



电路原理

习题精解精练

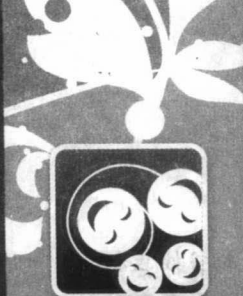
(配周守昌第一版教材·高教版)

主 编 邵洪波

- 课后习题 精析 精解
- 同步训练 勤学 勤练

XITI
JINGJIEJINGLIAN

哈尔滨工程大学出版社



快乐大本·优秀教材辅导
KUAILE DABEN
YOUXILIJIAOCAIFUDAO

电路原理 习题精解精练

(配周守昌第一版教材·高教版)

主 编 邵洪波

副主编 佟 亮

XITI
JINGJIEJINGLIAN

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是配合周守昌主编的《电路原理》教材而编写的辅导书。本书按教材的章节顺序编排,每章包括书后习题解析和同步训练题两部分内容,旨在帮助学生熟练掌握解题的基本方法和技巧,巩固所学的知识,开阔视野。

本书可作为高等学校学生学习电路原理的辅导书,也可供教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路原理习题精解精练/邵洪波主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2007. 4
ISBN 978 - 7 - 81073 - 987 - 0

I . 电… II . 邵… III . 电路理论 - 高等学校 - 解题
IV . TM13 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 046897 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 13.75
字 数 290 千字
版 次 2007 年 4 月第 1 版
印 次 2007 年 4 月第 1 次印刷
定 价 18.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

电路原理是工科专业的一门重要专业基础课,是为后续专业课的开设进行电学理论知识的必要储备。周守昌教授主编的《电路原理》以其内容详尽、知识准确、理论分析透彻等为众多大中专院校所选用。为了便于读者更好地掌握电路习题的解题方法,我们编写了这本《电路原理习题精解精练》辅导书。本书的章节设置与原教材完全相同,并在解题中力求公式的表述以及符号的选用与原教材保持一致,以便能让读者更好地理解。

全书每章内容均分为书后习题解析、同步训练题及同步训练题答案三部分。在解题过程中,力求思路清晰、步骤精练。由于教材中各小节后的练习题与每章后的习题相比难度较小,因而没作解答,以便减小本书的篇幅。

本书上册的第3章、第4章、第5章、第6章以及附录和下册的第1章、第2章、第3章由邵洪波编写;上册的第1章、第2章、第7章、第8章、第9章和下册的第4章、第5章、第6章由佟亮编写。在编写的过程中,虽然我们尽了自己的最大努力,但由于水平有限,难免会有一些纰漏和不足,希望读者能提出宝贵意见,我们将不胜感激。

编 者

2007年3月

目 录

上 册

第 1 章 基尔霍夫定律和电阻元件	1
书后习题解析	1
同步训练题	11
同步训练题答案	12
第 2 章 电阻电路的分析	13
书后习题解析	13
同步训练题	32
同步训练题答案	33
第 3 章 动态元件和动态电路导论	36
书后习题解析	36
同步训练题	46
同步训练题答案	47
第 4 章 一阶电路与二阶电路	50
书后习题解析	50
同步训练题	67
同步训练题答案	68
第 5 章 正弦电流电路导论	70
书后习题解析	70
同步训练题	79
同步训练题答案	80
第 6 章 正弦电流电路的分析	82
书后习题解析	82
同步训练题	99
同步训练题答案	100
第 7 章 非正弦周期电流电路的分析	103
书后习题解析	103
同步训练题	111
同步训练题答案	111
第 8 章 拉普拉斯变换	113
书后习题解析	113
第 9 章 电路的复频域分析	118
书后习题解析	118
同步训练题	132

同步训练题答案	132
附录 非线性电路	135
书后习题解析	135
同步训练题	139
同步训练题答案	139

下 册

第 1 章 网络图论	141
书后习题解析	141
同步训练题	146
同步训练题答案	146
第 2 章 网络方程的矩阵形式	149
书后习题解析	149
同步训练题	166
同步训练题答案	167
第 3 章 网络的状态方程	171
书后习题解析	171
同步训练题	181
同步训练题答案	182
第 4 章 二端口网络	185
书后习题解析	185
同步训练题	200
同步训练题答案	200
第 5 章 均匀传输线的正弦稳态响应	203
书后习题解析	203
同步训练题	208
同步训练题答案	208
第 6 章 无损耗均匀传输线的波过程	210
书后习题解析	210
同步训练题	213
同步训练题答案	213

上册

第 1 章 基尔霍夫定律和电阻元件

书后习题解析

1-1 求图 1-1 各分图中的待求电压、电流值(设电流表内阻为零)。

解 图 1-1(a) $U_{ab} = U = 10\text{ V}$, $U_{ba} = -U = -10\text{ V}$;

图 1-1(b) $U_{ab} = 5\text{ V}$, $U_{ba} = -5\text{ V}$;

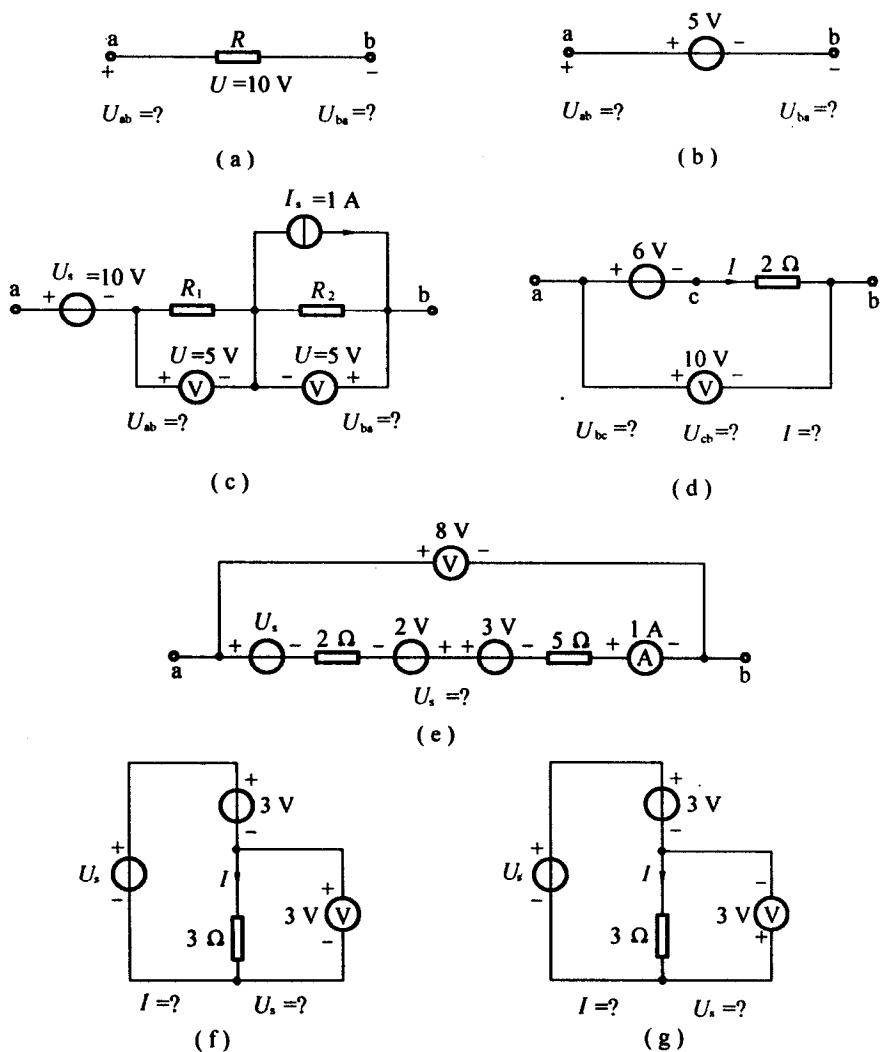


图 1-1

图 1-1(c) $U_{ab} = U_s + U - U = 10 \text{ V}$, $U_{ba} = -U_{ab} = -10 \text{ V}$;

图 1-1(d) $U_{bc} = U_{ac} - U_{ab} = (6 - 10) \text{ V} = -4 \text{ V}$, $U_{cb} = -U_{bc} = 4 \text{ V}$, $I = \frac{U_{cb}}{2} = 2 \text{ A}$;

图 1-1(e) $U_s - 2 + 3 + (2 + 5) \times 1 = 8$, $U_s = 0 \text{ V}$;

图 1-1(f) $I = \frac{3}{3} = 1 \text{ A}$, $U_s = (3 + 3) \text{ V} = 6 \text{ V}$;

图 1-1(g) $I = -\frac{3}{3} \text{ A} = -1 \text{ A}$, $U_s = (3 - 3) \text{ V} = 0 \text{ V}$ 。

1-2 解答图 1-2 中的各个分题(设电流表内阻为零)。

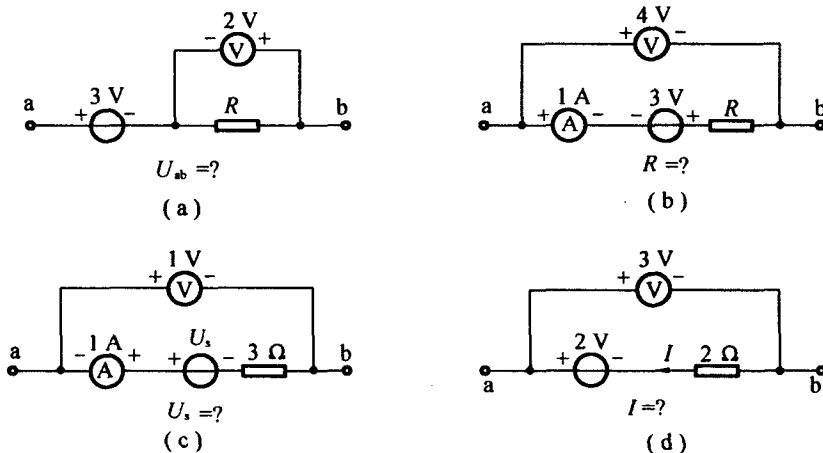


图 1-2

解 图 1-2(a) $U_{ab} = (3 - 2) \text{ V} = 1 \text{ V}$; 图 1-2(b) $-3 + R \times 1 = 4$, $R = 7 \Omega$;

图 1-2(c) $U_s - 3 \times 1 = 1$, $U_s = 4 \text{ V}$; 图 1-2(d) $2 - 2 \times I = 3$, $I = -0.5 \text{ A}$ 。

1-3 试求图 1-3 所示部分电路中的电压 U_g 、 U_{eg} 、 U_{ab} 和电流 I_{cd} 。

解 $U_g = U_{fc} + U_{cb} = (-7 + 10 - 3) \text{ V} = 0 \text{ V}$

$U_{eg} = U_{eb} + U_{bg} = U_{ab} - U_g = (-30 - 5 - 0) \text{ V} = -35 \text{ V}$

$U_{ab} = U_{ac} + U_{cb} = [-(-16) + 10 - 3] \text{ V} = 23 \text{ V}$

$I_{cd} = I_b + I_{ab} - I_{eg} = [1.8 + (-2) - 1.4] \text{ A} = -1.6 \text{ A}$

1-4 如图 1-4 所示,根据基尔霍夫定律求出各元件的未知电流或电压,并计算各元件吸收的功率。

解 图 1-4(a) 应用基尔霍夫电压定律、基尔霍夫电流定律列方程,可求得

$$I_{U_1} = (1 + 10) \text{ A} = 11 \text{ A}, \quad I_x = (1 + 4) \text{ A} = 5 \text{ A}$$

$$I_{U_2} = 10 + I_x = 15 \text{ A}, \quad U_y = (100 - 20) \text{ V} = 80 \text{ V}$$

$$U_x = U_y - 2I_x = (80 - 2 \times 5) \text{ V} = 70 \text{ V}, \quad U_{I_1} = 20 + U_x - 10 = 80 \text{ V}$$

设 $P = UI$, 如果元件的电压、电流取一致的参考方向, 那么当 $P > 0$ 时元件吸收功率; 反之 $P < 0$ 元件发出功率。

$$P_{I_1} = 80 \text{ V} \times 10 \text{ A} = 800 \text{ W}, \quad P_{U_1} = -100 \text{ V} \times 11 \text{ A} = -1100 \text{ W}$$

$$P_{U_2} = 2I_x \times I_{U_2} = 2 \times 5 \times 15 \text{ W} = 150 \text{ W}$$

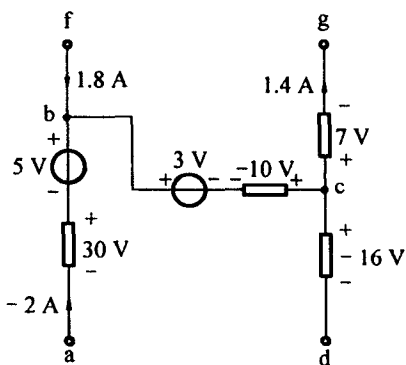


图 1-3

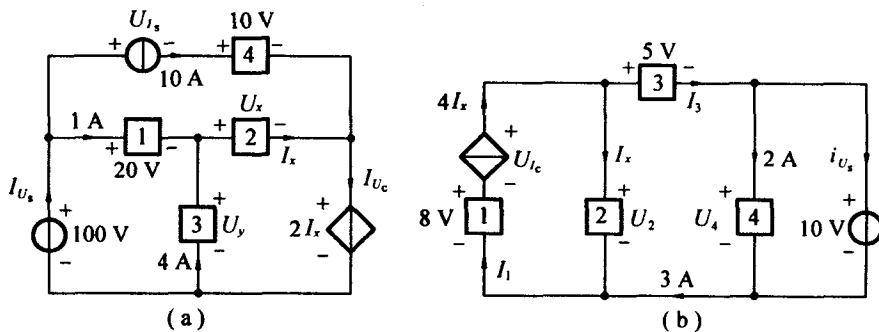


图 1-4

$$P_1 = 20 \times 1 = 20 \text{ W}$$

$$P_2 = U_x I_x = 70 \text{ V} \times 5 \text{ A} = 350 \text{ W}$$

$$P_3 = -U_y \times 4 = -80 \text{ V} \times 4 \text{ A} = -320 \text{ W}$$

$$P_4 = 10 \text{ V} \times 10 \text{ A} = 100 \text{ W}$$

$P_{\Sigma} = 0$, 本电路功率守恒。

图 1-4(b) 应用基尔霍夫电压定律、基尔霍夫电流定律列方程, 可求得

$$I_x + 3 = 4I_x, \quad I_x = 1 \text{ A}, \quad I_1 = 4I_x = 4 \text{ A}, \quad I_3 = 4I_x - I_x = 3I_x = 3 \text{ A}$$

$$I_{U_1} = I_3 - 2 = 1 \text{ A}, \quad U_4 = 10 \text{ V}, \quad U_2 = 5 \text{ V} + 10 \text{ V} = 15 \text{ V}, \quad U_{I_c} = U_2 - 8 = 7 \text{ V}$$

设 $P = UI$, 如果元件的电压、电流取一致的参考方向, 那么当 $P > 0$ 时, 元件吸收功率, 反之, 当 $P < 0$ 时, 元件发出功率。

$$P_{I_c} = -U_{I_c} \times I_1 = -7 \text{ V} \times 4 \text{ A} = -28 \text{ W}, \quad P_{U_1} = 10 \times I_{U_1} = 10 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 10 \text{ W}$$

$$P_1 = -8 \times I_1 = -8 \text{ V} \times 4 \text{ A} = -32 \text{ W}, \quad P_2 = U_2 \times I_x = 15 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 15 \text{ W}$$

$$P_3 = 5 \times I_3 = 5 \text{ V} \times 3 \text{ A} = 15 \text{ W}, \quad P_4 = U_4 \times 2 = 10 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 20 \text{ W}$$

$P_{\Sigma} = 0$, 本电路功率守恒。

1-5 写出图 1-5 所示各电路的 $U = f(I)$ 和 $I = f(U)$ 两种形式的端口特性方程。

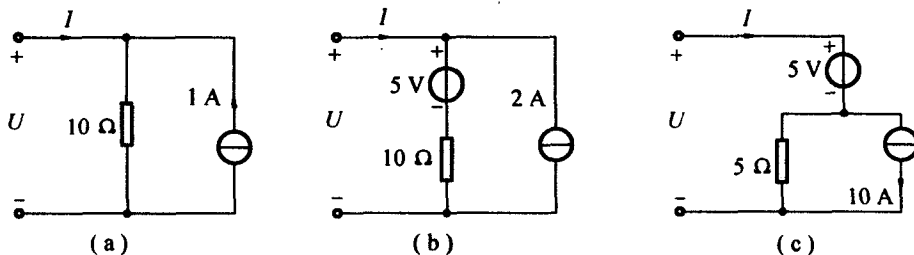


图 1-5

解 图 1-5(a) $U = 10 \times (I + 1) = 10I + 10, I = \frac{U}{10} - 1 = 0.1U - 1$

图 1-5(b) $U = 5 + 10(I + 2) = 10I + 25, I = \frac{U - 5}{10} - 2 = 0.1U - 2.5$

图 1-5(c) $U = 5 + 5 \times (I - 10) = 5I - 45, I = 10 + \frac{U - 5}{5} = 0.2U + 9$

1-6 试求图 1-6 所示电路中的电压 U_{ab} 和 U_{cd} 。

解 由于图 1-6 所示电路是开路的, 所以最上面和最下面的两个 $10\ \Omega$ 的电阻两端的电压为 0。

$$I = \frac{6-2}{20+10+10}\text{ A} = 0.1\text{ A}$$

故

$$U_{ac} = 6 - 10I = (6 - 1)\text{ V} = 5\text{ V}, \quad U_{ad} = U_{ac} + 2 = 7\text{ V}$$

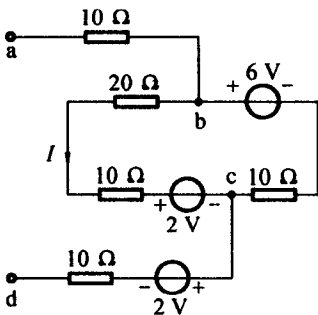


图 1-6

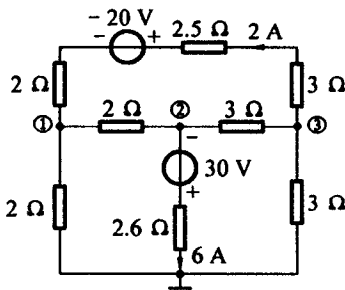


图 1-7

1-7 试求图 1-7 所示电路中的节点电位 V_1 、 V_2 和 V_3 (图中接地点为零电位点)。

解 电压是电位差, 电路中的节点电位 V_1 、 V_2 和 V_3 大小等于电压 U_{10} 、 U_{20} 和 U_{30} 。

$$V_2 = U_{20} = (-30 + 2.6 \times 6)\text{ V} = -14.4\text{ V}, \quad U_{31} = [-20 + (3 + 2.5 + 2) \times 2]\text{ V} = -5\text{ V}$$

$$\begin{cases} V_3 - V_1 = U_{31} = -5 \\ \frac{V_1 - V_2}{2} + \frac{V_3 - V_2}{3} = 6 \end{cases} \quad (\text{对节点 ② 列 KCL 方程})$$

解得 $V_1 = -5.2\text{ V}$, $V_3 = -10.2\text{ V}$ 。

1-8 在图 1-8 所示电路中, 电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 的电压、电流额定值是 6.3 V 、 0.3 A , R_5 的电压、电流额定值是 6.3 V 、 0.45 A 。为使上述各电阻元件均处于其额定工作状态, 问应当选配多大的电阻 R_x 和 R_y ?

解 由于上述各电阻元件均处于额定工作状态, 所以 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 和 R_5 两端的电压为 6.3 V , 流过 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 的电流为 0.3 A , 流过 R_5 的电流为 0.45 A , 则电阻 R_x 两端的电压

$$U_x = (4 \times 6.3)\text{ V} = 25.2\text{ V}$$

电阻 R_y 两端的电压 $U_y = (110 - 5 \times 6.3)\text{ V} = 78.5\text{ V}$

电阻 R_y 流过的电流 $I_y = 0.45\text{ A}$

电阻 R_x 流过的电流 $I_x = I_5 - I_1 = 0.15\text{ A}$

所以 $R_x = \frac{U_x}{I_x} = \frac{25.2}{0.15}\ \Omega = 168\ \Omega$

$$R_y = \frac{U_y}{I_y} = \frac{78.5}{0.45}\ \Omega = 174.4\ \Omega$$

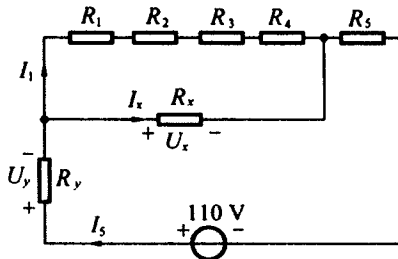


图 1-8

1-9 图 1-9 所示电路是从某一电路中抽出的受控支路, 试根据已知条件求出控制变量。

解 图 1-9(a) $10U_x = -1$, 控制变量 $U_x = -0.1\text{ V}$;

图 1-9(b) $10U_x = -10$, 控制变量 $U_x = -1\text{ V}$;

图 1-9(c) $10I_x = 2$, 控制变量 $I_x = 0.2\text{ A}$;

图 1-9(d) $10I_x = 10$, 控制变量 $I_x = 1\text{ A}$ 。

1-10 求图 1-10 各分图所示电路中的电流 I 和电压 U 。

解 图 1-10(a) 回路的 KVL 方程为 $2 = 2I + 4 \times I$, 得 $I = 0.33\text{ A}$, 电阻上的电压 $U = 4 \times I = 1.33\text{ V}$;

图 1-10(b) 回路的 KVL 方程为 $2 = 3U + U$, 得 $U = 0.5\text{ V}$, 电流 $I = \frac{U}{4} = 0.125\text{ A}$;

图 1-10(c) 电流 $I_1 + 1 = I$ (对节点①列 KCL 方程) 又 $U = 2I + 3U$, 即 $U = -I$, 对回路 1 列 KVL 方程, $8 = (1.5 + 2.5) \times I_1 + U$, 整理得 $3I = 12$, $I = 4 \text{ A}$, $U = -I = -4 \text{ V}$;

图 1-10(d) 电流 $I = U + \frac{U}{1}$ (对节点①列 KCL 方程), 对回路 1 列 KVL 方程, $4 = (2+2) \times I + U + 0.5I$, 整理得 $4 = 5I$, $I = 0.8 \text{ A}$, $U = 0.4 \text{ V}$ 。

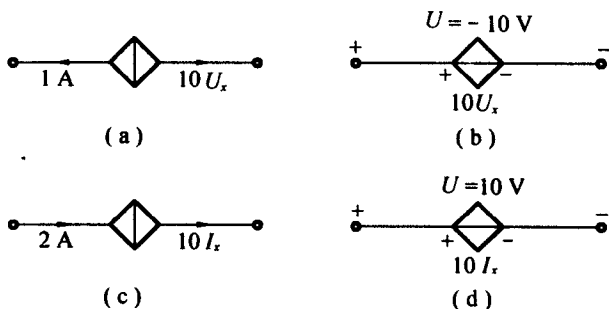


图 1-9

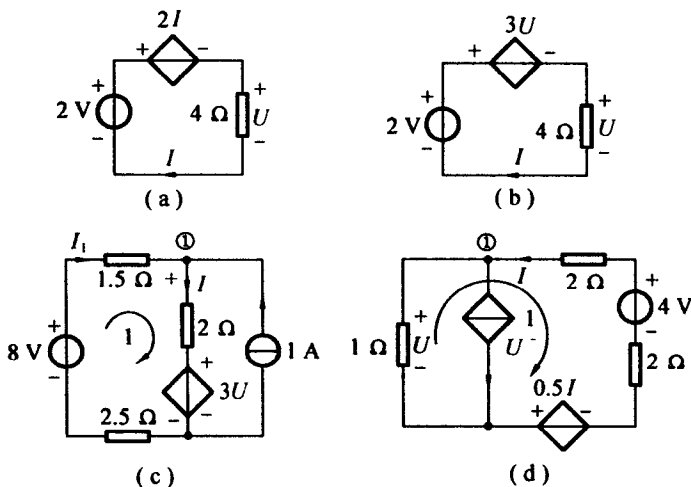


图 1-10

1-11 求图 1-11 所示电路中的电压 U 和 U_1 之值。

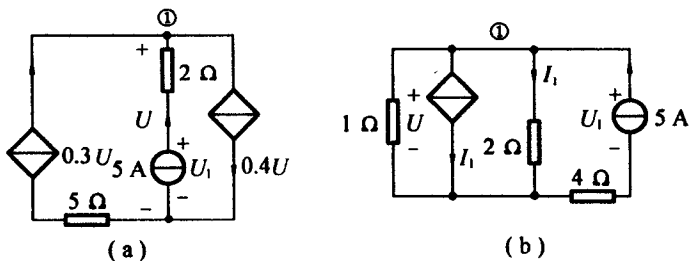


图 1-11

解 图 1-11(a) 电压 $U = U_1 - 2 \times 5 = U_1 - 10$, 对节点①列 KCL 方程 $0.3U + 5 = 0.4U$, 得 $U = 50 \text{ V}$, $U_1 = 60 \text{ V}$;

图 1-11(b) 电压 $U = 2I_1$ (对 2Ω 电阻列方程), 对节点①列 KCL 方程 $5 = I_1 + I_1 + \frac{U}{1}$, 整理得 $5 = 2U$, $U = 2.5 \text{ V}$, 又因为 $U = U_1 - 4 \times 5$, 得 $U_1 = 22.5 \text{ V}$ 。

1-12 已知电路如图 1-12 所示, 求: (a) 电流 I_x 、 I_y 和电压 U_1 ; (b) 将电流控电流源的控制电流 I_x 改为 I_y , 再求 I_x 、 I_y 和 U_1 。

解 (a) 由图 1-12 所示电路, 可列出节点 ① 的 KCL 方程和回路

1 的 KVL 方程

$$\begin{cases} 2 + 2U + 2I_x = I_x \\ 4I_x + 1 \times 2 = U \end{cases}$$

解方程组得 $U = -0.667 \text{ V}$, $I_x = -0.667 \text{ A}$ 。又因为 $I_x + I_y = 2$, 可得 $I_y = 2.667 \text{ A}$; $4I_x = U_1 - 1 \times 2U$, 可得 $U_1 = -4 \text{ V}$, 故 $I_x = -0.667 \text{ A}$, $I_y = 2.667 \text{ A}$, $U_1 = -4 \text{ V}$ 。

(b) 将电流控电流源的控制电流 I_x 改为 I_y 后, 列方程组

$$\begin{cases} I_y + 2I_y + 2U = 0 \\ 4I_x + 1 \times 2 = U \\ I_x + I_y = 2 \end{cases}$$

解方程组得 $I_y = 4 \text{ A}$, $I_x = -2 \text{ A}$, $U = -6 \text{ V}$ 。又因为 $4I_x = U_1 - 1 \times 2U$, 得 $U_1 = -20 \text{ V}$, 故 $I_x = -2 \text{ A}$, $I_y = 4 \text{ A}$, $U_1 = -20 \text{ V}$ 。

1-13 在图 1-13 所示电路中, 若 $U_{i1} = U_{i2} = U_{i3} = 1 \text{ mV}$, $A_1 = A_2 = 4000$, 求输出电压 U_{o1} 、 U_{o2} 。

解 在图 1-13 中, $U_{d1} = -(U_{i1} + U_{i2} + U_{i3}) = -3 \times 1 \text{ mV} = -3 \text{ mV}$, $U_{d2} = U_{i2} = 1 \text{ mV}$, 则

$$U_{o1} = A_1 U_{d1} = 4000 \times (-3) \text{ mV} = -12 \text{ V}, \quad U_{o2} = A_2 U_{d2} = 4000 \times 1 \text{ mV} = 4 \text{ V}$$

1-14 设图 1-14 中所示运算放大器是一个理想模型, 试求输出电压 $U_o = -(U_{i1} + 2U_{i2} + 3U_{i3})$ 时, 电路中电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 之间的关系。

解 根据理想运算放大器虚短虚断的条件, 可对节点 ① 列 KCL 方程

$$\frac{U_{i1}}{R_1} + \frac{U_{i2}}{R_2} + \frac{U_{i3}}{R_3} + \frac{U_o}{R_1} = 0$$

方程可变形为

$$U_o = -\left(\frac{R_1}{R_1} U_{i1} + \frac{R_1}{R_2} U_{i2} + \frac{R_1}{R_3} U_{i3}\right)$$

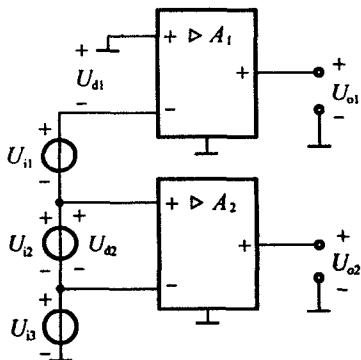


图 1-13

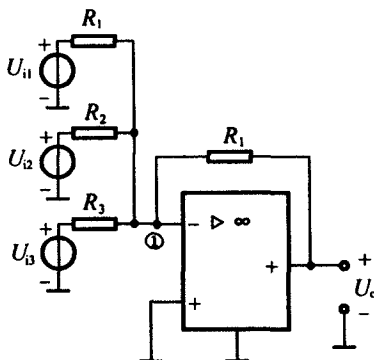


图 1-14

如要求输出电压 $U_o = -(U_{i1} + 2U_{i2} + 3U_{i3})$, 则要求 $\frac{R_1}{R_2} = 2$, $\frac{R_1}{R_3} = 3$ 。即 $R_2 = \frac{1}{2} R_1$, $R_3 = \frac{1}{3} R_1$ 。

1-15 试求图 1-15 所示电路的输出电压 $U_o(t)$ 。图中运算放大器是一个理想模型。

解 图 1-15 中节点 ① 与节点 ② 的电位相等(虚短), 则

$$U_{a1}(t) = U_{a2}(t) = \frac{R_4}{R_3 + R_4} U_{i2}(t)$$

对节点 ① 列 KCL 方程(应用虚断的条件)

$$\frac{U_{i1}(t) - U_{a1}(t)}{R_1} = \frac{U_{a1}(t) - U_o(t)}{R_2}$$

即

$$\frac{U_a(t) - \frac{R_4}{R_3 + R_4} U_a(t)}{R_1} = \frac{\frac{R_4}{R_3 + R_4} U_a(t) - U_o(t)}{R_2}$$

整理得

$$U_o(t) = \frac{R_4(R_1 + R_2)}{R_1(R_3 + R_4)} U_a(t) - \frac{R_2}{R_1} U_a(t)$$

1-16 应用基尔霍夫定律和欧姆定律列出图 1-16 所示电路的节点方程和回路方程组,并解出各电阻支路的电流。

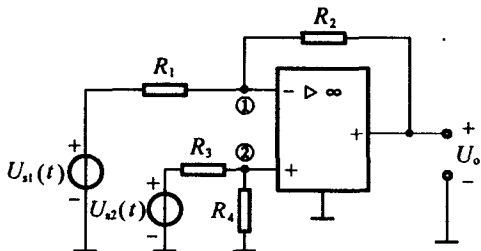


图 1-15

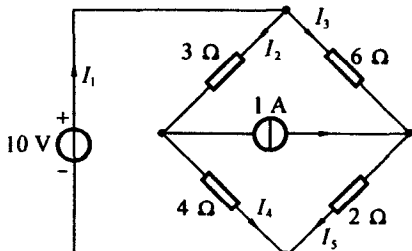


图 1-16

解 图 1-16 有 4 个节点, 6 条支路, 由于电流源所在支路的电流已知, 所以只需列 5 个独立方程。

$$\begin{cases} -I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\ -I_2 + I_4 + 1 = 0 \\ -I_3 - 1 + I_5 = 0 \\ 3I_2 + 4I_4 = 10 \\ 6I_3 + 2I_5 = 10 \end{cases}$$

解得 $I_1 = 3 \text{ A}$, $I_2 = 2 \text{ A}$, $I_3 = 1 \text{ A}$, $I_4 = 1 \text{ A}$, $I_5 = 2 \text{ A}$ 。

1-17 试求图 1-17 所示各电路的等效电阻 R 。

解 图 1-17(a) 两个 40Ω 的电阻与两个 20Ω 的电阻并联后再串联。

$$R = \left(\frac{40}{2} + \frac{20}{2} \right) \Omega = 30 \Omega$$

图 1-17(b) 由于电桥平衡, 所以节点 ① 与节点 ② 之间的 4 个电阻组成的支路可以断开。

$$R = \left(\frac{20}{2} + \frac{60}{2} \right) \Omega = 40 \Omega$$

图 1-17(c) 可以直接用电阻的串并联方法求解。解得 $R = 226.09 \Omega$ 。

图 1-17(d) 节点 ①、②、③ 的电位是相等的, 所以节点 ①、② 和节点 ②、③ 之间的 4Ω 电阻可以用开路, 也可以用短路等效, 等效后用电阻串并联方法求解。解得 $R = (320/64) \Omega = 5 \Omega$ 。

1-18 试求图 1-18 所示电路的端口电压 U 和端口等效电阻 R 。

解 图 1-18 是一个梯形电路, 其中

$$U_{ab} = (1 + 1) \times 1 \text{ V} = 2 \text{ V}, \quad I_{ab} = \frac{U_{ab}}{1} = 2 \text{ A}, \quad I_{dc} = 1 + I_{ab} = 1 \text{ A} + 2 \text{ A} = 3 \text{ A}$$

$$U_{de} = 1 \times I_{dc} = 1 \times 3 \text{ V} = 3 \text{ V}, \quad U_{ab} = U_{de} + U_{bc} = 3 \text{ V} + 2 \text{ V} = 5 \text{ V}, \quad I_{ab} = \frac{U_{ab}}{1} = 5 \text{ A}$$

$$I_{cd} = I_{ab} + I_{dc} = 5 \text{ A} + 3 \text{ A} = 8 \text{ A}, \quad U_{cd} = 1 \times I_{cd} = 8 \text{ V}, \quad U_{ab} = U_{cd} + U_{bc} = (8 + 5) \text{ V} = 13 \text{ V}$$

$$I_{ab} = \frac{U_{ab}}{1} = 13 \text{ A}, \quad I_{ac} = I_{ab} + I_{cd} = 13 \text{ A} + 8 \text{ A} = 21 \text{ A}, \quad U_{ac} = 1 \times I_{ac} = 21 \text{ V}$$

$$U = U_{ab} = U_{ac} + U_{bc} = 12 \text{ V} + 13 \text{ V} = 34 \text{ V}, \quad R = \frac{U_{ab}}{I_{ac}} = \frac{34}{21} \Omega = 1.619 \Omega$$

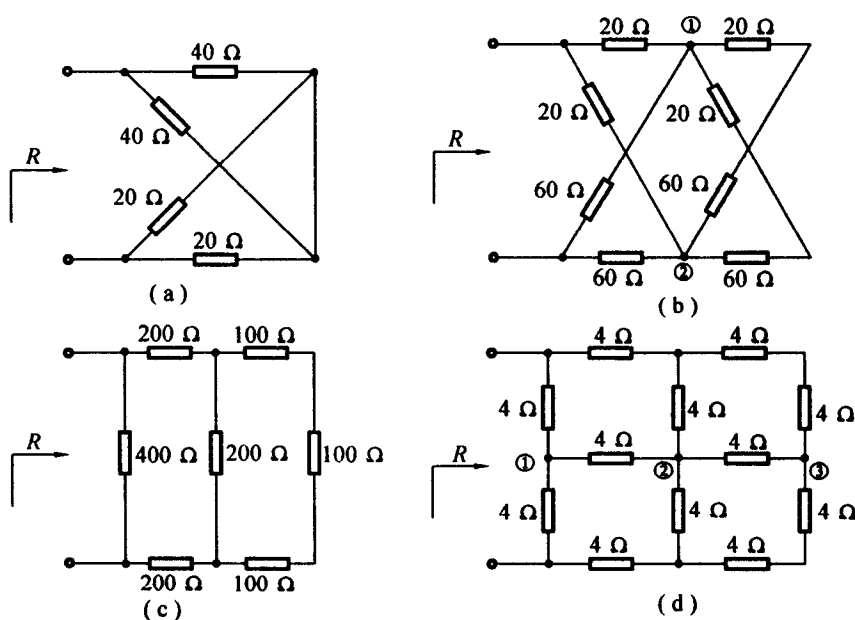


图 1-17

1-19 对于图 1-19 所示电路, (1) 当端口电压 $U_{ab} = 50 \text{ V}$ 时, 求输出电压 U_{ce} 、 U_{de} 、 U_{eg} 和 U_{fg} ; (2) 计算端口等效电阻 R_{ab} 。

解 应用倒退法求解本题。

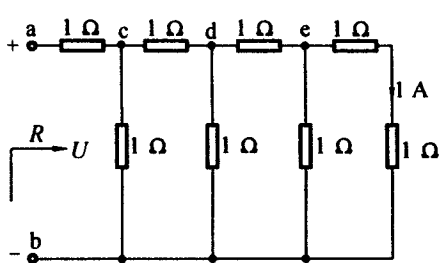


图 1-18

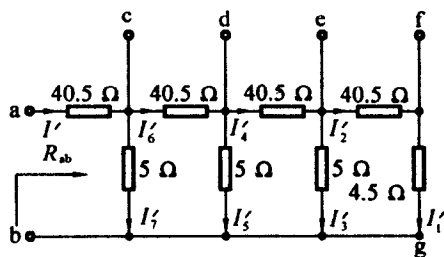


图 1-19

$$(1) \text{ 令 } I_1 = 1 \text{ A, 则 } I_2 = I_1 = 1 \text{ A, } U'_{ce} = (40.5 + 4.5) \times I_1 = 45 \text{ V, } I_3 = \frac{U'_{ce}}{5} = 9 \text{ A}$$

$$I_4 = I_2 + I_3 = 1 \text{ A} + 9 \text{ A} = 10 \text{ A, } U'_{de} = 40.5 \times I_4 + 45 = 450 \text{ V, } I_5 = \frac{U'_{de}}{5} = 90 \text{ A}$$

$$I_6 = I_4 + I_5 = 100 \text{ A, } U'_{eg} = 40.5 \times I_6 + 450 = 4500 \text{ V}$$

$$I_7 = \frac{U'_{eg}}{5} = 900 \text{ A, } I' = I_6 + I_7 = 1000 \text{ A, } U_{ab} = 40.5 \times I' + 4500 = 45000 \text{ V}$$

$$K = \frac{U_{ab}}{U'_{ab}} = \frac{50}{45000} = \frac{1}{900}$$

所以

$$U_{ce} = KU'_{ce} = 5 \text{ V, } U'_{de} = KU'_{de} = 0.5 \text{ V}$$

$$U_{eg} = KU'_{eg} = 0.05 \text{ V, } U_{fg} = KU'_{fg} = 0.005 \text{ V}$$

(2) 端口等效电阻

$$R_{ab} = \frac{U'_{ab}}{I'} = \frac{45\,000}{1\,000} \Omega = 45 \Omega$$

1-20 图1-20表示一无限梯形网络,试求其端口等效电阻 R 。(提示:这一网络由无限多个完全相同的环节组成,每一环节包括两个 1Ω 的串联电阻和一个 2Ω 的分路电阻。显然,在输入端去掉或增加若干个环节后所得到的网络仍旧是一个无限梯形网络,其端口等效电阻仍等于 R 。)

解 图1-20是一无限梯形网络。一端口 $11'$ (如图1-21)也是一无限梯形网络。所以,一端口的等效电阻为 R ,则可列方程

$$R = 1 + 1 + \frac{2R}{2 + R}, \text{解得 } R = 3.24 \Omega, \text{另一负值舍去。}$$

1-21 在图1-22所示电路中,在开关S断开的条件下,求电源送出的电流和开关两端的电压 U_{ab} ;在开关S闭合后,再求电源送出的电流和通过开关的电流。

解 当开关断开时 $I_s = I_1 + I_2 = \left(\frac{3}{1+2} + \frac{3}{3+3} \right) \text{A} = 1.5 \text{A}$

$$U_{ab} = 3I_2 - 1I_1 = \left(3 \times \frac{3}{3+3} - 1 \times \frac{3}{1+2} \right) \text{V} = 0.5 \text{V}$$

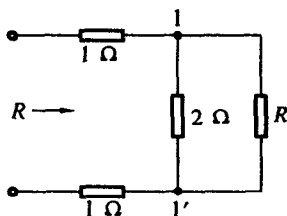


图 1-21

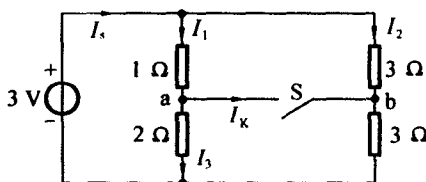


图 1-22

当开关闭合时

$$I_s = \frac{3}{R} = \frac{3}{\frac{1 \times 3}{1+3} + \frac{2 \times 3}{2+3}} I_s = 1.538 \text{A}$$

$$I_k = I_1 - I_3 = \frac{3}{1+3} I_s - \frac{3}{2+3} I_s = 0.231 \text{A}$$

1-22 图1-23表示由12个 1Ω 电阻组成的正六面体电路。试求等效电阻 R_{ab} 、 R_{ac} 和 R_{ag} 。

解 (1) 求 R_{ab} 。由于d、e两节点电位相等,c、f两节点电位相等,所以可以在d、e和c、f之间加一理想导线,则图1-23转化为图1-24(a),则

$$R_{ab} = \frac{1 \times \left(1 + \frac{0.5 \times 2}{0.5 + 2} \right) \Omega}{1 + \left(1 + \frac{0.5 \times 2}{0.5 + 2} \right)} = 0.583 \Omega$$

(2) 求 R_{ac} 。由于b、d两节点电位相等,f、h两节点电位相等,所以可以在b、d和f、h之间加一理想导线,则图1-23转化为图1-24(b)。

图1-24(b)再转化为图1-24(c),再将图1-24(c)的三个星形联接的 0.5Ω 电阻转化为角形联接,则 $R_{ac} = 0.75\Omega$ 。

(3) 求 R_{ag} 。由于节点b、d、e电位相等,节点c、f、h电位相等,所以可以在b、e、e、d、d、b、f、c、c、h、h、f之间加理想导线,则图1-23转化为图1-24(e)。

$$R_{ag} = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} \right) \Omega = \frac{5}{6} \Omega = 0.833 \Omega$$

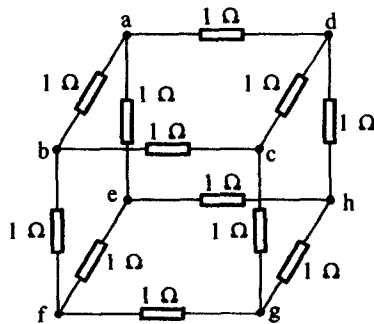


图 1-23

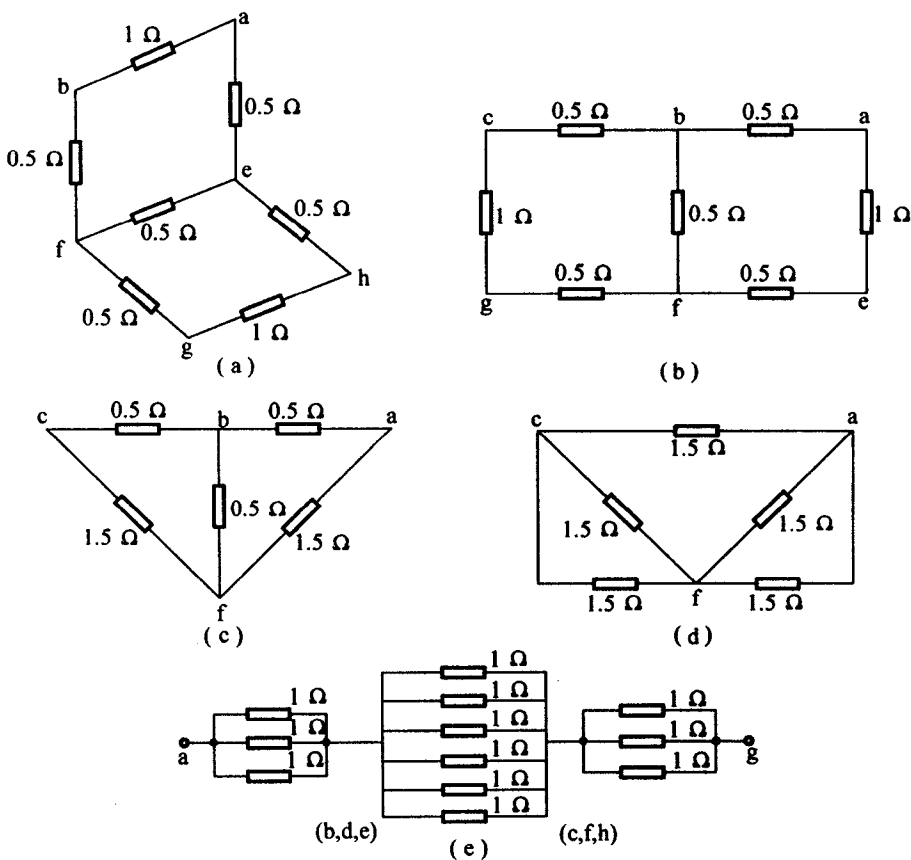


图 1-24

1-23 求图 1-25 所示两电路的端口等效电阻 R 。

解 图 1-25(a) 列 KVL 方程 $U_s = 1 \times (I_s - i) + 4(I_s - i + 2i)$, 又 $U_s = 1 \times i$, 则 $U_s = 5I_s + 3i = 5I_s + 3U_s$, 等效电阻 $R = \frac{U_s}{I_s} = -2.5 \Omega$ 。

图 1-25(b) 列 KCL 方程 $I_s = I_1 + I_2 = \frac{U_s - u}{1} + \frac{U_s - u - u}{2}$, 又 $u = 2I_s$, 则 $R = \frac{U_s}{I_s} = 3.33 \Omega$ 。

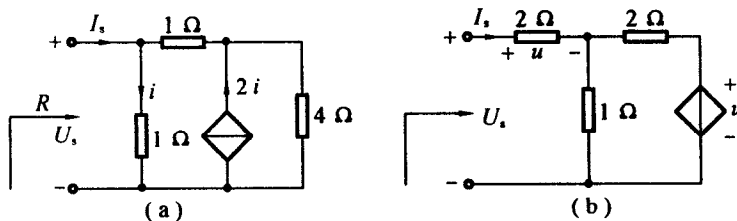


图 1-25

1-24 试用支路分析法求图 1-26 所示电路中的电压 u 和电流 i_s 。

解 对图 1-26 的节点 ① 和回路 1、2 列方程
$$\begin{cases} i + 2 = i_s \\ 5i + u = 4i_s \\ 2i_s + 5 = u \end{cases}$$
 联立求解得 $i_s = 1.667 \text{ A}$, $u = 8.333 \text{ V}$ 。

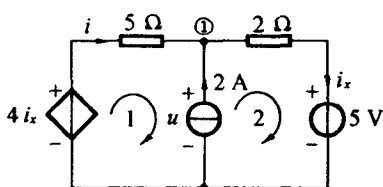


图 1-26

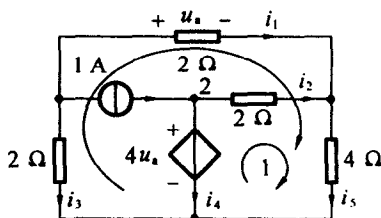


图 1-27

1-25 试用支路分析法求图 1-27 所示电路中受控电压源输出的功率。

解 由于电流源所在支路的电流已知,因此需要列 5 个独立方程。

$$\begin{cases} i_1 + 1 + i_3 = 0 \\ -1 + i_2 + i_4 = 0 \\ -i_1 - i_2 + i_5 = 0 \\ 2i_2 + 4i_5 - 4u_x = 0 \\ u_x + 4i_5 - 2i_3 = 0 \end{cases}$$

又 $u_x = 2i_1$, 解得 $i_4 = 1.125 \text{ A}$, $u_x = -0.375 \text{ V}$ 。受控源的功率 $P = 4u_x i_4 = -1.6875 \text{ W}$ 。因为 $P < 0$, 故受控源输出功率为 1.6875 W 。

同步训练题

1. 求图 1-28 所示电路中的 I_2 。

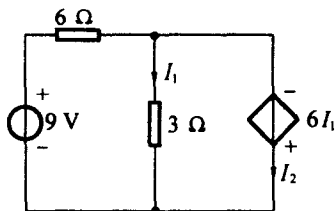


图 1-28

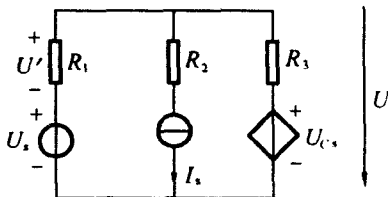


图 1-29

2. 图 1-29 所示直流电路, 已知 $R_1 = R_2 = R_3 = 5 \Omega$, 电压源 $U_s = 10 \text{ V}$, 电流源 $I_s = 1 \text{ A}$, 电压控制电压源 $U_c = 5U'$, 求各电源(包括受控源)输出的功率。

3. 求图 1-30 所示电路中的 i 。

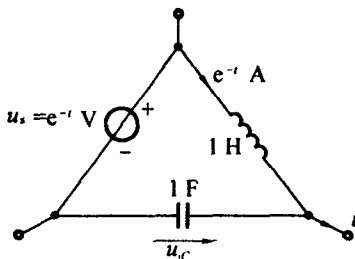


图 1-30

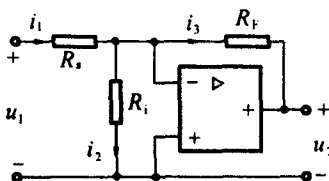


图 1-31