



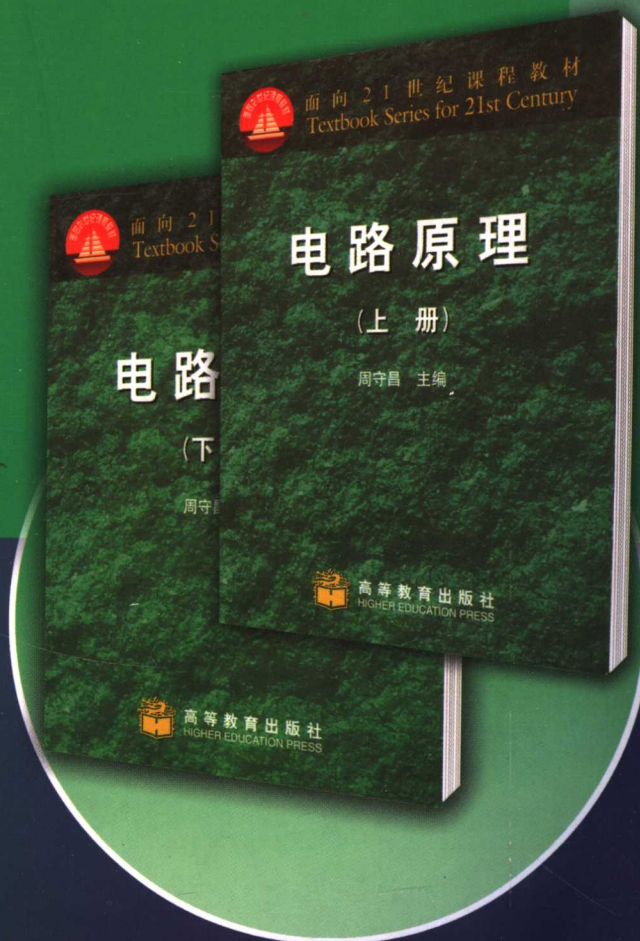
高等学校优秀教材辅导丛书

GAO DENG XUE XIAO YOU XIU JIAO CAI FU DAO CONG SHU

主 编 邵洪波 副主编 佟 亮

电路原理

知识要点与习题解析



哈尔滨工程大学出版社

高等学校优秀教材辅导丛书

电路原理 知识要点与习题解析

(配周守昌第一版教材·高教版)

主 编 邵洪波

副主编 佟 亮

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路原理知识要点与习题解析/邵洪波主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2005

ISBN 7-81073-715-5

I. 电… II. 邵… III. 电路理论 - 高等学校 - 教
学参考资料 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 070956 号

内 容 简 介

本书为哈尔滨工程大学策划出版的《高等学校优秀教材辅导》丛书之一。本书是与周守昌教授主编的《电路原理》相配套的辅导教材。本书与原教材的章节安排相同,书中对教材中各章的知识要点进行了精练的概括,并对每章后的习题进行了详尽的解析,尽可能地做到解题方法简练、步骤齐全,以便能使读者更好地理解 and 掌握知识;在每章的最后均安排了少量的同步训练题,以期加深读者对教材内容的理解。

本书可以作为学习电路课程的本、专科生以及电大、函授学生的辅导书,也适用于有关专业硕士研究生的报考人员参阅。

哈 尔 滨 工 程 大 学 出 版 社 出 版 发 行
哈尔滨市南通大街145号 哈尔滨工程大学11号楼
发 行 部 电 话 : (0 4 5 1) 8 2 5 1 9 3 2 8 邮 编 : 1 5 0 0 0 1
新 华 书 店 经 销
黑 龙 江 省 教 育 厅 印 刷 厂 印 刷

*

开本 787mm×960mm 1/16 印张 22.25 字数 520 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3 000 册

定价:29.00 元



P r e f a c e

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的基本理论,以及电路习题的解题方法,受哈尔滨工程大学出版社的委托,我们编写了这本《电路原理知识要点与习题解析》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四部分:即知识要点、书后习题解析、同步训练题及同步训练题答案。第一部分简述了各章节的主要内容以及需要注意的要点;第二部分为书后习题的详尽解析。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。第三部分选择了一些有代表性的典型题,并在第四部分加以解答,以期在知识的巩固上能对读者有所帮助。

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。

作 者

2005 年 5 月

上 册

第1章 基尔霍夫定律和电阻元件	1
知识要点	1
1.1 电流与电压的参考方向	1
1.2 基尔霍夫定律	1
1.3 电阻、电导	2
1.4 独立源	2
1.5 受控源	2
1.6 运算放大器	2
1.7 支路分析法	3
1.8 平衡电桥电路	3
书后习题解析	4
同步训练题	17
同步训练题答案	18
第2章 电阻电路的分析	19
知识要点	19
2.1 叠加定理	19
2.2 戴维宁定理	20
2.3 诺顿定理	21
2.4 互易定理	21
2.5 节点分析法	22
2.6 网孔分析法	23
2.7 节点法、网孔法的三点补充	24
2.8 有伴电源的等效变换	24
书后习题解析	25
同步训练题	53
同步训练题答案	54
第3章 动态元件和动态电路导论	57

知识要点	57
3.1 动态元件	57
3.2 动态电路的初始状态与初始条件	58
3.3 零输入响应、零状态响应及全响应	58
书后习题解析	58
同步训练题	72
同步训练题答案	74
第4章 一阶电路与二阶电路	77
知识要点	77
4.1 一阶电路的零输入响应	77
4.2 一阶电路的阶跃响应和冲激响应	77
4.3 二阶电路的冲激响应	78
4.4 卷积积分	78
书后习题解析	78
同步训练题	103
同步训练题答案	105
第5章 正弦电流电路导论	110
知识要点	110
5.1 正弦量的基本概念及其表示法	110
5.2 基尔霍夫定律的相量形式及电路元件方程的相量形式	111
5.3 阻抗与导纳以及阻抗的串、并联	113
书后习题解析	113
同步训练题	125
同步训练题答案	127
第6章 正弦电流电路的分析	130
知识要点	130
6.1 正弦电流电路的相量分析	130
6.2 正弦电路中的功率	130
6.3 谐振电路	131

6.4 含耦合电感及理想变量器电路	132
6.5 三相电路	134
书后习题解析	135
同步训练题	158
同步训练题答案	161
第7章 非正弦周期电流电路的分析	167
知识要点	167
7.1 周期函数的傅里叶级数展开式	167
7.2 谐波分析法	167
7.3 非正弦周期电流和电压的有效值、平均功率	169
书后习题解析	170
同步训练题	180
同步训练题答案	181
第8章 拉普拉斯变换	183
知识要点	183
8.1 拉普拉斯变换	183
8.2 拉普拉斯变换的基本性质	183
书后习题解析	184
第9章 电路的复频域分析	190
知识要点	190
9.1 线性动态电路方程的拉普拉斯变换解法(经典法)	190
9.2 电路的复频域分析(运算法)	190
9.3 基尔霍夫定律的复频域形式	191
9.4 电路元件的复频域模型	191
9.5 利用线性动态电路的复频域模型分析电路暂态过程 的具体步骤	193
9.6 网络函数	194
书后习题解析	194
同步训练题	214

同步训练题答案	214
附录 非线性电路	218
知识要点	218
附.1 非线性电阻元件及其联接	218
附.2 非线性电阻电路的分析方法	218
书后习题解析	219
同步训练题	224
同步训练题答案	225

下 册

第1章 网络图论	228
知识要点	228
1.1 网络的图的基本知识	228
1.2 关联矩阵 A_a 、基本割集矩阵 Q 、基本回路矩阵 B	228
1.3 对偶图	229
书后习题解析	229
同步训练题	235
同步训练题答案	236
第2章 网络方程的矩阵形式	239
知识要点	239
2.1 基尔霍夫定律的矩阵形式	239
2.2 网络支路方程的矩阵形式	239
2.3 节点方程、割集方程及回路方程的矩阵形式	240
2.4 对偶网络	241
书后习题解析	242
同步训练题	264
同步训练题答案	265
第3章 网络的状态方程	271

知识要点	271
3.1 网络的状态和状态变量	271
3.2 状态方程和输出方程	271
3.3 线性常态网络状态方程的建立与求解	272
书后习题解析	272
同步训练题	285
同步训练题答案	287
第4章 二端口网络	291
知识要点	291
4.1 研究范围	291
4.2 二端口网络的参数	291
4.3 二端口网络的参数的求解方法	294
4.4 二端口网络的等效模型	295
4.5 二端口网络的联接	296
4.6 有载二端口网络	297
4.7 回转器和负阻抗变换器	298
书后习题解析	298
同步训练题	318
同步训练题答案	319
第5章 均匀传输线的正弦稳态响应	322
知识要点	322
5.1 均匀传输线及其微分方程	322
5.2 均匀传输线方程的正弦稳态解	323
5.3 行波及均匀传输线的传播特性	324
5.4 波的反射与终端匹配的均匀传输线	325
5.5 无损耗线、驻波	326
书后习题解析	327
同步训练题	333
同步训练题答案	334

第6章 无损耗均匀传输线的波过程	335
知识要点	335
6.1 无损耗均匀传输线方程的通解	335
6.2 无损耗均匀传输线在始端电压激励下的波过程	336
6.3 波的反射与折射	336
书后习题解析	337
同步训练题	342
同步训练题答案	342

上册

第1章 基尔霍夫定律和电阻元件



知识要点

1.1 电流与电压的参考方向

由于电路中实际电压、电流的方向有的未知,有的随时间变化,同时在进行电路分析时(应用电路定理、电路分析方法)需要确定电压、电流方向,所以需要引入电压与电流的参考方向。在进行电路分析时,考虑的对象是电压与电流的参考方向。电压与电流的参考方向在初始时可以随意规定,但是一经确定,在电路分析过程中不得改变。

1.2 基尔霍夫定律

1.2.1 基尔霍夫电流定律(KCL)

对于集中参数电路中的任何一个节点而言,在任一瞬时,流入此节点的电流之和等于流出此节点的电流之和。

需要注意的是:基尔霍夫电流定律适用于广义节点。

1.2.2 基尔霍夫电压定律(KVL)

对于集中参数电路的任何一个回路而言,在任一瞬时,沿着任意选定的回路参考方向计算,各支路电压的代数和恒等于零。

需要注意的是:基尔霍夫电压定律适用于假想回路。

1.3 电阻、电导

反映同一电阻元件的性能,可以用电阻,也可以用电导,电阻和电导是互为倒数的两个参数。一般,电阻元件串联时,采用电阻比较方便;电阻元件并联时,采用电导比较方便。

1.4 独立源

1.4.1 独立电压源

电压源的源电压 $u_s(t)$ 由电压源自身决定。 $u_s(t)$ 或者恒定不变,或者按照某一函数规律随时间变化。通过电压源的电流并不由电压源自身决定,而视外电路而定。

1.4.2 独立电流源

电流源的源电流 $i_s(t)$ 由电流源自身决定。 $i_s(t)$ 或者恒定不变,或者按照某一函数规律随时间变化。电流源的端电压并不由电流源自身决定,同样视外电路而定。

电压源在电压为零时,相当于短路。电流源在电流为零时,相当于开路。

1.5 受控源

受控源与独立源在电路分析中处理方法相似,但要注意受控源的源电压、源电流依赖于电路中某一支路的电压或电流的控制。同时也要注意,受控源的控制量所在支路要保持不变,不能进行串联、并联等等效变换。

受控源可分为电压控电压源(VCVS)、电压控电流源(VCCS)、电流控电压源(CCVS)和电流控电流源(CCCS)四种。

- | | |
|--------|------------------------|
| 电压控电压源 | 常用作三极电子管电路模型的基本元件。 |
| 电压控电流源 | 常用作五极管和场效应管的电路模型的基本元件。 |
| 电流控电压源 | 常用作晶体管电路模型的基本元件。 |
| 电流控电流源 | 常用作晶体管电路模型的基本元件。 |

1.6 运算放大器

在分析含有理想运算放大器的电路时,要注意理想运算放大器的两个特点,

(1) 输入端电流 $i_- = 0$ 、 $i_+ = 0$ (虚断); (2) 输入端对地电压 $u_+ = u_-$ (虚短)。尤其要注意的是 i_- 、 i_+ 、 u_- 、 u_+ 是输入端对应的电流、电压, 如图 1-1 所示。

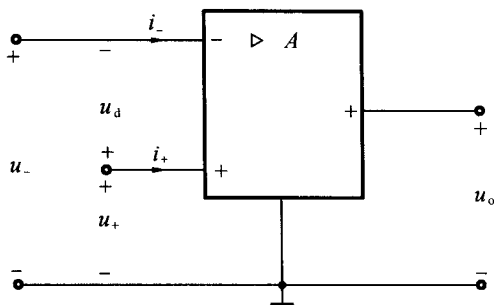


图 1-1 运算放大器

分析含理想运算放大器的电路的一般思路是: 通过 $u_+ = u_-$ 的条件, 将电阻上的电压转化为输入电压和输出电压, 然后对其节点列 KCL 方程 (其中 $i_- = 0$ 、 $i_+ = 0$) 建立输入与输出的关系。

1.7 支路分析法

对于具有 $n_t = n + 1$ 个节点, b 条支路的复杂电路, 可以对任意 n 个节点列出 n 个独立的 KCL 方程; 可以对电路中的独立回路 (网孔是电路的一组独立回路) 列出 $b - n$ 个独立的 KVL 方程, 通过列出的 b 个独立方程, 求解出 b 条支路的未知量 (支路电流或支路电压)。这种方法就是支路分析法。

确定电路的支路和节点时要注意, 一般认为一个电路元件, 或元件的串联组合、并联组合、混联组合是一条支路。同时还要注意, 节点不仅仅是指支路的联接点, 从几何的角度看, 点、直线、折线都是节点。

1.8 平衡电桥电路

通过对平衡电桥电路的分析可以得出如下普遍适用的结论。

1. 电路中已知电流为零的支路 (或导线) 可以断开;
2. 电路中已知电位相等的点可以短接。



SHU HOU XI TI JIE XI

习题解析

1-1 求图 1-2 各分图中的待求电压、电流值(设电流表内阻为零)。

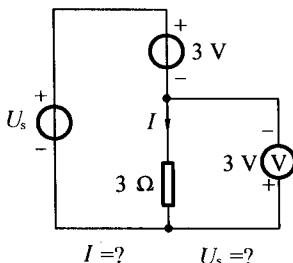
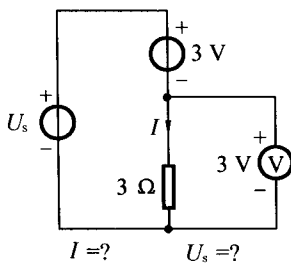
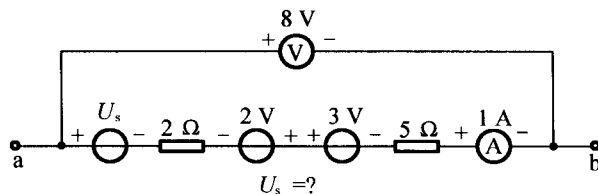
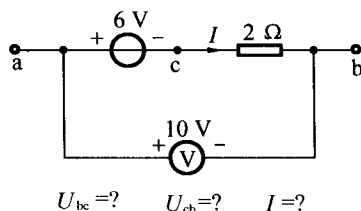
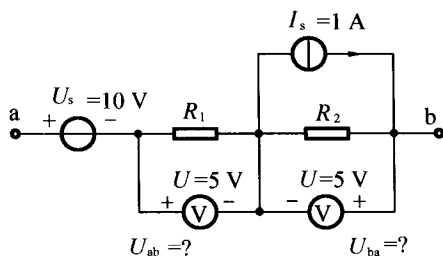
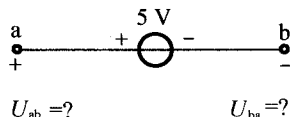
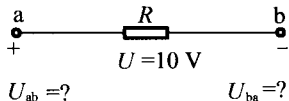


图 1-2

解 图 1-2(a) $U_{ab} = U = 10 \text{ V}$, $U_{ba} = -U = -10 \text{ V}$;

图 1-2(b) $U_{ab} = 5 \text{ V}$, $U_{ba} = -5 \text{ V}$;

图 1-2(c) $U_{ab} = U_s + U - U = 10 \text{ V}$, $U_{ba} = -U_{ab} = -10 \text{ V}$;

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

图 1-2(f) $I = \frac{3}{3} = 1 \text{ A}$, $U_s = (3 + 3) \text{ V} = 6 \text{ V}$;

图 1-2(g) $I = -\frac{3}{3} \text{ A} = -1 \text{ A}$, $U_s = (3 - 3) \text{ V} = 0 \text{ V}$.

1-2 解答图 1-3 中的各个分题(设电流表内阻为零)。

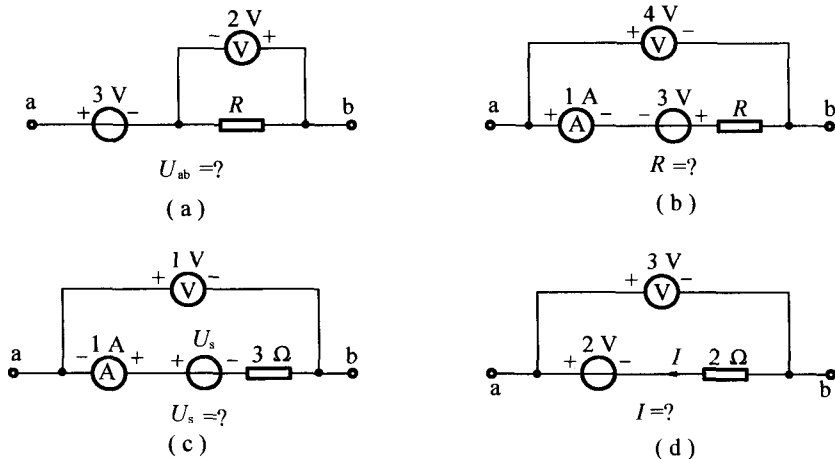


图 1-3

解 图 1-3(a) $U_{ab} = (3 - 2) \text{ V} = 1 \text{ V}$;

图 1-3(b) $-3 + R \times 1 = 4$, $R = 7 \Omega$;

图 1-3(c) $U_s - 3 \times 1 = 1$, $U_s = 4 \text{ V}$;

图 1-3(d) $2 - 2 \times I = 3$, $I = -0.5 \text{ A}$.

1-3 试求图 1-4 所示部分电路中的电压 U_{gf} 、 U_{ag} 、 U_{db} 和电流 I_{cd} 。

解

$$U_{gf} = U_{gc} + U_{cb} = (-7 + 10 - 3) \text{ V} = 0 \text{ V}$$

$$U_{ag} = U_{ab} + U_{bg} = U_{ab} - U_{gf} = (-30 - 5 - 0) \text{ V} = -35 \text{ V}$$

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

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

1-4 如图 1-5 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 1-5(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

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

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

$$U_x = U_y - 2I_x = (80 - 2 \times 5) \text{ V} = 70 \text{ V}$$

$$U_{I_s} = 20 + U_x - 10 = 80 \text{ V}$$

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。

$$P_{I_s} = 80 \text{ V} \times 10 \text{ A} = 800 \text{ W}$$

$$P_{U_s} = -100 \text{ V} \times 11 \text{ A} = -1100 \text{ W},$$

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

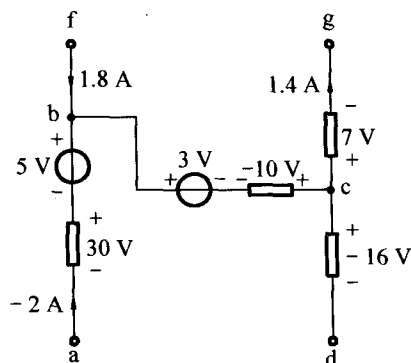


图 1-4

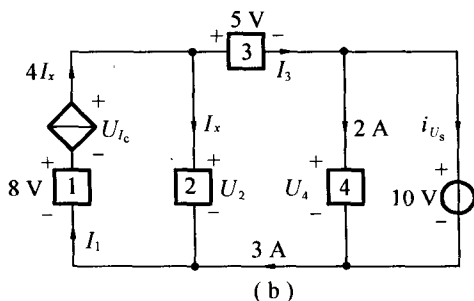
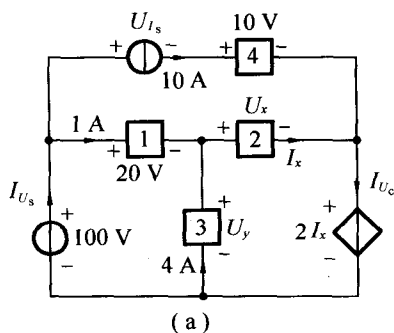


图 1-5

$$P_1 = 2 \times 1 = 20 \text{ W}, \quad P_2 = U_x I_x = 70 \text{ V} \times 5 \text{ A} = 350 \text{ W}$$

$$P_3 = -U_y \times 4 = -80 \text{ V} \times 4 \text{ A} = -320 \text{ W}, \quad P_4 = 10 \text{ V} \times 10 \text{ A} = 100 \text{ W}$$

$P_{\Sigma} = 0$, 本电路功率守恒。

图 1-5(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

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

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

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。

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

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

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

$P_{\Sigma} = 0$, 本电路功率守恒。

1-5 写出图 1-6 所示各电路的 $U = f(I)$ 和 $I = f(U)$ 两种形式的端口特性方程。



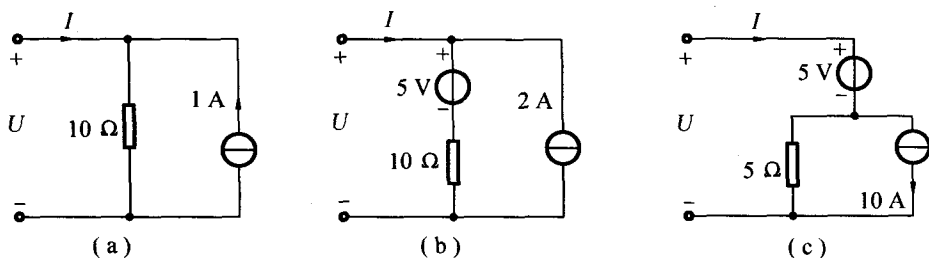


图 1-6

解 图 1-6(a) $U = 10 \times (I + 1) = 10I + 10, I = \frac{U}{10} - 1 = 0.1U - 1$;

图 1-6(b) $U = 5 + 10(I + 2) = 10I + 25, I = \frac{U - 5}{10} - 2 = 0.1U - 2.5$;

图 1-6(c) $U = 5 + 5 \times (I - 10) = 5I - 45, I = 10 + \frac{U - 5}{5} = 0.2U + 9$ 。

1-6 试求图 1-7 所示电路中的电压 U_{ac} 和 U_{ad} 。

解 由于图 1-7 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。

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

所以

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

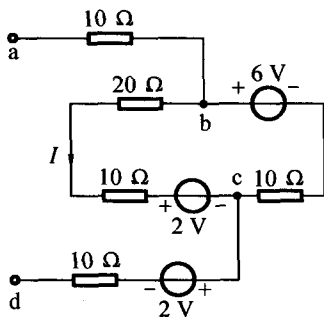


图 1-7

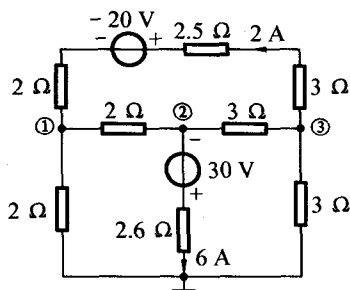


图 1-8

1-7 试求图 1-8 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} 。

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