

21世纪高职高专系列教材



吴惠成 主编

电路基础 学习指导

DIANLU JICHU XUEXI ZHIDAO

湖北长江出版集团

湖北科学技术出版社

21世纪高职高专系列教材

电路基础 学习指导

DIANLU JICHU XUEXI ZHIDAO

主 编 吴惠成

副主编 叶幼林

主 审 姚建永

湖北长江出版集团

湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路基础学习指导 / 吴惠成主编. —武汉: 湖北科学技术出版社, 2005.10

(21 世纪高职高专系列丛书)

ISBN 7-5352-3437-2

I. 电... II. 吴... III. 电路理论—高等学校: 技术学校—自学参考资料 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 082840 号

电路基础学习指导

© 吴惠成 主编

策 划: 李海宁

封面设计: 喻 杨

责任编辑: 李海宁

出版发行: 湖北长江出版集团
湖北科学技术出版社

电话: 87679468

地 址: 武汉市雄楚大街 268 号湖北出版文化城 B 座

邮编: 430070

印 刷: 石首市印刷一厂

邮编: 434400

787 毫米 × 1092 毫米

16 开

9 印张

188 千字

2005 年 10 月第 1 版

2005 年 10 月第 1 次印刷

印数: 0 001-5 500

ISBN 7-5352-3437-2 / TM·16

定价: 15.00 元

本书如有印装质量问题 可找承印厂更换

内 容 提 要

本书是配合姚建永编著的《电路基础》教材而编写的。编者长期从事电路基础课程的教学,积累了比较丰富的经验,根据同学们的要求,编写了本教材。本书阐述了配合教材内容的各章的基本要求和重点难点,给出了教材中的全部思考题和习题解答。本书既可作为教师的教学参考书,也可作为学生的学习指导书。

本书主要面向高职电子类各专业的教师和学生,也可供中专、职业高中有关师生参考。

教材编委会

刘小芹	张学礼	姚建永	李旭
王川	杨少春	刘骋	吴惠成
叶幼林	谢中华	宋烈武	蔡建国
杨忠旭	许胜辉		

前 言

本书是配合姚建永编著的《电路基础》教材而编写的学习指导书。

有关电路方面的教材已有许多种,但是有关这方面的参考书却并不多,编者在多年的教学过程中,深感学生应该有一本与教材相配套的学习资料,这也是学生们提出的要求,同时也为从事该课程教学的老师们提供了一些帮助。

高等职业教育发展很快,教学改革力度也比较大。电路课程是学生接触电子工程方面教育的基础课程,因此配合学生学好电子方面课程的义务就显得十分重要。本书作为学生学习该课程的学习指导书,对了解教材每章的要点和基本要求、解题思路等方面都有帮助。

本书各章的内容主要分为两个部分:一是本章的要点和基本要求。这部分内容是按照教学大纲的基本要求而提出的。教师应按照这个要求来组织教学,它具有较强的针对性。二是思考题、练习题和习题解答。在这部分内容中仅提供了思路 and 一种解题方法。电路的分析和计算可以用不同的方法去分析计算,因此同学们要端正学习态度和学习方法。我们的目的是尽最大努力发挥学生学习的主动性、积极性,使一门可能被认为比较难学的课程变成一门有趣味、有品味的课程。

该教材第一章、第二章、第三章、第四章和第五章由吴惠成编写。第六章、第七章由叶幼林编写。全书由姚建永主审。“电路基础”是湖北省精品课程,其相关内容已上网,以便同学们上网查阅。

编写本书主要是起到引导作用,对于在本教材中出现的问题,请使用本教材的同行们批评指正。

编 者

2005 年 7 月

目 录

前 言	(1)
第一章 电路的基本概念和基本定律	(1)
一、要点和基本要求	(1)
二、思考题、练习题、习题解答	(2)
第二章 直流电路	(21)
一、要点和基本要求	(21)
二、思考题、练习题、习题解答	(22)
第三章 电容元件与电感元件	(52)
一、要点和基本要求	(52)
二、思考题、练习题、习题解答	(54)
第四章 正弦交流电	(61)
一、要点和基本要求	(61)
二、思考题、练习题、习题解答	(63)
第五章 谐振电路	(96)
一、要点和基本要求	(96)
二、思考题、练习题、习题解答	(96)
第六章 一阶动态电路分析	(106)
一、要点和基本要求	(106)
二、思考题、练习题、习题解答	(107)
第七章 互感耦合电路	(127)
一、要点和基本要求	(127)
二、思考题、练习题、习题解答	(127)

第一章 电路的基本概念和基本定律

一、要点和基本要求

(一) 要点

1. 电路及电路模型

电路是由各种实际电路元器件组成的总体,它提供了电流通过的路径。在电路理论中,各种实际元器件都用足以表征其主要电特性的“模型”来表示。这种“模型”是由一种或几种理想电路元件组成的。本书用到的理想元件有:电阻、电感、电容、电压源、电流源、受控源、耦合电感和理想变压器等。电路模型是指由理想电路元件构成的电路。

2. 电路的基本变量及其参考方向

电流和电压是电路的基本变量,求出电路中的电流和电压后,进一步还可求出诸如功率、能量等其他物理量。

电流和电压都有规定的正方向即真实方向,但在电路分析中事前很难确定下来,而参考方向是电路理论的一个最基本概念。分析电路首先要假定电路中各电流、电压的参考方向。参考方向是任意选定的,但一经选定,在列电路方程和考虑问题时,即以此为准。根据计算得出电流、电压的结果正负值,便可判断出电流的真实方向或电压的真实极性:若值为正,则两者一致;若值为负,则两者相反。

习惯上,将同一元件或方框上电流和电压降参考方向取为一致,称关联方向。书中所有元件的伏安关系式或公式都是建立在关联方向下。本章功率的计算式:对某元件或某方框,如果两端的电压和流过的电流关联方向,则乘积为正时表明功率的性质为消耗或吸收,为负时表明功率的性质为产生或发出。

3. 两类约束

各种元件相互连接组成电路后,其各支路电流、支路电压,将受两种形式的约束所支配:其一是来自元件性质的约束,即元件的伏安关系(与各元件间的连

接方式无关)。线性电阻元件的伏安关系 $u = R \cdot i$ (关联方向), 即熟知的欧姆定律。其二是来自连接方式的约束, 即基尔霍夫定律——KCL 和 KVL (与元件性质无关)。

两类约束是分析电路的基本依据。

4. 运算中的两套符号

在分析电路的过程中, 常会遇到两套符号问题, 其一是电流、电压物理量本身的正、负号, 它取决于参考方向与真实方向的关系。一致时取正, 不一致时取负。其二是公式或电路方程每项前的正负号, 它取决于电流、电压是否关联方向或汇集节点的电流事先规定, 流出或流入为正方向, 以及回路内电压参考方向与建立的绕行方向的关系, 一致时取正, 不一致时取负。

两套符号不可替代, 也不能混淆。

(二) 基本要求

1. 理解电流、电压、电功率的概念, 深刻理解电流、电压参考方向的概念。
2. 理解电阻元件、电压源元件、电流源元件的概念、电位的概念。熟练掌握以上电路元件的伏安关系, 并能计算它们的功率。
3. 掌握基尔霍夫定律及其应用, 以趋熟练。

二、思考题、练习题、习题解答

1-1-1 什么是电源? 什么是负载? 什么是激励? 什么是响应?

答: 电路中供给电能的设备或器件称为电源。用电的设备或器件统称为负载。电源对电路的作用称为激励。由于电源的作用在电路中所产生的电流、电压称为响应。

1-1-2 什么是电路模型? 本课程为什么借助于电路模型来阐述电路的基本规律和基本分析方法?

答: 由各种理想的电路元件联接而成的电路图称为电路模型。因为理想的电路元件分别代表着实际电路各种设备和器件的主要电磁性能, 所以对电路模型的分析能客观地反映电路的性质和基本规律。

1-1-3 电路的功能有哪些? 举例说明。

答: 电路的功能主要是完成能量的传输与转换和信号的传输与处理。如照明电路、放大电路、控制电路和通信电路等。

1-2-1 电流强度是如何定义的? 什么是电流的参考方向? 为什么计算电

流时要有参考方向?

答:电流强度为单位时间内通过导体横截面的电荷量。在电路分析前,任意假定各支路电流的方向,并用箭头表示,称电流的参考方向。标明了电流的参考方向计算结果电流的正负值才有实际意义。

1-2-2 什么是电压? 电压的参考方向有几种表示方法? 什么是电位?

答:电压是针对两点之间,电路中 a 、 b 两点间电压,在数值上等于单位正电荷从 a 点移动到 b 点时,电场力所做的功。电压的参考方向可以用实线箭头表示,也可以用“+”、“-”号表示极性,还可用双下标表示,如 u_{ab} 表示电压的参考方向从 a 指向 b 。

当选择电路中某一点作为电压的公共参考点时,把各点对这一公共参考点的电压称该点的电位。

1-2-3 什么是关联参考方向?

答:对于某一段电路或某一个二端元件,将电流、电压的参考方向放在一起考虑,即电流流入端同时标为电压的“+”极。电流和电压的这种参考方向称为关联参考方向,反之为非关联方向。

1-3-1 如果 P 表示电路吸收功率,那么用公式 $P = \pm UI$ 进行计算时,如何选择公式中的正、负号? 如果算出的 P 为负值又说明什么?

答:当电流与电压关联方向时公式前取正号,若非关联方向时公式前取负号。如果算出 P 为负值说明功率的性质为发出功率。

1-3-2 试求图 1-1 中各元件的未知电压、电流或功率?

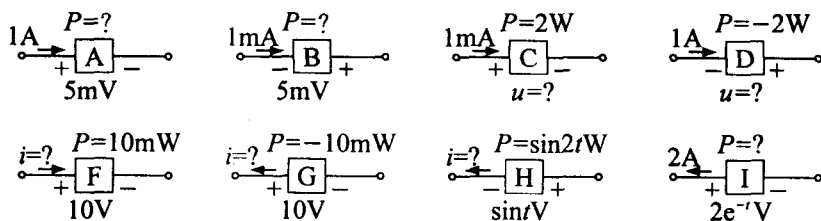


图 1-1 题 1-3-2 图

解: (A)图 $\because$ 关联方向

$$\therefore P = UI = 1 \times 5 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-3} \text{ W}$$

(B)图 $\because$ 非关联方向

$$\therefore P = -UI = -1 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-3} = -5 \times 10^{-6} \text{ W}$$

(C)图 $\therefore$ 关联方向

$$\therefore P = UI, U = \frac{P}{I} = \frac{2}{1 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^3 \text{ V}$$

(D)图 $\therefore$ 非关联方向

$$\therefore P = -UI, U = -\frac{P}{I} = -\frac{-2}{1} = 2 \text{ V}$$

(F)图 $\therefore$ 关联方向

$$\therefore P = UI, I = \frac{P}{U} = \frac{10 \times 10^{-3}}{10} = 1 \times 10^{-3} \text{ A}$$

(G)图 $\therefore$ 非关联方向

$$\therefore P = -UI, I = -\frac{P}{U} = -\frac{-10 \times 10^{-3}}{10} = 10^{-3} \text{ A}$$

(H)图 $\therefore$ 关联方向

$$\therefore p = ui, i = \frac{p}{u} = \frac{\sin 2t}{\sin t} = 2 \cos t \text{ A}$$

(I)图 $\therefore$ 非关联方向

$$\therefore p = -u \cdot i = -2 \times 2e^{-t} = -4e^{-t} \text{ W}$$

1-4-1 试说明 KCL, KVL 方程中两套正、负号的涵义?

答:两套正、负号是指:方程各项电流或电压变量前的正、负号和电流、电压变量本身的正、负号。

方程中各电流变量前的正、负号取决于各电流的参考方向对该节点的关系(流出还是流入)。各电压变量前的正、负号取决于该电压的参考方向同绕行方向的关系(一致还是不一致)。而各电流、电压值本身的正、负号是反映实际方向与参考方向的关系(相同还是相反)。

1-4-2 怎样计算电路中任意两点间的电压?

答:电路中任意 a 、 b 两点间电压等于从 a 点(参考点“+”极),沿任一条路径到 b 点(参考点“-”极)将沿路所遇电压代数和(电压参考方向与绕行方向一致时取正,不一致时取负)。

1-4-3 题 1-4-3 图示电路中 $i_1 = 2 \text{ A}$, $i_3 = -3 \text{ A}$, $u_1 = 10 \text{ V}$, $u_4 = 5 \text{ V}$, 计算各二端元件吸收功率?

解:对节点 a :(规定电流流出为正)

$$i_1 + i_3 + i_4 = 0$$

$$i_4 = -i_1 - i_3$$

$$= -2 - (-3) = 1 \text{ A}$$

同时, $u_3 = -u_4 = -5 \text{ V}$

对左边网孔(规定顺时针绕行方向)

$$u_1 - u_3 - u_2 = 0$$

$$u_2 = u_1 - u_3 = 10 - (-5) = 15 \text{ V}$$

∴ 对方框(1)由 $p = -u_1 i_1 = -10 \times 2 = -20 \text{ W}$

对方框(2)由 $p = u_2 i_1 = 15 \times 2 = 30 \text{ W}$

对方框(3)由 $p = -u_3 i_3 = -(-5) \times (-3)$
 $= -15 \text{ W}$

对方框(4)由 $p = u_4 i_4 = 5 \times 1 = 5 \text{ W}$

1-5-1 电阻元件电压、电流的实际方向有何特点? 什么是线性电阻元件?

答: 因为电阻元件是耗能元件, 所以其电压、电流的实际方向一定是关联方向。

电阻元件的伏安关系若在以电流为横坐标、电压为纵坐标的直角平面坐标系中, 是一条通过原点的一条直线, 这样的电阻元件称线性电阻元件。

1-5-2 用欧姆定律的公式 $U = \pm RI$ 进行计算时, 如何选择公式中的正、负号? 试计算题 1-5-2 图所示各电阻元件的电压、电流或电阻?

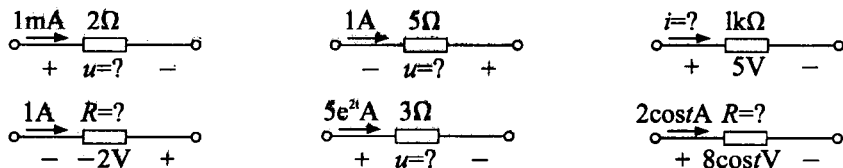


图 1-3 题 1-5-2 图

答: 若元件上电压与电流的参考方向为关联方向则公式前取正号, 若为非关联方向, 则公式前取负号。

解: 按图示从左到右自上而下排列。

(1) 由 $U = RI = 2 \times 1 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3} \text{ V}$

(2) 由 $U = -RI = -5 \times 1 = -5 \text{ V}$

(3) 由 $U = RI$, $I = \frac{U}{R} = \frac{5}{1 \times 10^3} = 5 \times 10^{-3} \text{ A}$

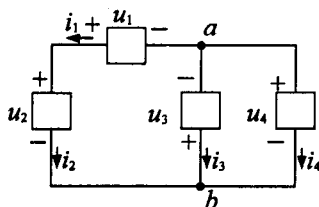


图 1-2 题 1-4-3 图

$$(4) \text{ 由 } U = -RI, R = -\frac{U}{I} = -\frac{-2}{1} = 2\Omega$$

$$(5) \text{ 由 } u = Ri = 3 \times 5e^{2t} = 15e^{2t} \text{ V}$$

$$(6) \text{ 由 } u = Ri, R = \frac{u}{i} = \frac{8\cos t}{2\cos t} = 4\Omega$$

1-5-3 什么是额定值? 使用实际电阻器时注意什么问题?

答:用电器在正常工作时,所允许流过电流或加在两端上电压值的限额,称额定电流或额定电压,在额定值下所吸收的功率称额定功率。使用实际电阻器时,必须注意在额定值下运行,否则,不仅其功能会打折扣,而且可能会造成产品的严重损坏。

1-6-1 怎样理解电压源的“电压为恒定值或为一定的时间函数,与通过它的电流无关”? 将电压源短路会使它的电压变为零吗? 为什么实际电源不许短路?

答:其一,理想的电压源其内阻为零。

其二,理想的电压源具有两个基本性质:电压源的电压是由它本身确定的,而流过它的电流是由与之相联的外电路决定的。

其三,理想电压源的伏安关系曲线是平行于 i 轴,值为 U_s 的直线。

将电压源短路时它的电压不会变为零。因为实际电源有内阻且很小,所以电源短路时将会产生很大的电流,从而损坏电源设备,因此不许短路。

1-6-2 试写出题 1-6-2 图所示各电路的电压 u_{ab} 与电流 i 的关系式?

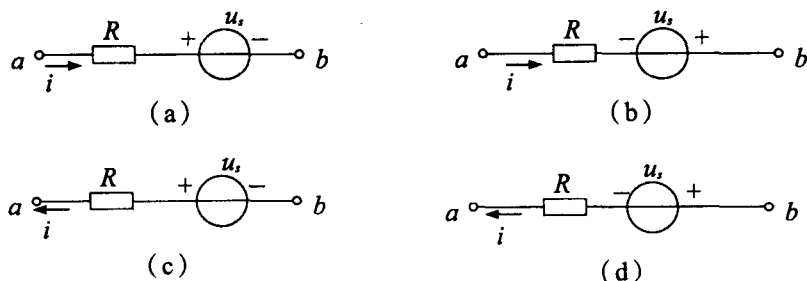


图 1-4 题 1-6-2 图

解: (a) 图 $u_{ab} = Ri + u_s$

(b) 图 $u_{ab} = Ri - u_s$

(c) 图 $u_{ab} = -Ri + u_s$

(d) 图 $u_{ab} = -Ri - u_s$

1-6-3 怎样理解电流源的“电流为恒定值或为一定的时间函数,与它两端的电压无关”?将电流源开路会使它的电流变为零吗?

答:其一,理想电流源其内阻为无穷大,没有分流效应。

其二,理想的电流源具有两个基本性质,电流源的电流是由它本身确定的,而两端的电压是由与之相联的外电路决定的。

其三,理想电流源的伏安关系曲线是平行于 u 轴,值为 I_s 的直线。

将电流源开路时它的电流不会变为零。

1-6-4 计算题 1-6-4 图所示各电路中的电压 u 或电流 i 。

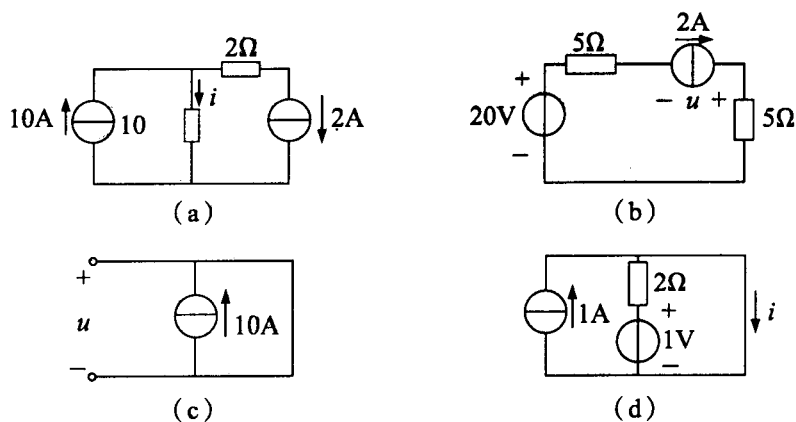


图 1-5 题 1-6-4 图

解: (a) 图 $i = 10 - 2 = 8\text{A}$

(b) 图 $u = 2 \times 5 - 20 + 2 \times 5 = 0\text{V}$

(c) 图 $u = 0\text{V}$

(d) 图 $i = 1.5\text{A}$

1-6-5 已知题 1-6-5 图示电路中电流 $i_0 = 1\text{A}$, 求电流源 i_s 的功率, 并指出它的工作状态?

解: 图示电路由已知条件可得:

$$i_s = 1 + 2 = 3\text{A}$$

$$u = 3 \times 1 + 1 \times 2$$

$$= 5\text{V}$$

由 $P_s = -u \cdot i_s = -5 \times 3 = -15\text{W}$

该电流源工作状态为供电状态。

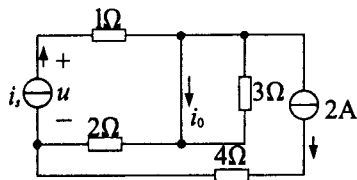


图 1-6 题 1-6-5 图

1-7-1 电位和电压有何异同? 设 a 、 b 两点

的电位分别为 φ_a 、 φ_b ，两点间电压为 U_{ab} ，试用它们中的任意两个量表示另一个。

答：电位和电压本质上是一样的，所不同的是电压针对两点之间而言，某点的电位是该点对参考点的电压，而参考点是电路的公共点。若 a 、 b 两点的电位为 φ_a 、 φ_b ，则两点间电压 $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$ 。

1-7-2 求题 1-7-2 图所示电路中 a 点的电位？

$$\begin{aligned}\text{解：由 } I &= \frac{12 - 18}{(40 + 50) \times 10^3} \\ &= -\frac{2}{3} \times 10^{-4} \text{ A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore \varphi_a &= 50 \times 10^3 \times \left(-\frac{2}{3} \times 10^{-4}\right) + 18 \\ &= 14 \frac{2}{3} \text{ V}\end{aligned}$$

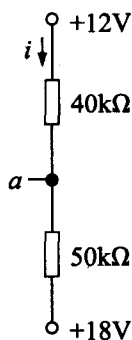


图 1-7 题 1-7-2 图

习 题 一

1-1 题 1-1 图所示电路中，方框代表电源或电阻，若各电压、电流的参考方向如图中所示，且已知： $I_1 = 2\text{A}$ ， $I_3 = -1\text{A}$ ， $U_1 = 1\text{V}$ ， $U_2 = 8\text{V}$ ， $U_4 = -4\text{V}$ ， $U_5 = 7\text{V}$ ，求 I_2 ， U_3 ， U_6 并标出各电流的真实方向及各电压的真实极性？

解：由 $I_1 - I_2 + I_3 = 0$

$$\begin{aligned}I_2 &= I_1 + I_3 \\ &= 2 + (-1) \\ &= 1\text{A}\end{aligned}$$

如图所示左边网孔由 KVL 得：

$$\begin{aligned}U_1 - U_4 - U_3 - U_2 &= 0 \\ U_3 &= U_1 - U_4 - U_2 \\ &= 1 - (-4) - 8 = -3\text{V}\end{aligned}$$

右边网孔由 KVL： $U_6 + U_5 + U_4 = 0$

$$U_6 = -U_5 - U_4 = -7 - (-4) = -3\text{V}$$

答： $I_2 = 1\text{A}$ 真实方向与图示参考方向一致， $U_3 = -3\text{V}$ ， $U_6 = -3\text{V}$ 真实极性与图示参考极性相反。

1-2 在上题中，测量 I_1 ， I_3 ， U_1 及 U_3 时电流表及电压表如何联接？

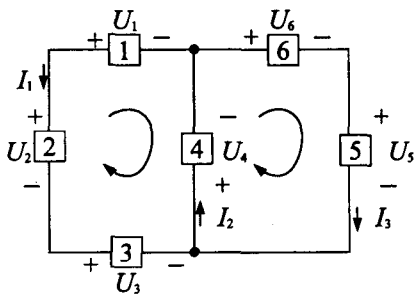


图 1-8 题 1-1 图

答:(1)电流表串联被测电路中,电压表并联被测元件两端。

(2)由计算结果确定电流、电压的真实极性后,电流流入端接正表笔,电压正极端接正表笔。

(3)选择合理量程。

1-3 求题 1-3 图所示各电路中的电流或电压?

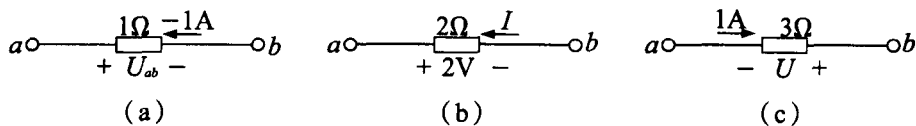


图 1-9 题 1-3 图

解:(a)图 由 $U_{ab} = -RI = -1 \times (-1) = 1\text{V}$

(b)图 由 $U_{ab} = -RI$, $I = -\frac{U_{ab}}{R} = -\frac{2}{2} = -1\text{A}$

(c)图 由 $U_{ab} = -RI = -3 \times 1 = -3\text{V}$

答:图示电路中所求电流或电压分别为 1V , -1A , -3V 。

1-4 求题 1-4 图所示各电路中的 U_{ab} 。

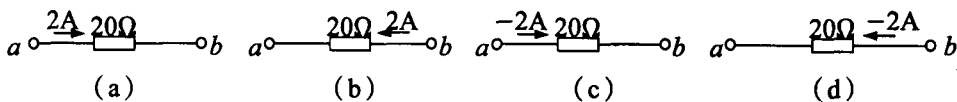


图 1-10 题 1-4 图

解:(a)图 由 $U_{ab} = RI = 20 \times 2 = 40\text{V}$

(b)图 由 $U_{ab} = -RI = -20 \times 2 = -40\text{V}$

(c)图 由 $U_{ab} = RI = 20 \times (-2) = -40\text{V}$

(d)图 由 $U_{ab} = -RI = -20 \times (-2) = 40\text{V}$

答:各电路中 U_{ab} 分别为 40V , -40V , -40V , 40V 。

1-5 试根据题 1-5 图所示所标电压、电流参考方向,判断方框内是耗能元件还是供能元件?

解:(a)图 由 $P = UI = 10 \times 2 = 20\text{W}$ 耗能

(b)图 由 $P = -UI = -(-10) \times 2 = 20\text{W}$ 耗能

(c)图 由 $P = UI = (-10) \times 2 = -20\text{W}$ 供能

(d)图 由 $P = -UI = -10 \times 2 = -20\text{W}$ 供能

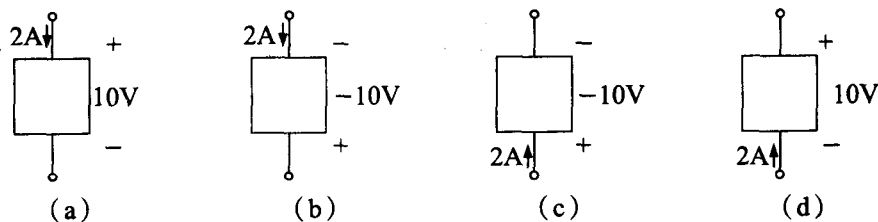


图 1-11 题 1-5 图

答:略。

1-6 求题 1-6 图所示电路中的 φ_a, φ_b 及 U_{ab} 。

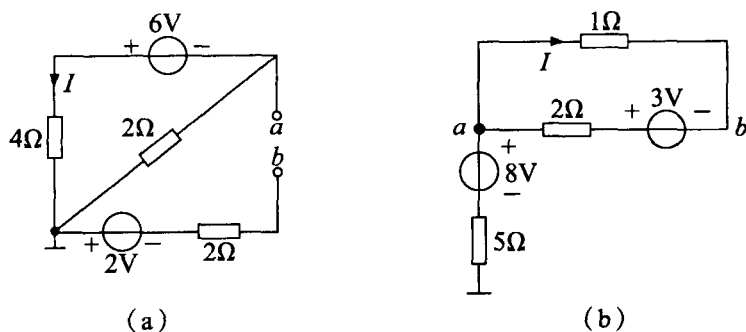


图 1-12 题 1-6 图

解: (a) 图 由 $I = \frac{6}{4+2} = 1\text{A}$

$$\therefore \varphi_a = -6 + 4 \times 1 = -2\text{V}$$

$$\varphi_b = -2\text{V} \quad U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = -2 - (-2) = 0\text{V}$$

(b) 图 由 $I = \frac{3}{1+2} = 1\text{A}$

$$\varphi_a = 8\text{V} \quad U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 8 - 7 = 1\text{V}$$

$$\varphi_b = -3 + 2 \times 1 + 8 = 7\text{V}$$

答:略。

1-7 求题 1-7 图所示电路中开关断开及闭合时 a, b 两点的电位 φ_a, φ_b 和两点间的电压 U_{ab} ?