

新
XIN SAN DAO CONG SHU
三导丛书

- 知识脉络图解
- 重点、难点解读
- 典型例题分析
- 考试、考研指点
- 本章习题全解

电路基础

(西北工大·第3版)

导教·导学·导考

范世贵 王崇斌 编著

西北工业大学出版社

TM13
168C

2007

三 导 丛 书

电路基础

(西北工大·第3版)

导教·导学·导考

范世贵 王崇斌 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是与西北工业大学出版社出版的《电路基础》教科书相配套的“新三导”(导教、导学、导考)丛书之一,其章节标题和顺序与《电路基础》完全一致。全书内容共 20 章,每章均由 5 个部分组成:知识脉络图解,重点、难点解读,典型例题分析,考试、考研指点(含考试、考研真题选解),本章习题全解。

本书可作为大学生、考研考生、教师的学习、考试、考研、教学辅导用书。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础导教·导学·导考/范世贵,王崇斌编著. —西安:西北工业大学出版社,2007.2
(新三导丛书)

ISBN 978-7-5612-2037-5

I. 电… II. ①范…②王… 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(2007)第 021254 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:26.625

字 数:731 千字

版 次:2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

定 价:35.00 元

前 言

本书是范世贵主编、西北工业大学出版社出版的《电路基础》(第3版)教材的辅导用书。全书共20章,其章节标题和顺序与其教材完全一致,每章内容均由5个部分组成:知识脉络图解,重点、难点解读,典型例题分析,考试、考研指点(含考试、考研真题选解),本章习题全解。由于本书是对电路理论课程普遍适用的辅导参考用书,因此本书对于不同高校所选用的其他版本的电路基础(电路)教材同样适用。

本书倾注了编者长期对教学内容和教学方法研究的成果,对教学实践经验的凝结与升华,对电路理论课程内容深度、新度、广度、量度的把握与理解,对国内外知名大学优秀教学成果的学习与借鉴,对研究生招生考试规律的认识与探索。古人云:“君子爱人,必教之以其方”。本书会教你“博学之,审问之,慎思之,明辨之,笃行之”。好书凭借力,送君上青云。莘莘学子用此书,会学业有成,出类拔萃;考研考生用此书,会金榜题名,展翅鹏程;任课教师用此书,会桃李芬芳,英才神州。

本书在编写中参阅了大量的书籍、资料以及试题库试题,对其作者谨表诚挚谢意。

编 者

2006年10月

目 录

第 1 章 电路基本概念与定律	1
1.1 知识脉络图解	1
1.2 重点、难点解读	2
1.3 典型例题分析	4
1.4 考试、考研指点	8
1.5 本章习题全解	11
第 2 章 电阻电路等效变换	20
2.1 知识脉络图解	20
2.2 重点、难点解读	21
2.3 典型例题分析	24
2.4 考试、考研指点	28
2.5 本章习题全解	31
第 3 章 电路分析基本方法	40
3.1 知识脉络图解	40
3.2 重点、难点解读	40
3.3 典型例题分析	42
3.4 考试、考研指点	46
3.5 本章习题全解	51
第 4 章 电路定理	59
4.1 知识脉络图解	59
4.2 重点、难点解读	60
4.3 典型例题分析	62
4.4 考试、考研指点	70
4.5 本章习题全解	76
第 5 章 正弦电流电路	89
5.1 知识脉络图解	89



5.2 重点、难点解读	90
5.3 典型例题分析	94
5.4 考试、考研指点	102
5.5 本章习题全解	109
第 6 章 耦合电感与理想变压器电路	121
6.1 知识脉络图解	121
6.2 重点、难点解读	122
6.3 典型例题分析	125
6.4 考试、考研指点	128
6.5 本章习题全解	135
第 7 章 谐振电路	143
7.1 知识脉络图解	143
7.2 重点、难点解读	144
7.3 典型例题分析	147
7.4 考试、考研指点	149
7.5 本章习题全解	153
第 8 章 非正弦周期电流电路	161
8.1 知识脉络图解	161
8.2 重点、难点解读	161
8.3 典型例题分析	163
8.4 考试、考研指点	166
8.5 本章习题全解	172
第 9 章 三相电路	181
9.1 知识脉络图解	181
9.2 重点、难点解读	182
9.3 典型例题分析	185
9.4 考试、考研指点	189
9.5 本章习题全解	193
第 10 章 网络图论与网络方程	201
10.1 知识脉络图解	201
10.2 重点、难点解读	202
10.3 典型例题分析	204



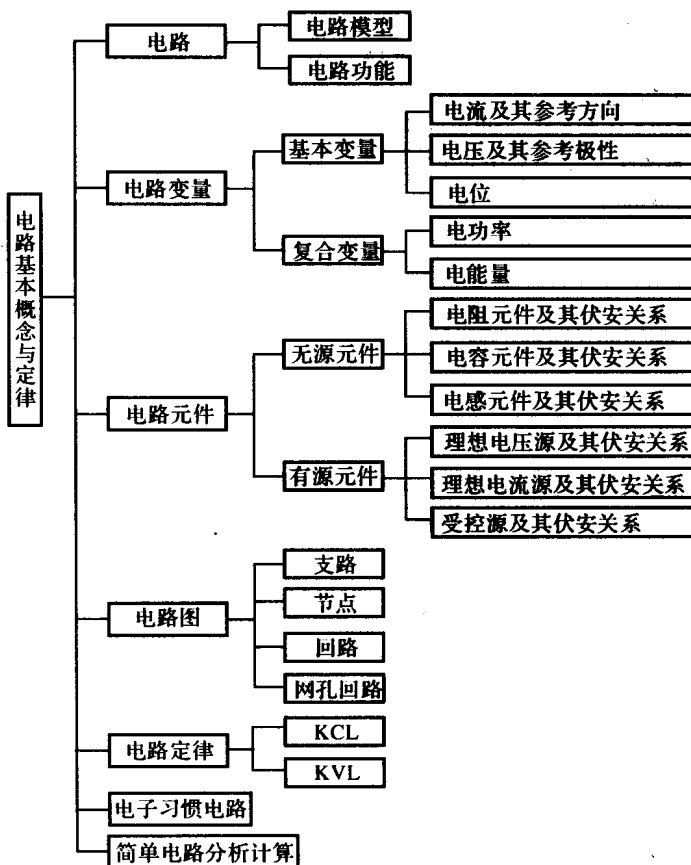
10.4	考试、考研指点	207
10.5	本章习题全解	210
第 11 章	含运算放大器电路	216
11.1	知识脉络图解	216
11.2	重点、难点解读	217
11.3	典型例题分析	221
11.4	考试、考研指点	222
11.5	本章习题全解	225
第 12 章	二端口网络	231
12.1	知识脉络图解	231
12.2	重点、难点解读	232
12.3	典型例题分析	236
12.4	考试、考研指点	240
12.5	本章习题全解	247
第 13 章	一阶电路时域分析	258
13.1	知识脉络图解	258
13.2	重点、难点解读	259
13.3	典型例题分析	265
13.4	考试、考研指点	271
13.5	本章习题全解	279
第 14 章	二阶电路时域分析	295
14.1	知识脉络图解	295
14.2	重点、难点解读	295
14.3	典型例题分析	297
14.4	考试、考研指点	300
14.5	本章习题全解	302
第 15 章	动态电路 s 域分析	307
15.1	知识脉络图解	307
15.2	重点、难点解读	308
15.3	典型例题分析	311
15.4	考试、考研指点	315
15.5	本章习题全解	319



第 16 章 网络函数	331
16.1 知识脉络图解	331
16.2 重点、难点解读	332
16.3 典型例题分析	335
16.4 考试、考研指点	342
16.5 本章习题全解	347
第 17 章 状态变量法	357
17.1 知识脉络图解	357
17.2 重点、难点解读	357
17.3 典型例题分析	360
17.4 考试、考研指点	361
17.5 本章习题全解	365
第 18 章 非线性电阻电路	371
18.1 知识脉络图解	371
18.2 重点、难点解读	372
18.3 典型例题分析	373
18.4 考试、考研指点	374
18.5 本章习题全解	380
第 19 章 非线性动态电路	389
19.1 知识脉络图解	389
19.2 重点、难点解读	390
19.3 典型例题分析	391
19.4 考试、考研指点	393
19.5 本章习题全解	396
第 20 章 均匀传输线	401
20.1 知识脉络图解	401
20.2 重点、难点解读	402
20.3 典型例题分析	404
20.4 考试、考研指点	409
20.5 本章习题全解	410

第1章 电路基本概念与定律

1.1 知识脉络图解





1.2 重点、难点解读

1.2.1 电路模型

把实际的电路经过理想化、抽象化和集总假设后而得到的电路,称为理想化电路或电路模型。电路分析都是针对电路模型进行的,所得结果只是实际电路的一种近似。

1.2.2 电流和电压的参考方向

1. 电流和电压的参考方向

电流和电压都是标量,因此求解电路时,首先必须给电流 $i(t)$ 设定一个参考方向,给电压 $u(t)$ 设定一个参考极性。当 $i(t) > 0$ 时,电流 $i(t)$ 的实际方向与参考方向一致;当 $i(t) < 0$ 时,电流 $i(t)$ 的实际方向与参考方向相反。当 $u(t) > 0$ 时,电压 $u(t)$ 的实际极性与参考极性一致;当 $u(t) < 0$ 时,电压 $u(t)$ 的实际极性与参考极性相反。电路图中电流的方向恒为参考方向,电路图中电压的“+”“-”极性恒为参考极性。

2. 电流与电压的关联参考方向

对于一个确定的电路元件或支路,若电流的参考方向是从电压参考极性的“+”流向“-”,则称电流与电压为关联参考方向,简称关联方向,否则为非关联方向。如图 1.1 所示,对电路 A 而言, u 与 i 为非关联方向;对电路 B 而言, u 与 i 为关联方向。

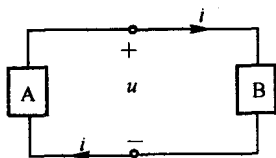


图 1.1 关联参考方向

在电路分析中,为了叙述的简便,人们往往并不把电阻 R 中电流 i 的参考方向与其两端电压 u 的参考极性同时设定出来,而是只设定出其中之一;这时就认定 u 与 i 或 i 与 u 恒为关联方向,即 $u = Ri$,如图 1.2 所示。

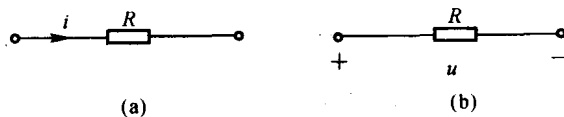
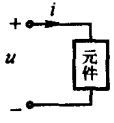
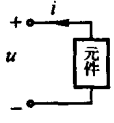


图 1.2 恒为关联方向

1.2.3 电功率

电功率简称功率。描述电路元件的功率有两种:“吸收功率”与“发出功率”。对同一个电路元件而言,“吸收功率”与“发出功率”互为相反数,即 $p_{\text{吸}} = -p_{\text{发}}$ 或 $p_{\text{发}} = -p_{\text{吸}}$ 。电路元件功率的计算公式如表 1.1 所示。

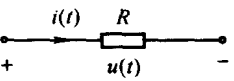
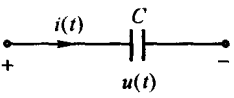
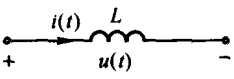
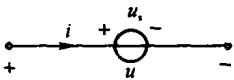
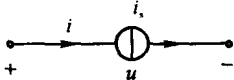
表 1.1 电路元件功率的计算公式

参考方向	电 路	吸收的功率	发出的功率
关联方向		$p_{\text{吸}} = ui$	$p_{\text{发}} = -ui$
非关联方向		$p_{\text{吸}} = -ui$	$p_{\text{发}} = ui$

1.2.4 线性电路元件的伏安关系

线性电路元件的伏安关系只与电路元件的性质有关,而与电路元件的连接方式无关,称为元件约束,如表 1.2 所示。

表 1.2 线性电路元件的伏安关系

元 件	电路(取关联方向)	定 义	伏安关系
电阻元件		电压 u 与电流 i 的关系曲线为通过 $u-i$ 平面上坐标原点的直线	$u(t) = Ri(t)$ $i(t) = \frac{u(t)}{R} = Gu(t)$ (欧姆定律)
电容元件		电量 q 与电压 u 的关系曲线为通过 $q-u$ 平面上坐标原点的直线	$i(t) = C \frac{du(t)}{dt}$ $u(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau$
电感元件		磁链 ψ 与电流 i 的关系曲线为通过 $\psi-i$ 平面上坐标原点的直线	$u(t) = L \frac{di(t)}{dt}$ $i(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u(\tau) d\tau$
电压源		用来产生电压的电源称为电压源	$u(t) = u_s(t)$ $i(t) = \text{不定值(由外电路确定)}$
电流源		用来产生电流的电源称为电流源	$i(t) = i_s(t)$ $u(t) = \text{不定值(由外电路确定)}$



续表

元 件	电路(取关联方向)	定 义	伏安关系
受控电压源		一个支路的电压受另一个支路的电压 u_1 或电流 i_1 控制	$u_2 = \mu u_1$ 或 $u_2 = r i_1$ $i_2 =$ 不定值(由外电路确定)
受控电流源		一个支路的电流受另一个支路的电压 u_1 或电流 i_1 控制	$i_2 = g u_1$ 或 $i_2 = \alpha i_1$ $u_2 =$ 不定值(由外电路确定)

1.2.5 基尔霍夫定律

基尔霍夫电流定律(KCL)描述了电路中各支路电流之间的关系。基尔霍夫电压定律(KVL)描述了电路中各支路电压之间的关系。它们都与电路元件的性质无关,只与电路的连接方式有关,称为连接方式约束(拓扑约束),如表 1.3 所示。

表 1.3 基尔霍夫定律

名 称	时域表达式	适用范围与条件	独立方程个数
KCL	$\sum i(t) = 0$	适用于任意电流函数的任意时刻,集总参数中的任意节点和封闭曲面	$(n-1)$ 个
KVL	$\sum u(t) = 0$	适用于任意电压函数的任意时刻,集总参数电路中的任意回路	$b - (n-1)$ 个

注意: n 与 b 分别为电路的节点数与支路数。

1.3 典型例题分析

例 1.1 图 1.3 所示电路,求 i , i_1 和电压 u_{ad} 。

解 (1) 对节点 b 列写 KCL 方程为

$$i_1 = i_1 + i$$



故得

$$i = 0$$

(2) 对电路左边的回路列写 KVL 方程为

$$(2+3)i_1 = 10 - 5$$

$$i_1 = 1 \text{ A}$$

故得

$$u_{ad} = 3i_1 + 1i - 1 - 2 \times 1 = 0$$

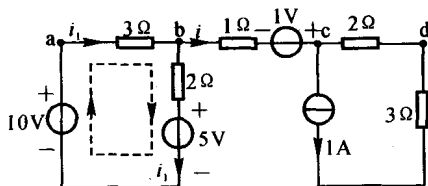


图 1.3

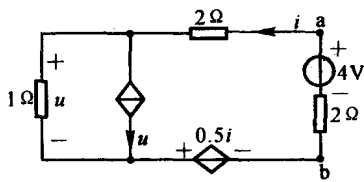


图 1.4

例 1.2 图 1.4 所示电路, 求 i , u 及支路 ab 发出的功率。**解**

$$u = (i - u) \times 1 = i - u$$

$$i = 2u$$

又因

$$u = -2i + 4 - 2i - 0.5i = -9u + 4$$

故得

$$u = 0.4 \text{ V}$$

$$i = 2u = 2 \times 0.4 = 0.8 \text{ A}$$

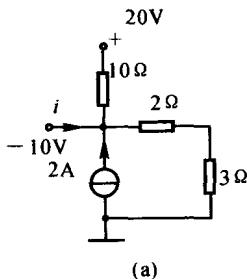
$$u_{ab} = 2i + u + 0.5i = 2.4 \text{ V}$$

或者

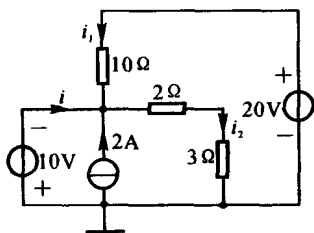
$$u_{ab} = 4 - 2i = 4 - 2 \times 0.8 = 2.4 \text{ V}$$

故支路 ab 发出的功率为

$$p_{\text{发}} = u_{ab} i = 2.4 \times 0.8 = 1.92 \text{ W}$$

例 1.3 图 1.5(a) 所示电路, 求电流 i 及 2 A 电流源发出的功率。

(a)



(b)

图 1.5

解 将图 1.5(a) 所示的电子习惯电路改画成图 1.5(b) 所示的一般性电路, 根据图 1.5(b) 所示电路得

$$i_1 = \frac{20 + 10}{10} = 3 \text{ A}$$

$$i_2 = -\frac{10}{2+3} = -2 \text{ A}$$

$$i = -i_1 + i_2 - 2 = -7 \text{ A}$$

则 2 A 电流源发出的功率为

$$p_{\text{发}} = -2 \times 10 = -20 \text{ W}$$

故 2 A 电流源实际是吸收了 20 W 的功率。

例 1.4 图 1.6(a) 所示电路, 已知电流 $i(t)$ 的曲线如图 1.6(b) 所示。(1) 画出电压 $u(t)$ 的曲线, 并写出 $u(t)$ 的函数表达式; (2) 求 $t = 3 \text{ s}$ 时的磁场能量 $W(3 \text{ s})$; (3) 求电感元件吸收的功率 $p(t)$ 。

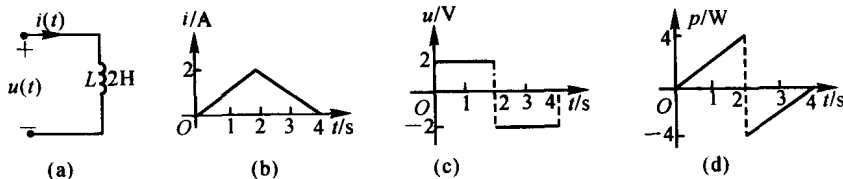


图 1.6

解 (1) 根据 $u(t) = L \frac{di(t)}{dt} = 2 \frac{di(t)}{dt}$ 可画出电压 $u(t)$ 的曲线, 如图 1.6(c) 所示, 故 $u(t)$ 的函数表达式为

$$u(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 2 \text{ V}, & 0 \leq t < 2 \text{ s} \\ -2 \text{ V}, & 2 \text{ s} \leq t < 4 \text{ s} \\ 0, & t \geq 4 \text{ s} \end{cases}$$

(2) $t = 3 \text{ s}$ 时, $i(3 \text{ s}) = 1 \text{ A}$, 故磁场能量为

$$W(3 \text{ s}) = \frac{1}{2} L [i(3 \text{ s})]^2 = 1 \text{ J}$$

(3) 电感元件吸收的功率为

$$p(t) = u(t)i(t)$$

$p(t)$ 的曲线如图 1.6(d) 所示。由 $p(t)$ 的曲线可看出, 在时间区间 $t \in [0, 2)$ 内, $p(t) > 0$, 说明电感元件是吸收功率; 在时间区间 $t \in [2, 4)$ 内, $p(t) < 0$, 说明电感元件是发出功率。

例 1.5 图 1.7(a) 所示电路, 已知 $u(t)$ 的曲线如图 1.7(b) 所示。(1) 求 $i(t)$ 的表达式, 并画出 $i(t)$ 的曲线; (2) 求 $t = 5 \text{ s}$ 时的电场能量 $W(5 \text{ s})$; (3) 求电容元件吸收的功率 $p(t)$ 。

解 (1)
$$i(t) = -C \frac{du(t)}{dt} = -0.5 \frac{du(t)}{dt}$$

$i(t)$ 的曲线如图 1.7(c) 所示, 故 $i(t)$ 的表达式为

$$i(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ -1 \text{ A}, & 0 \leq t < 2 \text{ s} \\ 0, & 2 \text{ s} \leq t < 4 \text{ s} \\ 1 \text{ A}, & 4 \text{ s} \leq t < 6 \text{ s} \\ 0, & t \geq 6 \text{ s} \end{cases}$$

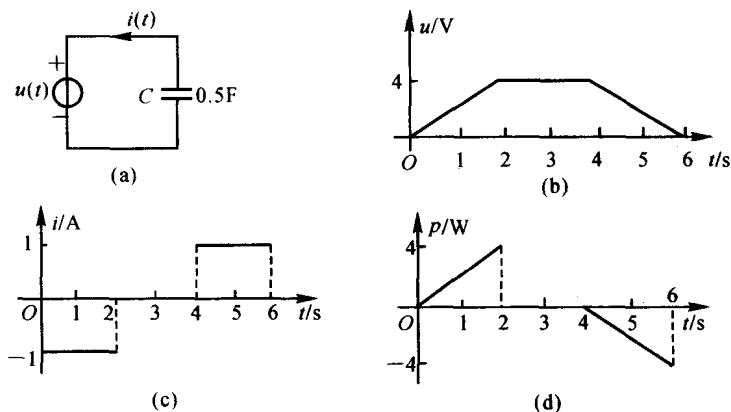


图 1.7

(2) $t = 5 \text{ s}$ 时, $u(5 \text{ s}) = 2 \text{ V}$, 故电场能量为

$$W(5 \text{ s}) = \frac{1}{2} C [u(5 \text{ s})]^2 = 1 \text{ J}$$

(3) 电容元件吸收的功率为

$$p(t) = -u(t)i(t)$$

$p(t)$ 的曲线如图 1.7(d) 所示。由 $p(t)$ 曲线可看出, 在时间区间 $t \in [0, 2]$ 内, $p(t) > 0$, 说明电容元件是吸收功率; 在时间区间 $t \in [4, 6]$ 内, $p(t) < 0$, 说明电容元件是发出功率。

例 1.6 图 1.8(a), (b) 所示电路, 求端口上的伏安方程(即 u 与 i 的关系方程)。

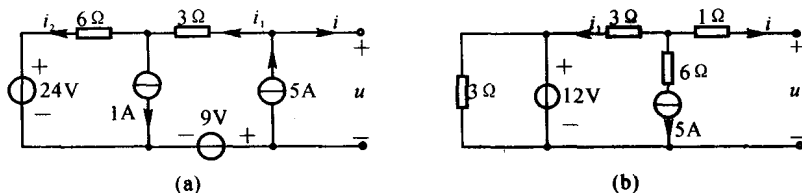


图 1.8

解 对于图(a)

$$i_1 = 5 - i$$

$$i_2 = i_1 - 1 = 5 - i - 1 = 4 - i$$

故

$$u = 3i_1 + 6i_2 + 24 - 9 = 54 - 9i \text{ V}$$

对于图(b)

$$i_1 = -5 - i$$

故

$$u = -1i + 3i_1 + 12 = -4i - 3 \text{ V}$$

例 1.7 图 1.9 所示电路中的 N 为任意含有电阻与电源的电路, 试判断电路 N 是吸收功率还是发出功率, 功率的值为多少?

解

$$i = 2 + 3 = 5 \text{ A}$$

$$u = -15 - 5i - 10 \times 2 + 60 - 1 \times 5 = -5 \text{ V}$$

因为对电路 N 而言, u 与 i 为关联方向, N 吸收的功率为



$$p_{\text{吸}} = ui = -5 \times 5 = -25 \text{ W} < 0$$

故电路 N 实际上是发出功率, 发出功率的值为 25 W。

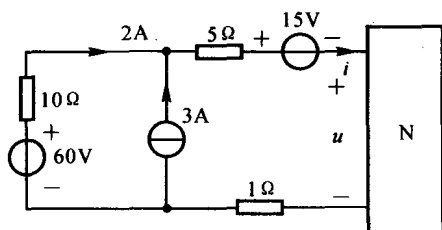


图 1.9

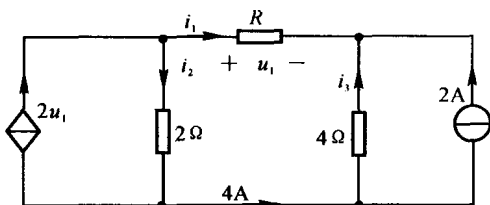


图 1.10

例 1.8 图 1.10 所示电路, 求 R 的值。

解

$$i_1 = -4 \text{ A}$$

$$i_3 = 4 - 2 = 2 \text{ A}$$

$$i_2 = 2u_1 + 4$$

$$u_1 = 2i_2 + 4i_3$$

$$u_1 = -\frac{16}{3} \text{ V}$$

$$R = \frac{u_1}{i_1} = \frac{-\frac{16}{3}}{-4} = \frac{4}{3} \Omega$$

又有

联立求解得

故得

1.4 考试、考研指点

本章内容是电路的基本概念与基本定律, 是全书的基础, 以后各章的内容都是在这些基本概念和基本定律的基础上向广度和深度展开的; 所以要求读者必须深刻理解, 牢固记忆, 熟练应用, 否则会“后患无穷”。正因为如此, 所以本章内容是考试、考研的重点和热点之一, 题型多是填空题和选择题, 或者是小规模、小容量的正向思维或逆向思维分析计算题, 主要考查考生对基本概念和基本定律的正确理解和熟练应用能力。

例 1.9 图 1.11 所示电路, 下列叙述正确的是 ()。(西北工业大学期末考试题)

- (A) 支路 ab 实际发出 4 W 的功率
- (B) 支路 ab 实际吸收 4 W 的功率
- (C) 4 A 电流源实际发出 16 W 的功率
- (D) 4 A 电流源实际吸收 16 W 的功率

解

$$i_1 = 4 \text{ A}$$

又有

$$5 = 1i_1 + u_{ab}$$

$$u_{ab} = 5 - 1i_1 = 1 \text{ V}$$

故支路 ab 吸收的功率为

$$p_{\text{ab吸}} = u_{ab} \times 4 = 4 \text{ W}$$

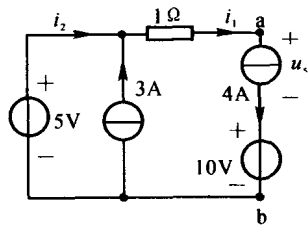


图 1.11



又有

$$u_{ab} = u_s + 10$$

$$u_s = u_{ab} - 10 = -9 \text{ V}$$

4 A 电流源吸收的功率为

$$p_{\text{吸}} = 4 u_s = 4 \times (-9) = -36 \text{ W}$$

则 4 A 电流源实际是发出 36 W 的功率,故应选(B)。

例 1.10 图 1.12 所示电路, 2Ω 电阻消耗的功率为 4Ω 电阻消耗功率的 2 倍, 则电压源电压 u_s 的值为 _____ V。(北京航空航天大学期末考试题)

解 这是反向思维分析计算题。

$$2i_1^2 = 2 \times 4i_2^2$$

故

$$i_1 = \pm 2i_2$$

又有

$$\begin{cases} i + i_1 = 1 \\ i + i_2 + 2 = 0 \\ 2i_1 + 2i = u_1 \\ 4i_2 + u_2 = 2i \\ u_s + u_1 - u_2 = 0 \end{cases}$$

联立求解得

$$\begin{cases} i_1 = 2 - \frac{1}{6}u_s \\ i_2 = -\frac{1}{6}u_s - 1 \end{cases}$$

代入式 ① 有

$$2 - \frac{1}{6}u_s = \pm 2\left(-\frac{1}{6}u_s - 1\right)$$

故得

$$u_s = 0 \quad \text{或} \quad u_s = -24 \text{ V}$$

例 1.11 图 1.13(a) 所示电路, 下列叙述正确的是()。(西安电子科技大学期末考试题)

(A) 支路 ab 实际发出的功率为 1 W

(B) $u_s = -1 \text{ V}$

(C) 3 A 电流源实际吸收的功率为 1 W

(D) 电压 $u_{cd} = 5 \text{ V}$

解 将图 1.13(a) 电子习惯电路画成一般性电路, 如图 1.13(b) 所示。

$$i_1 = 2 - 3 = -1 \text{ A}$$

$$i_2 = 3 + i_1 = 2 \text{ A}$$

$$u_{ab} = -2i_2 + 3 = -1 \text{ V}$$

$$p_{\text{ab吸}} = u_{ab} i_1 = 1 \text{ W}$$

故(A) 错。

3 A 电流源吸收的功率为

$$p_{3\text{A吸}} = u_{ab} \times 3 = -3 \text{ W}$$

故(C) 错。

$$u_{cd} = 2i_1 - 3 = -5 \text{ V}$$

故(D) 错。

又因

$$u_{ab} = -u_s + 2i_1$$

即

$$u_s = -u_{ab} + 2i_1 = -1 \text{ V}$$

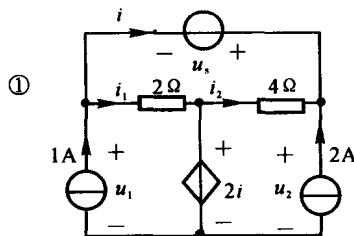


图 1.12