\text{A}$$

$$\text{所以 } U_{ab} = I_1 R_3 - I_2 R_4 = 2 \times 6 - 4 \times 12 = -36\text{V}$$

题 1-6 把额定电压 110V, 额定功率分别为 100W 和 60W 的两只灯泡, 串联在端电压为 220V 的电源上使用, 这种接法会有什么后果? 它们实际消耗的功率各是多少? 如果是两个 110V、60W 的灯泡, 是否可以这样使用? 为什么?

解 两只灯泡的电阻

$$R_1 = \frac{U_N^2}{P_{1N}} = \frac{110^2}{100} = 121\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_N^2}{P_{2N}} = \frac{110^2}{60} = 202\Omega$$

每只灯泡两端的实际电压值

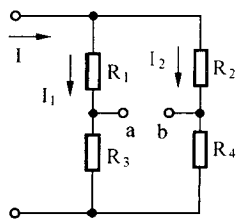


图 1-5

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U = \frac{121}{121 + 202} \times 220 = 82.4\text{V}$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U = \frac{202}{121 + 202} \times 220 = 137.6\text{V}$$

因为 $U_1 < U_N$, 所以 100W 灯泡达不到额定电压; $U_2 > U_N$, 60W 灯泡超过额定电压, 会烧坏。

两个灯泡实际消耗的功率

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R_1} = \frac{82.4^2}{121} = 56\text{W} < 100\text{W}$$

$$P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{137.6^2}{202} = 93.7\text{W} > 60\text{W}$$

两个 110V、60W 的灯泡是可以串联使用的, 因为它们电阻相同, 每个灯泡两端电压也相同, 都能达到额定值。这种接法的缺点是, 若有一只灯泡坏, 另一只也不能发光。

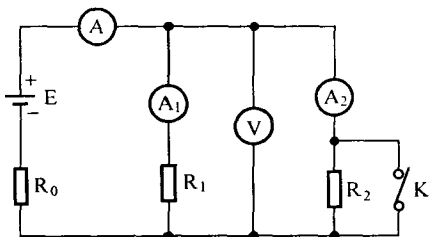


图 1-6

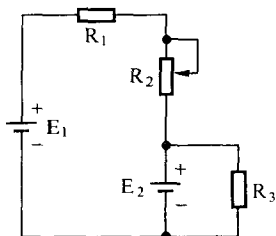


图 1-7

题 1-7 图 1-6 所示电路中, 当 K 闭合时, 各表的读数有何变化?

解 \textcircled{A} 和 \textcircled{V} 的读数减小; $\textcircled{A_1}$ 和 $\textcircled{A_2}$ 的读数增大。

题 1-8 图 1-7 所示电路中, 当 R_2 的值减小时, 通过 R_1 、 R_3 和 E_2 的电流有何变化?

解 当 R_2 减小时, 通过 R_1 的电流增大, 通过 R_3 的电流不变, 通过 E_2 的电流可能变大, 也可能变小。

题 1-9 试说明图 1-8 中两种测量电阻电路的适用条件。

解 图 1-8(a) 适用伏特表内阻 $R_V \gg R$, 即通过伏特表的电流可忽略不计时。

图 1-8(b) 适用于安培计内阻 $R_A \ll R$, 即安培计内阻压降可忽略不计时。

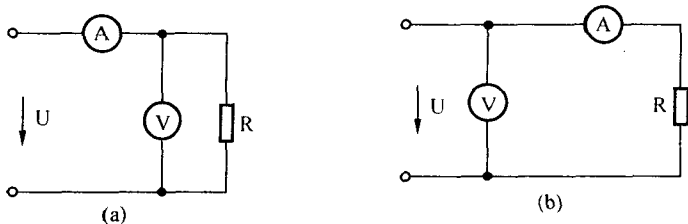


图 1-8

题 1-10 图 1-9 所示电路中, 已知 $E_1 = 7V, E_2 = 8V, E_3 = 15V, R_1 = R_2 = R_3 = 5\Omega$, 求电路各点的电位。

解 电流

$$I = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{7 + 8 + 15}{5 + 5 + 5} = 2A$$

$$U_B = -E_1 = -7V$$

$$U_C = IR_1 + U_B = 2 \times 5 - 7 = +3V$$

$$U_D = U_C - E_2 = 3 - 8 = -5V$$

$$U_F = U_D + IR_2 = -5 + 2 \times 5 = +5V$$

$$U_G = -IR_3 = -2 \times 5 = -10V$$

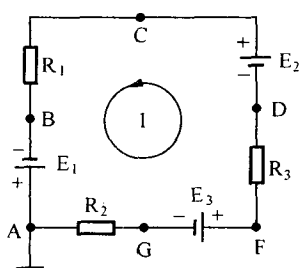


图 1-9

第二章 电路的分析方法

一、基本要求

1. 学会分析、计算电路的几种方法,重点是叠加原理和戴维南定理;
2. 建立电压源与电流源的概念;
3. 了解非线性电阻电路图解分析法,正确理解静态电阻和动态电阻的概念。

二、内容提要

电路的分析方法很多,希望读者着重掌握几种。在分析计算电路时,支路电流法最为基本,直接利用基尔霍夫两个定律列出联立方程求解。虽然在电路习题中此方法有时显得笨拙和麻烦,但在电子技术习题中,此方法却屡见不鲜。叠加原理和戴维南定理常常能把复杂电路转化为简单电路来求解,可以取得事半功倍的效果,后续课程经常使用,读者要重点掌握。

1. 支路电流法

使用支路电流法步骤如下。

(1) 在电路图上标定电流和电压的正方向,并设支路电流为未知数。

(2) 若电路的节点数为 n ,先用基尔霍夫电流定律对 $n - 1$ 个节点列出电流方程。

(3) 若支路数为 b ,再用基尔霍夫电压定律对网孔列出其余 $b - (n - 1)$ 个方程。

(4) b 个方程联立求解,可求得 b 条支路电流。

2. 节点电压法

在仅有两个节点的电路中,设其中一个节点为参考点。如能计算出另一节点的电压,则各条支路电流都可使用一段有源电路的欧姆定律求解。节点电压法公式 $U = \frac{\sum(E/R)}{\sum(1/R)}$ 中 E 的符号是这样决定的:当 E 和 U 的正方向相反时取正号,相同时取负号。注意 E 的正负号与各支路电流的正方向无关。此公式仅限于具有两个节点的电路。

3. 叠加原理

叠加原理是分析线性电路时普遍应用的原理。由支路电流法列出的方程是线性代数方程。根据线性代数方程的叠加性导出电路学的叠加原理。

在使用叠加原理时,应注意以下几个问题。

(1) 当设某一电源单独作用时,其余电源应均设为零。理想电压源应视为短路,理想电流源应视为开路,但电源内阻都必须保留。

(2) 每个电源单独作用时所产生电流前面的符号切不可忽视,叠加时应取其代数和。

(3) 叠加原理只能用于求解线性电路的电压或电流,而不能对功率进行叠加,更不能在非线性电路中使用。

4. 电压源与电流源

(1) 实际上并不存在理想电压源和理想电流源,它们只是为了研究方便而抽象出来的一种电路元件模型。但是,当电源内阻 R_0 与负载电阻 R_L 相比,可以小到忽略不计时,负载电压将与电源电动势相等,而与负载电流大小无关,此时电源就可以认为是理想电压源。反之,若 $R_0 \gg R_L$ 时, $I \approx E/R_0$, 电流与负载电阻无关,此时电源就可以认为是理想电流源。

(2) 对于实际电源,即可以使用电压源表示,又可以使用电流

源表示。电压源是由电动势 E 与电源内阻 R_0 串联组成, 电流源是由理想电流源 I_S 与内阻 R_0 并联组成。在保证电源外特性一致的条件下, 两者可以进行等值互换。等效的条件为 $E = I_S R_0$ 或 $I_S = E/R_0$ 。如图 2-1 所示。

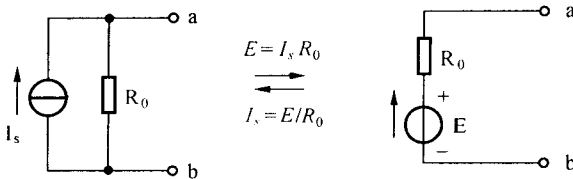


图 2-1

(3) 电源的等值互换仅以保证电源外特性一致为先决条件, 因此对电源内部并不存在等效问题, 所以不能用变换后的电路求解电源的电功率。

(4) 理想电流源 ($R_0 = \infty$) 和理想电压源 ($R_0 = 0$) 均为无穷大功率源, 这种对 R_0 的两种极端限令, 决定了它们之间不可能进行等值变换。

(5) 求解电路可利用电源等值变换。多条有源支路并联时, 可将它们变为电流源; 而多条有源支路串联时, 可将它们变为电压源。

5. 等效电源定理

(1) 在复杂电路中, 欲求一条支路电流, 可将其余部分视为一个有源二端网络。利用戴维南定理和诺顿定理将此有源二端网络用电压源或电流源等值替代, 使问题的分析大为简化。

(2) 戴维南定理叙述了将有源二端网络用一个电动势为 E 、内阻为 R_0 的电压源等值替代的条件: 电压源的电动势 E 等于有源二端网络的开路电压 U_0 , 电压源的内阻 R_0 等于将此有源二端网络化为相应无源二端网络的等值电阻。

(3) 诺顿定理叙述了将有源二端网络用一个电流为 I_S 、内阻为 R_0 的电流源等值替代的条件: 电流源的电流 I_S 等于有源二端网

络的短路电流,电流源的内阻 R_0 等于将此有源二端网络化为相应无源二端网络的等值电阻。

(4) 将有源二端网络化为相应无源二端网络时,应注意所有恒压源短路,所有恒流源开路,而内阻应予以保留。

(5) 为使问题简化,在应用等效电源定理时,可去掉与恒压源并联的电路,去掉与恒流源串联的电阻。当电路比较复杂时,可以使用叠加原理或两次运用戴维南定理。

6. 静态电阻和动态电阻

(1) 静态电阻 R

图 2-2 所示为非线性电阻伏安特性, Q 点是工作点。静态电阻 R 等于 Q 点的电压 U 和电流 I 的比值,即 $R = \frac{U}{I}$ 。静态电阻又称为直流电阻。

(2) 动态电阻 r

Q 点附近电压变化量 ΔU 与电流变化量 ΔI 之比的极限称为动态电阻或交流电阻,即

$$r = \lim_{\Delta I \rightarrow 0} \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{dU}{dI}$$

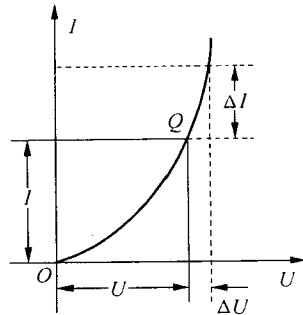


图 2-2

7. 受控源

受控电压源的电压和受控电流源的电流都不是给定的时间函数,而是受电路中某部分的电流或电压的控制,因此受控源并非独立电源。例如,电子管输出的交变电压受输入交变电压的控制。晶体管三极管集电极电流受基极电流的控制。

根据控制量是电压还是电流,受控量是电压源还是电流源,受控源分为四种:电压控制电压源(VCVS);电压控制电流源(VCCS);电流控制电压源(CCVS)。电流控制电流源(CCCS)。它们在电路中的图形符号分别如图 2-3(a)、(b)、(c)、(d) 所示。

图中菱形符号表示受控电压源或受控电流源,其正方向的表

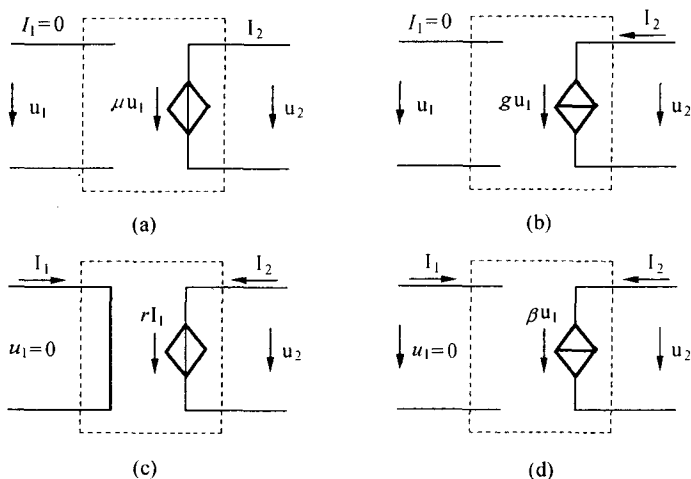


图 2-3

示方法与独立电源相同。 μ 、 g 、 r 、 β 为相应的控制系数。当这些系数为常数时,被控量与控制量成正比,受控源为线性受控源。

必须指出,受控源与独立源不同。独立源在电路中起着“激励”的作用,有它才能在电路中产生电流和电压。而受控源则不同,它的电压或电流受电路中其它的电压和电流控制。当这些控制电压或电流为零时,受控源的电压或电流也为零。因此,它仅是用来反映电路中某处的电压或电流与另一处电压或电流的相互制约关系而已,它本身不直接起“激励”作用。

三、习题及解答

题 2-1 将图 2-4 所示的有源二端网络化为等效电压源,并求等效电压电源的电动势 $E = ?$ 等效内阻 $R_0 = ?$ 已知 $R_1 = R_2 = R_3 = 2\text{k}\Omega$, $I_S = 2\text{mA}$ 。

解 开路电压

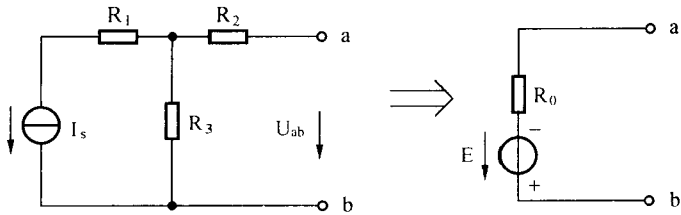


图 2-4

$$U_{ab} = -I_s R_2 = -2 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3 = -4V$$

$$R_{ab} = R_3 + R_2 = 4k\Omega$$

所以

$$E = 4V \quad R_0 = 4k\Omega$$

题 2-2 电路如图 2-5 所示。求 $I_s = ? R_0 = ?$

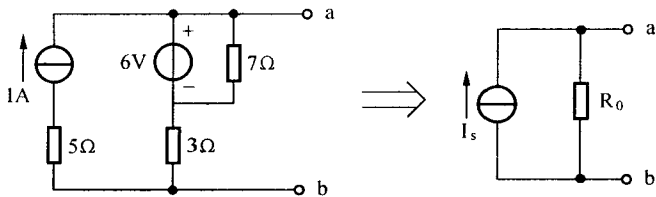


图 2-5

解 把和恒流源串联的电阻(5Ω)和恒压源并联的电阻(7Ω)去掉,简化过程如图 2-6。求得

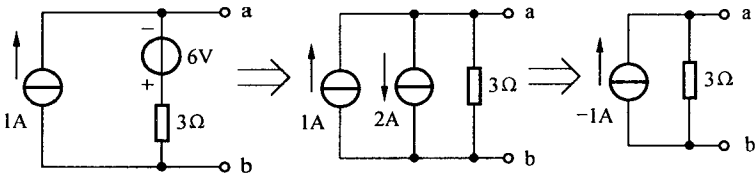


图 2-6

$$I_s = -1A \quad R_0 = 3\Omega$$

题 2-3 电路如图 2-7。已知 $I_s = 2A$, $E = 6V$, $R_1 = 3\Omega$, R_2

$= 1\Omega$ 。求 I 和 U_S 及各电源发出的功率。

$$\text{解 } I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{6}{3} = 2\text{A}$$

$$I = I_1 - I_S = 2 - 2 = 0\text{A}$$

$$U_S = E + I_S R_2 = 6 + 2 \times 1 = 8\text{V}$$

E 发出的功率

$$P_E = EI = 0\text{W}$$

I_S 发出的功率

$$P_{I_S} = I_S U_S = 2 \times 8 = 16\text{W}$$

题 2-4 电路如图 2-8(a)。求电流 I 。

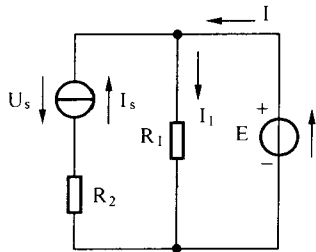


图 2-7

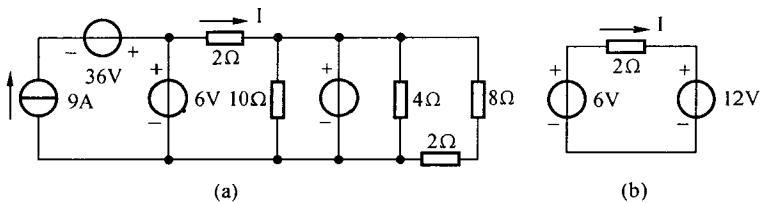


图 2-8

解 简化电路, 把和恒压源并联的部分去掉, 得到图 2-8(b), 则电流

$$I = \frac{6 - 12}{2} = -3\text{A}$$

题 2-5 求图 2-9 中流经 R_5 的电流 I 。

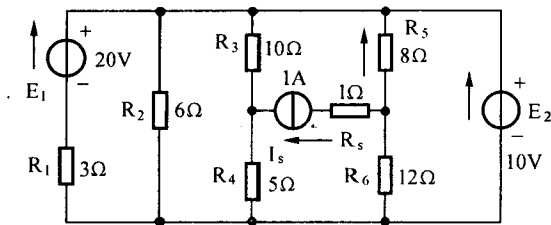


图 2-9