

21世纪高职高专规划教材 电子信息基础系列

王玉芳 瞿红 主编

电工基础学习指导

清华大学出版社



21世纪高职高专规划教材 电子信息基础系列

电工基础学习指导

王玉芳 瞿红 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

全书共分7章,主要包括电路的基本概念和基本定律、直流电阻电路的分析、正弦交流电路、三相正弦交流电路、非正弦周期性电流电路、动态电路的分析、磁路和铁心线圈。每一章都配有教学目的和要求、教学内容和要点、典型例题分析与解答、习题训练与练习,学生可以根据学习的要求,自行选择书中的章节和内容。在每章的最后,还有综合测试题,便于学生检查学习的效果。本书内容丰富,具有较强的综合性和典型性,可以帮助学生深刻理解电工基础的基本概念和定律,指导学生分析和思考问题,提高和拓宽解题思路,进而提高综合解题能力,从而能很好地掌握电工基础这门课程。

本书适合作为高职高专院校电类专业和非电类专业学习电工基础课程的辅导用书,也可供有关工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电工基础学习指导/王玉芳,瞿红主编. —北京:清华大学出版社,2011.4

(21世纪高职高专规划教材.电子信息基础系列)

ISBN 978-7-302-25059-3

I. ①电… II. ①王… ②瞿… III. ①电工学—高等职业教育—教学参考资料 IV. ①TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第040311号

责任编辑:束传政 刘 青

责任校对:李 梅

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:10 字 数:227千字

版 次:2011年4月第1版 印 次:2011年4月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:20.00元

产品编号:040321-01

前言

电工基础学习指导

本书作为高职高专院校电专业和非电专业学习“电工基础”课程的辅导用书,涵盖了“电工基础”的所有学习内容。

对于理工科的“电工基础”这门课程,学生在学习的过程中,普遍会有“一听就懂,一看就会,一做就错”的感受,只有多看、多学、多练,才能真正地理解和掌握每个知识点,直至全部内容。为了帮助学生深刻理解电工基础的基本概念和定律,指导学生分析和思考问题,提高和拓宽解题思路,进而提高综合解题能力,最终使学生能很好地掌握这门课程,我们编写了本书。

本书共有7章,各章都配有教学目的和要求、教学内容和要点、典型例题分析与解答、习题训练与练习,学生可以根据学习的要求,自行选择书中的章节和内容。在每章的最后,还有综合测试题,便于学生在学完之后检查学习效果。

本书由江西电力职业技术学院王玉芳、瞿红任主编,刘英、欧阳微频、杨菊梅任副主编。书中第1章和第2章由王玉芳编写,第3章和第5章由瞿红编写,杨菊梅编写了第4章,刘英编写了第6章,欧阳微频编写了第7章。最后由王玉芳和瞿红统一审阅。在编写过程中,还得到了教研室、系部和学院领导的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中若有不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2010年11月

目 录

电工基础学习指导

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1
1.1 教学目的和要求	1
1.2 教学内容和要点	1
1.2.1 电路与电路模型	1
1.2.2 电路的基本物理量	1
1.2.3 电路的基本定律	2
1.3 典型例题分析与解答	3
1.4 习题训练与练习	7
1.4.1 电路的基本概念	7
1.4.2 电阻元件和欧姆定律	9
1.4.3 基尔霍夫定律	10
1.4.4 电位	13
1.5 综合测试题	14
1.6 习题答案	16
第 2 章 直流电阻电路的分析	19
2.1 教学目的和要求	19
2.2 教学内容和要点	19
2.2.1 电阻的连接	19
2.2.2 两种电源的等效变换	21
2.2.3 支路电流法	21
2.2.4 网孔法	21
2.2.5 节点电位法	21
2.2.6 叠加定理	21
2.2.7 等效电源定理	21
2.3 典型例题分析与解答	22
2.4 习题训练与练习	32

2.4.1	电阻的连接	32
2.4.2	两种电源的等效变换	34
2.4.3	支路法、网孔电流法	37
2.4.4	节点电位法	39
2.4.5	叠加定理	41
2.4.6	等效电源定理	42
2.5	综合测试题	45
2.6	习题答案	48
第3章	正弦交流电路	52
3.1	教学目的和要求	52
3.2	教学内容和要点	52
3.2.1	正弦量的三要素	52
3.2.2	R 、 L 、 C 元件的伏安关系	53
3.2.3	正弦交流电路的相量法分析	53
3.2.4	正弦交流电路的功率	54
3.2.5	电路的谐振	54
3.2.6	互感电路	55
3.3	典型例题分析与解答	55
3.4	习题训练与练习	69
3.4.1	正弦量的三要素	69
3.4.2	R 、 L 、 C 元件的伏安关系	70
3.4.3	正弦交流电路的相量法分析	71
3.4.4	正弦交流电路的功率	73
3.4.5	电路的谐振	75
3.4.6	互感电路	76
3.5	综合测试题	77
3.6	习题答案	79
第4章	三相正弦交流电路	83
4.1	教学目的和要求	83
4.2	教学内容和要点	83
4.2.1	三相电路的基本概念	83
4.2.2	对称三相电路中的关系	85
4.2.3	对称三相电路的分析与计算	86
4.2.4	不对称 Y/Y 连接电路的计算	86
4.2.5	对称三相电路功率的计算	86
4.3	典型例题分析与解答	86

4.4	习题训练与练习	96
4.4.1	对称三相正弦量	96
4.4.2	三相电源和三相负载的连接	97
4.4.3	对称三相电路的计算	99
4.4.4	不对称三相电路的计算	100
4.4.5	三相电路的功率	102
4.5	综合测试题	104
4.6	习题答案	105
第5章	非正弦周期性电流电路	109
5.1	教学目的和要求	109
5.2	教学内容和要点	109
5.2.1	非正弦周期量的有效值、功率	109
5.2.2	非正弦周期性电流电路的分析计算	110
5.3	典型例题分析与解答	111
5.4	习题训练与练习	116
5.4.1	非正弦周期量的有效值、功率	116
5.4.2	非正弦周期性电流电路的分析计算	117
5.5	综合测试题	118
5.6	习题答案	120
第6章	动态电路的分析	122
6.1	教学目的和要求	122
6.2	教学内容和要点	122
6.2.1	换路定则	122
6.2.2	一阶电路	122
6.2.3	分析一阶电路的三要素法	123
6.3	典型例题分析与解答	123
6.4	习题训练与练习	128
6.4.1	换路定则	128
6.4.2	零输入响应	130
6.4.3	零状态响应	131
6.4.4	全响应	132
6.4.5	一阶电路的三要素法	133
6.5	综合测试题	134
6.6	习题答案	136

第7章 磁路和铁心线圈	140
7.1 教学目的和要求	140
7.2 教学内容和要点	140
7.2.1 磁路的基本概念	140
7.2.2 磁路的基本定理	140
7.2.3 铁磁物质	141
7.2.4 磁路定律	141
7.2.5 无分支恒定磁通磁路计算	141
7.2.6 交流铁心线圈、理想变压器	141
7.3 典型例题分析与解答	142
7.4 习题训练与练习	144
7.4.1 磁路的基本性质、铁磁物质的磁化	144
7.4.2 磁路和磁路定律	145
7.4.3 交流铁心线圈、铁损	145
7.4.4 理想变压器	146
7.5 综合测试题	147
7.6 习题答案	148
参考文献	151

电路的基本概念和基本定律

1.1 教学目的和要求

- (1) 掌握电路模型、理想元件的概念。
- (2) 理解电压、电流、电能、功率的概念。
- (3) 理解电压、电流正负值和功率正负值的意义。
- (4) 理解和掌握欧姆定律。
- (5) 理解和掌握基尔霍夫电流定律和电压定律,并能以此分析简单直流电路。
- (6) 掌握电位的概念、电位和电压的关系、电位的计算。

1.2 教学内容和要点

1.2.1 电路与电路模型

电流通过的路径称为电路,电路由电源、负载、中间环节三部分组成。由理想元件组成的电路称为电路模型,理想电路元件是对实际电路元件物理性质的科学抽象。电路的作用:一是完成电能的传输、分配和转换;二是完成信息的传递和处理。

1.2.2 电路的基本物理量

1. 电流

电荷有规则的定向运动形成电流。

电流强度是在电场的作用下单位时间内通过某一导体截面的电量,随时间而变化的电流强度 i 可表示为

$$i = \frac{dq}{dt}$$

电流的实际方向规定:正电荷的定向移动方向。

电流的单位是安[培]。

电流的参考方向称为假定正方向。当电流的实际方向与参考方向一致时,电流为正值;不一致时,电流为负值。

2. 电压

电场中任意两点的电位差,就是这两点之间的电压。

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$$

电压的实际方向规定:从高电位点指向低电位点。

电压的单位是伏[特]。

电压的参考方向称为假定正方向。当电压的实际方向与参考方向一致时,电压为正值;不一致时,电压为负值。

3. 电位

电路中某点的电位等于该点到零电位点的电压。

4. 电功率

电压与电流参考方向是关联时,电功率表示为

$$P = UI$$

电压与电流参考方向是非关联时,电功率表示为

$$P = -UI$$

$P > 0$,表示元件吸收功率; $P < 0$,表示元件发出功率。

功率的单位是瓦[特]。

5. 电能

$$W = Pt$$

电能的单位是焦[耳],它的另一个单位是千瓦时,俗称度。

$$1\text{kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$$

1.2.3 电路的基本定律

1. 欧姆定律

电压与电流参考方向是关联时,欧姆定律为

$$I = \frac{U}{R}$$

电压与电流参考方向是非关联时,欧姆定律为

$$I = -\frac{U}{R}$$

2. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫电流定律(KCL)。在任一瞬间,流入电路某一节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$$

或在任意瞬间,电路任一节点上电流的代数和恒等于零。

$$\sum I = 0$$

必须指出:该定律不仅适用于直流电路,还适用于交流电路,更可以推广到电路中的任一假想的封闭面。

(2) 基尔霍夫电压定律(KVL)。在任一瞬间,沿任一闭合回路的各电压的代数和恒

等于零。

$$\sum U = 0$$

1.3 典型例题分析与解答

例 1-1 如图 1-1 所示,电路元件的端电压 $U = -12\text{V}$, 电流 $I = 2\text{A}$, 试求元件的功率, 并说明元件的状态。

解 元件的电压和电流的参考方向是非关联参考方向, 所以

$$P = -UI = -(-12) \times 2 = 24\text{W}$$

$P > 0$, 元件吸收功率, 为负载状态。

例 1-2 某教室有“220V, 15W”日光灯 9 盏, 每天使用 8 小时, 一个月按 28 天计算, 求该教室一个月耗电多少千瓦时(度)。

解 每小时的耗电千瓦时(度)数 $= \frac{\text{总功率(瓦)}}{1000}$

$$\text{所以总耗电千瓦时数} = \frac{15 \times 9}{1000} \times 8 \times 28 = 30.24\text{kW} \cdot \text{h}$$

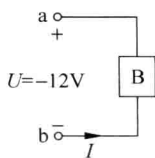


图 1-1 例 1-1 图

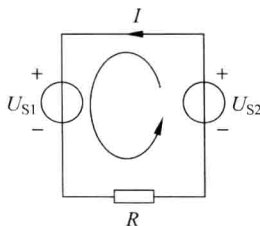


图 1-2 例 1-3 图

例 1-3 如图 1-2 所示, 已知 $U_{S1} = 15\text{V}$, $U_{S2} = 5\text{V}$, $R = 5\Omega$, 求电路的电流值, 并计算出两电池的功率。说明功率平衡的意义。

解 对闭合回路列 KVL 方程

$$U_{S1} + RI - U_{S2} = 0$$

解得

$$I = -2\text{A}$$

15V 电池的功率

$$P_1 = U_{S1} I = 15 \times (-2) = -30\text{W} < 0 \quad (\text{发出功率})$$

5V 电池的功率

$$P_2 = -U_{S2} I = -5 \times (-2) = 10\text{W} > 0 \quad (\text{电池吸收功率})$$

5Ω 电阻的功率

$$P_R = I^2 R = 20\text{W} > 0$$

$$P_{\text{吸}} + P_{\text{发}} = 0$$

例 1-4 一直流电源, 其额定功率 $P_N = 200\text{W}$, 额定电压 $U_N = 50\text{V}$, 电源内阻为 0.5Ω , 负载电阻 R 可以调节, 该电路如图 1-3 所示。求: (1) 额定工作状态下的电流值和

负载电阻值；(2)开路状态下的电源的端口电压；(3)端口短路时的电流值。

解 (1) 根据公式得到电流

$$I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{200}{50} = 4\text{A}$$

端口的负载电阻

$$R = \frac{U_N}{I_N} = \frac{50}{4} = 12.5\Omega$$

(2) 开路时,断开电压等于电源电动势,有

$$U = U_S - R_0 I = U_S = U_N + I_N R_0 = 50 + 4 \times 0.5 = 52\text{V}$$

(3) 端口短路时, $U_N = 0$, 负载电阻 $R = 0$, 短路电流为

$$I = \frac{U_S}{R_0} = \frac{52}{0.5} = 104\text{A}$$

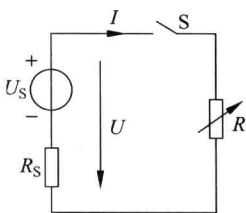


图 1-3 例 1-4 图

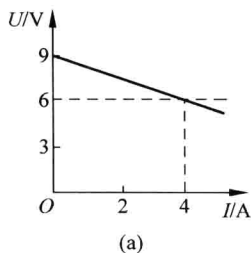
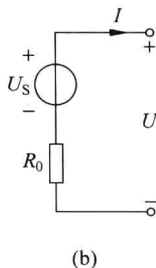


图 1-4 例 1-5 图



例 1-5 某实际电源的伏安关系曲线如图 1-4(a)所示,求出它的电压源串联模型电路。

解 实际电源的端口电压方程为

$$U = U_S - IR_0$$

当 $I=0$ 时, $U=9\text{V}$; 当 $U=6\text{V}$ 时, $I=4\text{A}$ 。

将已知量代入方程得到电源的内阻为

$$R_0 = 0.75\Omega \quad U_S = 9\text{V}$$

电压源模型电路如图 1-4(b)所示。

例 1-6 如图 1-5 所示电路,求各电阻的电流。

解 对 b 点列 KCL 方程

$$3 + 2 - I_3 = 0$$

对 d 点列 KCL 方程

$$2 - 5 - I_1 = 0$$

对 a 点列 KCL 方程

$$3 + I_1 + I_2 = 0$$

各电阻的电流

$$I_1 = -3\text{A} \quad I_2 = 0 \quad I_3 = 5\text{A}$$

例 1-7 如图 1-6 所示电路, a、b 两点间处于开路状态,求开路的电压 U_{ab} 。

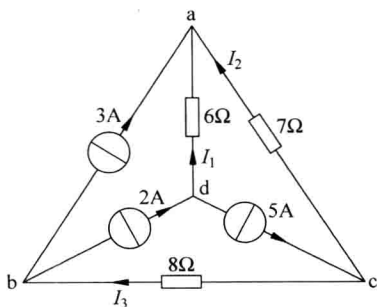


图 1-5 例 1-6 图

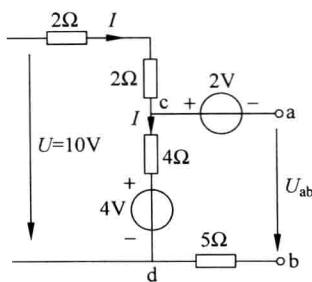


图 1-6 例 1-7 图

解 对左边部分列 KVL 方程

$$2I + 2I + 4I + 4 = 10$$

得电流

$$I = 0.75\text{A}$$

所以

$$U_{ab} = U_{ac} + U_{cd} + U_{db} = -2 + 4I + 4 = 5\text{V}$$

例 1-8 如图 1-7(a)所示电路中,求开关 S 断开和闭合两种情况下 a 点的电位。

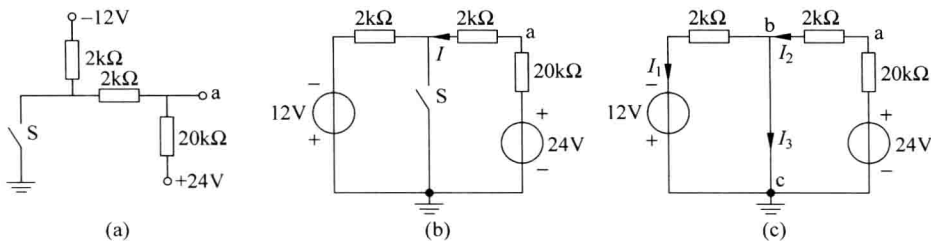


图 1-7 例 1-8 图

解 开关 S 断开时的等效电路图 1-7(b)所示,电路为单回路。列 KVL 方程得

$$2 \times 10^3 I + 2 \times 10^3 I - 12 - 24 + 20 \times 10^3 I = 0$$

$$I = 1.5\text{mA}$$

a 点的电位

$$V_a = -20 \times 10^3 I + 24 = -6\text{V}$$

当开关 S 闭合时的等效电路如图 1-7(c)所示。

由 $U_{bc} = 2 \times 10^3 I_1 - 12 = 0$, 得

$$I_1 = 6\text{mA}$$

又 $U_{bc} = -2 \times 10^3 I_2 - 20 \times 10^3 I_2 + 24 = 0$, 得

$$I_2 = \frac{12}{11}\text{mA} = 1.09\text{mA}$$

对 b 点列 KCL

$$I_1 + I_3 = I_2$$

得

$$I_3 = -\frac{54}{11}\text{mA} = -4.91\text{mA}$$

a 点的电位

$$V_a = 2 \times 10^3 I_2 = \frac{24}{11} \text{V} = 2.18 \text{V}$$

例 1-9 求图 1-8 所示电路中各未知电压和电流, 已知 $U_{S1} = 15 \text{V}$, $I_S = 1 \text{A}$, $U_{S2} = 5 \text{V}$, $R = 5\Omega$ 。

解 U 参考方向与 U_{S1} 参考方向相反, 故

$$U = -U_{S1} = -15 \text{V}$$

对大回路应用 KVL, 绕向如图 1-8 所示, 有

$$RI_2 - U_{S1} + U_{S2} = 0$$

代入已知数据得

$$5I_2 - 15 + 5 = 0$$

即

$$I_2 = 2 \text{A}$$

对节点 a 应用 KCL, 有

$$I_1 = I_S - I_2 = 1 - 2 = -1 \text{A}$$

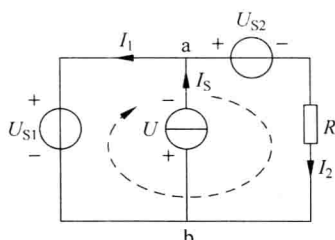


图 1-8 例 1-9 图

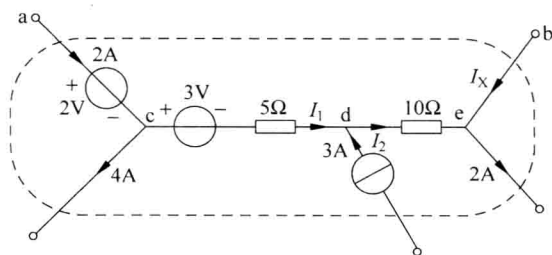


图 1-9 例 1-10 图

例 1-10 图 1-9 所示电路为某电路的一部分, 求 I_X 和 U_{ab} 。

解 对节点 c 应用 KCL, 得

$$I_1 = 2 - 4 = -2 \text{A}$$

对节点 d

$$I_2 = I_1 + 3 = -2 + 3 = 1 \text{A}$$

对节点 e

$$I_X = 2 - I_2 = 2 - 1 = 1 \text{A}$$

也可以用广义节点的概念, 作一封闭面, 如图 1-9 所示, 有

$$I_X = 4 + 2 - 2 - 3 = 1 \text{A}$$

而据 KVL

$$U_{ab} = 2 + 3 + 5I_1 + 10I_2 = 5 + 5 \times (-2) + 10 \times 1 = 5 \text{V}$$

例 1-11 求图 1-10 所示电路中各独立电源的功率。

解 据欧姆定律, 有

$$I_1 = \frac{10}{2} = 5 \text{A}$$

对节点 b, 据 KCL, 有

$$I_2 = I_1 + 4 = 5 + 4 = 9\text{A}$$

而

$$U = -2 \times 4 = -8\text{V}$$

对节点 c, 有

$$I_3 = I_1 - I_2 - 5U = 5 - 9 - 5 \times (-8) = 36\text{A}$$

对由边缘支路构成的大回路, 有

$$U_2 = -U - 2I_3 + 2 - 10 = -(-8) - 2 \times 36 + 2 - 10 = -72\text{V}$$

所以

$$P_{2\text{V}} = -2I_3 = -2 \times 36 = -72\text{W (发出)}$$

$$P_{4\text{A}} = -4U_2 = -4 \times (-72) = 288\text{W (吸收)}$$

$$P_{10\text{V}} = -10I_2 = -10 \times 9 = -90\text{W (发出)}$$

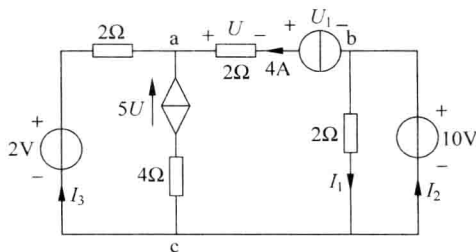


图 1-10 例 1-11 图

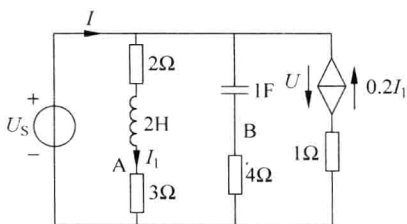


图 1-11 例 1-12 图

例 1-12 图 1-11 所示直流电路, 已知 $I_1 = 2\text{A}$, 求 U_s 、 I 、 U 及 B 点的电位 φ_B (以 A 点为参考点)。

解 此为直流稳态电路, 电感元件视为短路, 电容元件视为开路, 按 KCL 或 KVL 直接求得

$$U_s = (2 + 3)I_1 = 5 \times 2 = 10\text{V}$$

$$I = I_1 - 0.2I_1 = 0.8I_1 = 0.8 \times 2 = 1.6\text{A}$$

$$U = U_s + 0.2I_1 = 10 + 0.2 \times 2 = 10.4\text{V}$$

$$\varphi_B = -U_{AB} = U_{BA} = -3I_1 = -3 \times 2 = -6\text{V}$$

1.4 习题训练与练习

1.4.1 电路的基本概念

一、填空题

1. 电路是由_____组成的。
2. 负载是取用电能的装置, 它的功能包括_____。
3. 电流的实际方向规定为_____。
4. 电压的规定方向是由_____电位指向_____电位。
5. 换算下列单位。

$$10\text{kV} = \underline{\hspace{2cm}} \text{V} \quad 36\text{mV} = \underline{\hspace{2cm}} \text{V} \quad 100\text{mA} = \underline{\hspace{2cm}} \text{A} \quad 28\mu\text{A} = \underline{\hspace{2cm}} \text{A}$$

$$1\text{kW} = \underline{\hspace{2cm}} \text{W} \quad 1\text{mW} = \underline{\hspace{2cm}} \text{W} \quad 2.5 \text{度} = \underline{\hspace{2cm}} \text{kW} \cdot \text{h}$$

二、选择题

1. 选择如图 1-12 所示支路电流的实际方向。

(a) A. $a \rightarrow b$

B. $b \rightarrow a$

(b) A. $a \rightarrow b$

B. $b \rightarrow a$

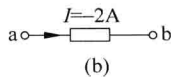
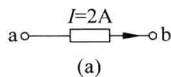


图 1-12

2. 如图 1-13 所示支路电压的参考方向, 选择

正确的电压值。

(a) A. $U_{ab} = 2V$

B. $U_{ba} = 2V$

(b) A. $U_{ab} = -2V$

B. $U_{ba} = -2V$

(c) A. $U_{ab} = +5V$

B. $U_{ba} = +5V$

(d) A. $U_{ab} = +5V$

B. $U_{ba} = +5V$

(e) A. $U_{ab} = -5V$

B. $U_{ba} = -5V$

(f) A. $U_{ab} = -5V$

B. $U_{ba} = -5V$

3. 如图 1-14 所示为电路的电流和电动势的参考方向, 且 E 为正方向, 选择电源处于的状态。

(a) A. 发出功率

B. 吸收功率

(b) A. 发出功率

B. 吸收功率

三、计算题

1. 求如图 1-15 所示各元件的功率, 并说明是吸收功率还是发出功率。

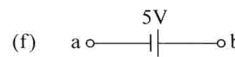
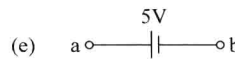
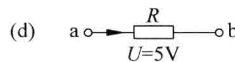
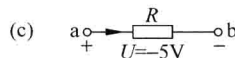
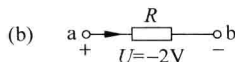
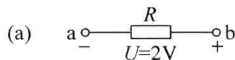


图 1-13

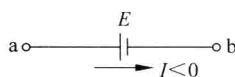
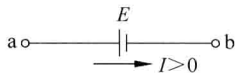


图 1-14

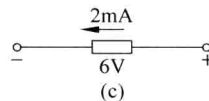
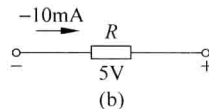
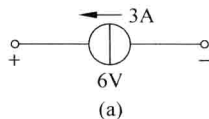


图 1-15

2. 计算图 1-16 中的电路的功率。
3. 计算图 1-17 中电路的各元件的功率。

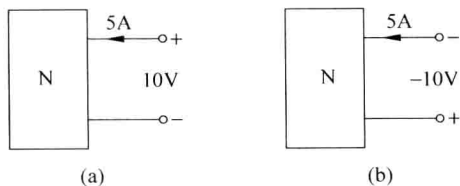


图 1-16

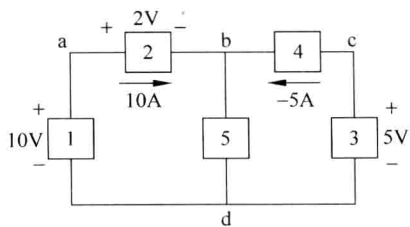


图 1-17

1.4.2 电阻元件和欧姆定律

一、填空题

1. 在关联参考方向下,电阻端电压为 1V,电流为 10mA,则电阻 R 为 _____ Ω 。
2. 在非关联参考方向下,电阻为 $1\text{k}\Omega$,电压为 2V,电流为 _____ A。
3. 当电阻值一定时,电流和电压成 _____ 比;当电压为定值时,电流与电阻成 _____ 比。
4. 一个“220V, 25W”的灯泡,其额定电流为 _____ A,电阻 R 为 _____ Ω 。
5. 某电阻的伏安特性如图 1-18 所示,则其电阻值 $R =$ _____ Ω ,它是属于 _____ 性电阻元件。

二、选择题

1. 试选择图 1-19 所示电路的电流。

- (a) A. $I = 2\text{A}$ B. $I = -2\text{A}$
 (b) A. $I = 2\text{A}$ B. $I = -2\text{A}$

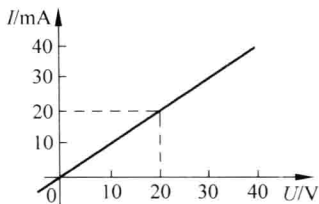


图 1-18

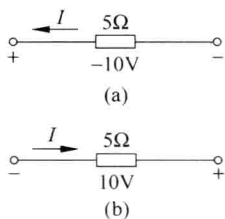


图 1-19

2. 如图 1-20 所示电路的电压 U 为()。
 A. RI B. $-RI$
3. 试根据图 1-21 所示电路的电流、电压参考方向,选择电流的计算公式。
 (a) A. $I = \frac{U}{R}$ B. $I = -\frac{U}{R}$
 (b) A. $I = \frac{U}{R}$ B. $I = -\frac{U}{R}$