

系统性强、定位明确：丛书各教材之间联系密切，符合各个学校的课程体系设置，为学生构建了完整、牢固的知识体系。
层次性强：各教材的编写严格按照由浅及深、循序渐进的原则，采用以具体实操项目为单元的项目式编写方法，重点、难点突出，以提高学生的学习效率。
先进性强：本套教材吸收最新的研究成果和企业的实际案例，使学生对当前专业发展方向有明确的了解。
操作性强：教材重点培养学生的实际操作能力，并最大限度地将理论运用于实践中。本系列教材所选案例均贴合工作实际，以满足广大企业对汽车类专业应用型人才实际操作能力的需求，增强学生在就业过程中的竞争力。

十二五
汽车类

MIANKHANG SHIERWU GAOZHIGAOZHUAN
SUJHUAJIADOCAL QICHELEI



面向“十二五”
高职高专规划教材·汽车类

高等职业教育课程改革项目
研究成果

汽车电工电子基础 学习指导与习题选解

主编 张大鹏 张宪



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高职高专规划教材·汽车类
高等职业教育课程改革项目研究成果

汽车电工电子基础学习 指导与习题选解

主 编	张大鹏	张 宪		
副主编	赵慧敏	安海霞	刘卜源	李纪红
参 编	俞 妍	沈 虹	李志勇	韩凯鸽
	张 森	赵建辉	何惠英	陈 影
	范毅军	胡云朋		
主 审	付少波	李良洪	付兰芳	

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以《汽车电工电子基础》教学大纲为依据,按照提高汽车电工电子基础知识与解题技巧的主线,展开论述,全书共分14章,其中有电路的基本概念和基本定律、电路的分析方法、正弦交流电路、三相正弦交流电路、半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器的应用、直流稳压电源、晶闸管及其应用、数字电路基础、逻辑门电路和组合逻辑电路、时序逻辑电路和集成555定时器、模拟量与数字量的转换、安全用电等内容。

本书重在通过学习要点及习题选解来引导学生识题、解惑、解题的能力,是学生学习知识的捷径,通向成功的阶梯。本书解题步骤详尽、思路清晰、方法多样,对学生易出错处加以点评,以解决教师因“教”不足而造成“学”中的诸多难题,帮助学生达到无师自通的境地。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子基础学习指导与习题选解 / 张大鹏, 张宪主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2011. 4

ISBN 978-7-5640-4373-5

I. ①汽… II. ①张…②张… III. ①汽车-电工-高等学校-教学参考资料②汽车-电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. ①U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第049142号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 14.5

字 数 / 337千字

版 次 / 2011年4月第1版 2011年4月第1次印刷

印 数 / 1~4000册

定 价 / 28.00元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

面向“十二五”高职高专规划教材·汽车类
教材编写委员会成员名单

主 编	张大鹏	张 宪		
副主编	赵慧敏	安海霞	刘卜源	李纪红
编 委	俞 妍	沈 虹	李志勇	韩凯鸽
	张 森	赵建辉	何惠英	陈 影
	范毅军	胡云朋		
主 审	付少波	李良洪	付兰芳	

前 言

如何正确理解、掌握学习“汽车电工电子基础”课程中的要点，提高课程学习水平、解题思路 and 技巧，直到适应课程考试，有很多同学对这个问题没有正确的认识，认为学习“汽车电工电子基础”就是要多解题，这种想法是片面的。解题是一种手段而不是目的，目的是通过解题来巩固和加深所学的知识，提高解题的熟练程度，训练灵活运用“汽车电工电子基础”的能力，而不是简单地追求解题数量的多少，如果没有掌握解题方法和技巧，那么再做多少题也是于事无补。相反，如果善于总结解题的规律，解题之后注意琢磨所运用的方法技巧，并在今后遇到类似的题时能够灵活运用，甚至创造性地运用，那么就达到了解题的真正目的。

本书以国家教育部制定的《汽车电工电子基础》教学大纲为依据，按照提高汽车电工电子基础知识与解题技巧的主线，展开论述，既能巩固和加深学生对“汽车电工电子基础”重点、难点的理解，又能为大学生考试评估、高自考学生应试提供有效的学习指导。是大学生学习知识的捷径，自考生通向成功的阶梯。本书重在通过学习要点及习题选解来引导学生识题、解惑、解题的能力。力求体现素质教育规律，适合学生自学的需要。之所以称其为学习指导与习题选解，是因为解题步骤详尽、思路清晰、方法多样、对学生易出错处加以点评，以解决教师因“教”不足而造成“学”中的诸多难题，帮助学生达到无师自通的境地。

学习“汽车电工电子基础”，打好扎实的基本功很重要。有的同学解题时能左右逢源、事半功倍，有人却思路闭塞，束手束脚，就是因为基本功扎实程度不同。基本功是在平时的学习和训练中一点一滴夯实的。有的同学只喜欢钻难题，对课上所学看似容易的例题掉以轻心，感到上课听得懂，课下解题难，这主要是对基本概念、基本知识和基本定律理解不深，运用不熟，所以对有些题目一看就会，一做就错。为此，本书在每章中提出基本要求和学习要点供同学们学习和深刻理解。

由于编者学识有限，书中难免存在许多缺点和疏漏之处，恳请使用本书的读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 电路的基本概念和基本定律	(1)
一、基本要求	(1)
二、学习要点	(1)
三、习题选解	(7)
第二章 电路的分析方法	(14)
一、基本要求	(14)
二、学习要点	(14)
三、习题选解	(18)
第三章 正弦交流电路	(37)
一、基本要求	(37)
二、学习要点	(37)
三、习题选解	(44)
第四章 三相正弦交流电路	(66)
一、基本要求	(66)
二、学习要点	(66)
三、习题选解	(70)
第五章 半导体器件	(81)
一、基本要求	(81)
二、学习要点	(81)
三、习题选解	(83)
第六章 基本放大电路	(91)
一、基本要求	(91)
二、学习要点	(91)
三、习题选解	(94)
第七章 集成运算放大器的应用	(113)
一、基本要求	(113)

二、学习要点	(113)
三、习题选解	(115)
第八章 直流稳压电源	(130)
一、基本要求	(130)
二、学习要点	(130)
三、习题选解	(133)
第九章 晶闸管及其应用	(145)
一、基本要求	(145)
二、学习要点	(145)
三、习题选解	(148)
第十章 数字电路基础	(154)
一、基本要求	(154)
二、学习要点	(154)
三、习题选解	(156)
第十一章 逻辑门电路和组合逻辑电路	(167)
一、基本要求	(167)
二、学习要点	(167)
三、习题选解	(169)
第十二章 时序逻辑电路和集成 555 定时器	(189)
一、基本要求	(189)
二、学习要点	(189)
三、习题选解	(192)
第十三章 模拟量与数字量的转换	(213)
一、基本要求	(213)
二、学习要点	(213)
三、习题选解	(214)
第十四章 安全用电	(221)
一、基本要求	(221)
二、学习要点	(221)
三、习题选解	(222)
参考文献	(223)

第一章



电路的基本概念和基本定律

本章从电路基本物理量和电路模型出发,着重讨论组成电路的各种电路元件及其伏安特性,介绍电路的基本知识、基本定律和基本概念以及应用基本定律分析一般直流电路的方法。这些方法虽然是以直流电路为研究的对象,但是只要把所涉及的这些理论和方法稍加扩展,即可用来分析交流电路。

一、基本要求

- (1) 了解模型的基本概念,正确理解模型与电路之间的关系。
- (2) 正确理解电路中的基本物理量,如电流、电压的定义及其参考方向。
- (3) 了解电路的三种状态,正确理解额定值的意义。
- (4) 熟练掌握并能正确使用电路的基本定律——基尔霍夫定律。
- (5) 理解无源电路元件 R 、 L 、 C 的伏安特性和有源电路元件的两种电路模型。
- (6) 理解电位的概念,并能分析和计算电路中各点的电位。

二、学习要点

本章学习的重点是:基尔霍夫定律、无源电路元件的伏安特性和有源电路元件的两种电路模型。难点是:电位的概念及电路中各点电位的计算。

1. 电路的模型及组成

(1) 电路模型这个概念在电路分析中占有较重要的位置。初学者常觉得概念比较抽象,难以理解。在教材中所讲的电路元件 (R 、 L 、 C) 都是忽略了实际元件的次要性质,而只保留其主要特性的一个模型,我们将这种理想电路元件或它们的组合表示,称为电路元件的模型。

理想电路元件分为两大类:无源元件和有源元件。如图 1-1 所示。

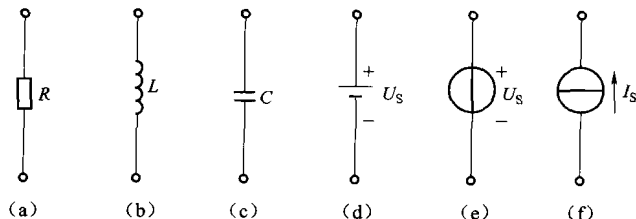


图 1-1 理想电路元件的模型

(a) 电阻元件; (b) 电感元件; (c) 电容元件; (d) 干电池或蓄电池; (e) 电压源; (f) 电流源

由电路元件模型组成的电路称为电路模型，简称电路。

(2) 电路是由电源、中间环节和负载组成。电源是将其他形式的能量转换成电能的装置，如电池、蓄电池、发电机等。中间环节起传递、分配、信息处理和控制电能的作用，最简单的中间环节是导线和开关，也可能是各种元器件或设备组成的网络系统。负载为用电设备，其作用就是将电能转换成其他形式的能量，如电灯、电动机、各类终端设备等。

2. 电路的基本物理量及其参考方向

分析电路，则必须清楚电压、电流、电动势、功率等基本物理量，而这些物理量与参考方向的联系是分析电路的重点和难点。

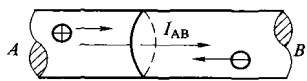


图 1-2 金属导体中的电流方向

(1) 电荷有规则的定向运动形成电流。习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的方向。如图 1-2 所示。

(2) 电压是描述电场力移动电荷时做功的物理量，它在数值上等于电场力把单位正电荷从电场中 A 点移到 B 点所做的功。用字母 $U(u)$ 表示。 A 、 B 两点间的电压记作 $U_{AB}(u_{AB})$ ，下标 A 、 B 表明电压方向由 A 到 B ，其方向为电位下降的方向。

(3) 电动势是衡量电源内局外力克服电场力移动电荷时做功的物理量。它在数值上等于局外力把单位正电荷从电源负极端 B 移到正极端 A 所做的功。电动势用字母 $E(e)$ 表示，单位与电压的相同，其方向为电位升高的方向。

(4) 功率是电流做功的速率，它在数值上等于单位时间内电流所做的功。功率用字母 P 表示。在直流电路中，电路负载吸收的功率为

$$P = W/t = UI \quad (\text{或 } P = U^2/R = I^2 R)$$

(5) 电压、电流的参考方向是为分析电路而假设的，在电路中一般用带箭头的直线表示。何为参考方向？顾名思义，这个方向仅做参考，它不一定是电压、电流的真实方向。在参考方向下，电压、电流、功率都是代数量。

为了在电路分析与计算过程中不出现过多的负号，电压、电流的参考方向通常采用关联参考方向。关联是指元件的实际电压、电流方向的关系。如：有源元件的电压、电流关联方向为相反方向；无源元件的电压、电流关联方向为相同方向。因此，在单独分析电流之间或电压之间的关系时，它们的参考方向可任意选择，而在研究某元件的电流与电压的关系时，则要考虑参考方向关联问题，如图 1-3 所示。

当采用一致的参考方向时，在电路中就可以只标出电压或电流的参考方向（图中虚线可不画出），如图 1-4 所示。

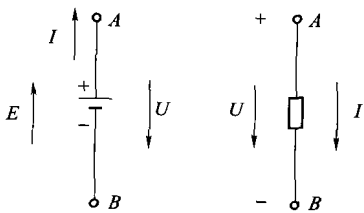


图 1-3 一致参考方向

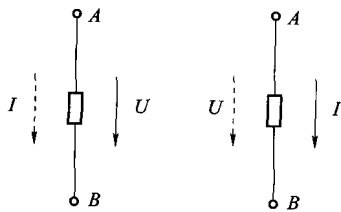


图 1-4 一致的参考方向示意图

在电路分析时应注意：许多定律和公式是在规定参考方向下得到的，参考方向改变，公式也要做相应变化。

如电阻元件的电压、电流参考方向为关联方向时，则其约束方程为

$$u = Ri$$

反之，电阻元件的电压、电流参考方向不一致（不关联）时，则

$$u = -Ri$$

在其约束方程前加“-”号。

3. 电路的三种状态和电气设备的额定值

(1) 额定工作状态。这种状态是电路的正常工作状态，在这种状态下，电气设备的使用既经济合理，又安全可靠。

(2) 开路状态。电源与负载之间没有接通，称为开路，此时电源的输出电流为零。

(3) 短路状态。电源的两端没有接通负载而直接被导线接通，称为短路。电源短路是相当危险的，因为短路电流太大，以致电源本身和所经线路被烧毁。为防止短路引起的事故，通常在电路中安装熔断器或自动保护装置。

(4) 电气设备的额定值。电气设备的额定值是指导用户正确使用电气设备的技术数据。使用电气设备时应遵照额定值的规定，以免出现不正常的情况或发生事故。

学习该内容时应注意：各物理量（电压、电源和电流等）的定义、电路三种状态的特点。负载的大小和增减是指负载消耗电功率的大小和增减，千万不能误认为是负载电阻的大小和增减。这是初学者经常犯的错误。在一个完整的电路中产生的电功率应等于电路里消耗的电功率。

4. 电路的基本定律

基尔霍夫定律是电路的基本定律，不仅是本章的重点内容，而且也是全书电路部分的重点，所以要熟练掌握、正确应用。基尔霍夫定律具有普遍的适用性，适用于各种不同元件构成的电路中任一瞬时、任一波形的电压和电流。学习时应掌握以下几点：

(1) 正确理解和掌握电路中几个常用的名词和术语。如支路、结点、回路和网孔的定义。

(2) 基尔霍夫电流定律（KCL）：在电路的任一结点上，任一瞬间流入该结点的电流之和必等于从该点流出的电流之和，用数学表达式表示，即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (\text{或 } \sum I = 0)$$

其实质是电流连续性原理。在学习使用时应注意：

① 基尔霍夫电流定律适用于任何线性和非线性电路。

② 该定律具有普遍适用性，即适用于任何瞬间，任何电源作用的电路，而且与元件的性质无关。

③ 在应用该定律列写方程时，应首先标出全部支路电流的参考方向，对已知的电流按实际方向标出，对未知电流的方向可以任意假定。联立求解方程组，若求出的支路电流大于零，说明所设支路电流方向与实际电流方向一致；若求出的支路电流小于零，则表示与实际电流方向相反。

④ 基尔霍夫电流定律不仅适用于结点, 而且可以把它推广应用于电路中的任意假定的封闭面。

(3) 基尔霍夫电压定律 (KVL): 在电路的任一闭合回路中, 沿回路绕行一周, 电路中各电动势的代数和恒等于各电阻上电压降的代数和, 即

$$\sum E = \sum IR \quad (\text{或 } \sum U = 0)$$

根据这一规律列出的方程叫回路电压方程。在学习使用时应注意:

① 基尔霍夫电压定律适用于任何线性和非线性电路。

② 该定律适用于任何瞬间, 任何变化的支路电压, 而且与元件的性质无关。

③ 在应用该定律列写方程时, 应首先标出电动势及电压降的参考方向, 然后在回路中选定绕行方向 (在回路中用绕行箭头标出), 并规定: 当电动势或电流的参考方向与绕行方向一致时, 该电动势或电压降为正; 反之, 当电动势或电流的参考方向与绕行方向相反时, 该电动势或电压降为负。在电动势和电压降的正负确定之后, 就可根据电压定律列出回路电压方程。

④ 基尔霍夫电压定律不仅适用于闭合回路, 也可推广应用到任何开口电路。

(4) 基尔霍夫定律的内容应熟练掌握、善于应用。

5. 理想电路元件

理想电路元件分为理想无源元件 (R 、 L 、 C) 和理想有源元件 (理想电压源、理想电流源) 两大类。

(1) 理想无源电路元件 R 、 L 、 C 的伏安特性是由元件本身的性质决定的, 因此又称为元件约束。式 $u = Ri$, $u_L = L \frac{di_L}{dt}$, $i_C = C \frac{du_C}{dt}$ 又叫做它们的约束方程。当它们的电压、电流方向不关联 (相反) 时, 约束方程前应加 “-” 号。

(2) 理想电压源的输出电压和理想电流源的输出电流是由它们自身确定的定值, 与外电路无关。而理想电压源的输出电流和理想电流源的输出电压则与外电路情况有关。据此特点可得如下结论:

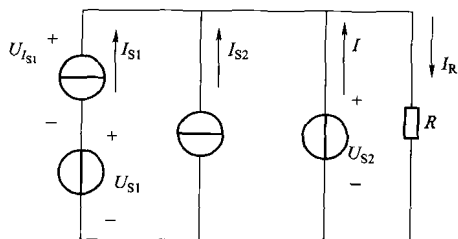


图 1-5 含两种电源模型的电路

① 凡与理想电压源并联的元件, 其两端电压均等于理想电压源的电压, 而理想电压源提供的电流要根据 KCL 确定。凡与理想电流源串联的元件, 其电流均等于理想电流源的电流, 而理想电流源的端电压要根据 KVL 列方程确定。如图 1-5 所示电路。

若 $U_{S1} = 8 \text{ V}$, $I_{S1} = 2 \text{ A}$, $I_{S2} = 5 \text{ A}$, $U_{S2} = 20 \text{ V}$, $R = 4 \text{ } \Omega$, 由于理想电压源 U_{S1} 与理想电流源 I_{S1} 串联, 则支路电流为 $I_{S1} = 2 \text{ A}$ 。而理想电流源 I_{S2} 的端电压被 U_{S2} 确定, 即

$$U_{I_{S2}} = U_{S2} = 20 \text{ V}$$

根据 KCL 定律, 理想电压源 U_{S2} 支路电流为

$$I = I_R - I_{S1} - I_{S2} = 20/4 - 2 - 5 = -2 \text{ (A)}$$

根据 KVL 定律, 理想电流源 I_{S1} 的端电压为

$$U_{I_{S1}} = U_{S2} - U_{S1} = 20 - 8 = 12 \text{ (V)}$$

② 与理想电压源并联的元件量值变化时, 不会影响电路其余部分的电压和电流, 仅影响其自身和理想电压源的电流。与理想电流源串联的元件量值变化时, 不会影响电路其余部分的电压和电流, 仅影响其自身及理想电流源的电压。

③ 多个理想电压源串联时, 可合并成一个等效的理想电压源, 方向相同时相加, 方向不相同相减。多个理想电流源并联时, 可合并成一个等效的理想电流源, 方向相同时相加, 方向不同时相减。等效后的理想电源符号按绝对值大的方向定。

综上所述, 理想电压源和理想电流源在实际使用时可以有如图 1-6 所示的多种等效关系。但应注意: 等效是指对外电路等效, 对内电路不等效。

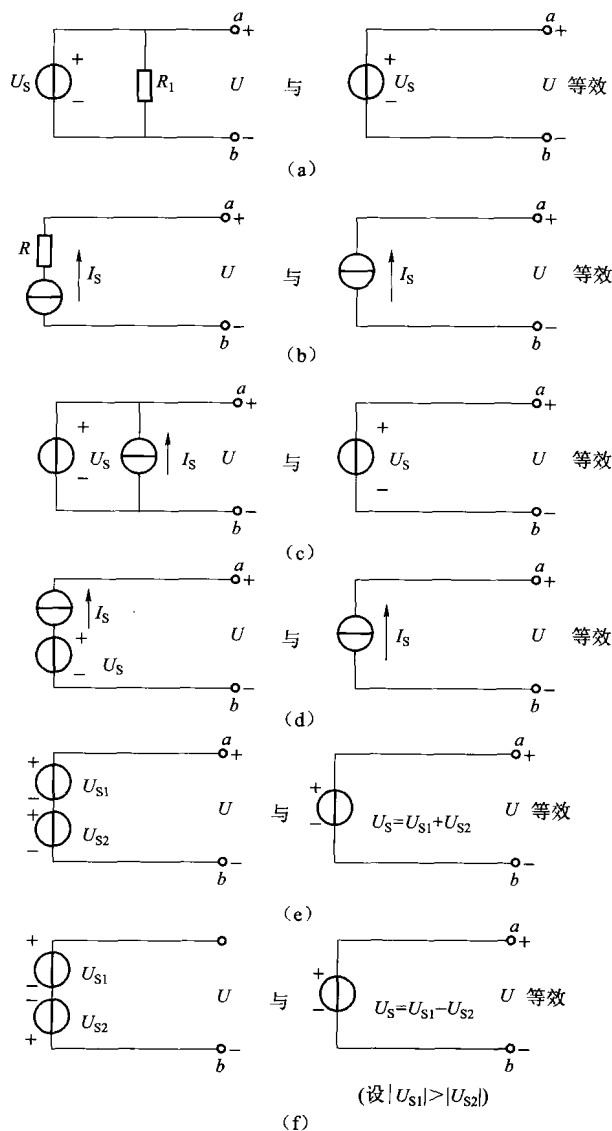


图 1-6 各种理想电源元件的等效电路

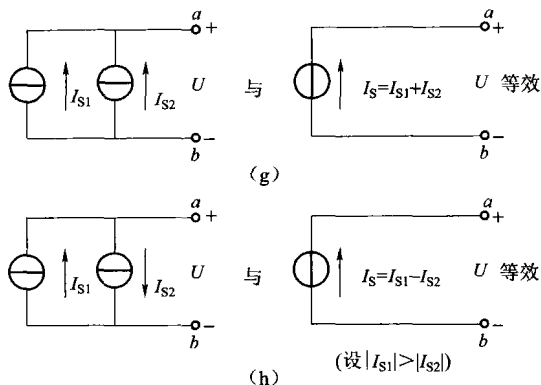


图 1-6 各种理想电源元件的等效电路 (续)

(3) 理想电源元件并非都是产生电功率起电源作用的, 充电时它们也可以消耗电功率起负载作用。判断的原则是其输出电压和输出电流实际方向的相对关系。在如图 1-7 (a)、(b) 所示的电路中, 哪个有源元件提供输出功率? 哪个元件消耗功率?

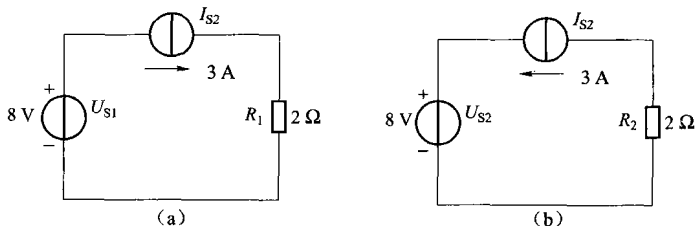


图 1-7 判断电路元件作用的电路

在图 1-7 (a) 中, I_{S1} 在 R_1 上产生压降 $U_{R1} = 3 \times 2 = 6$ (V), 极性为上“+”、下“-”, 则 $U_{I_{S1}} = U_{S1} - U_{R1} = 8 - 6 = 2$ (V), 极性为左“+”、右“-”。所以, $U_{I_{S1}}$ 和 I_{S1} 参考方向一致, 是消耗电功率的, 即 I_{S1} 为负载; U_{S1} 和 I_{S1} 参考方向不一致, 是提供功率的, 即 U_{S1} 为电源。

同理, 在图 1-7 (b) 中, I_{S2} 在 R_2 上产生压降 $U_{R2} = 3 \times 2 = 6$ (V), 极性为上“-”、下“+”, 则 $U_{I_{S2}} = U_{S2} + U_{R2} = 8 + 6 = 14$ (V), 极性为左“+”、右“-”。所以, $U_{I_{S2}}$ 和 I_{S2} 参考方向相反, 是提供电功率的, 即 I_{S2} 为电源; U_{S2} 和 I_{S2} 参考方向一致, 是消耗功率的, 即 U_{S2} 为负载。

6. 电路中电位的计算

电路中电位的概念和电位的计算是本章中的难点。

电路中某点的电位, 等于该点到参考点的电压。在分析电路时, 可任意指定某一点为参考点, 并设其电位为零。所以电位是相对于参考点而言的, 高于参考点的电位为正, 低于参考点的电位为负。对于同一参考点, 电路中任一点的电位为一定值, 而与所选路径无关。电路中各点的电位随着参考点的改变而改变, 但电路中任意两点间的电压是不会变化的。在计算电路中各点电位时, 参考点的选择是任意的, 但在一个电路中只能选择一个结点为参考点。在汽车电器或其他一些电器设备中, 一般都以机壳作为参考点, 因为这样测量各点电位

比较方便。参考点在电路图中是用接地符号“ $\perp$ ”表示的。

三、习题选解

1. 《汽车电工电子基础第二版》书后习题

1.1 如图 1-8 所示电路, 已知 a 、 b 段产生功率 1 500 W, 其余三段消耗功率分别为 1 000 W、350 W、150 W, 若已知电流 $I=20$ A, 方向如图中所示。

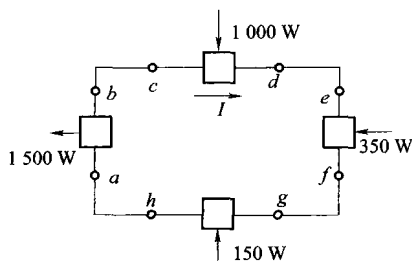


图 1-8 求解电压电路

(1) 标出各段电路两端电压的极性。

(2) 求出电压 U_{ab} 、 U_{cd} 、 U_{ef} 、 U_{gh} 的值。

(3) 电路产生的功率与消耗的功率相等, 这反映了能量守恒定律。你能从 (2) 中计算的结果看出这一定律反映在整个电路中电压有什么规律性吗?

解 (1) 当一段电路的电压 U 、电流 I 取关联参考方向时, 则功率 $P=UI$ 为正, 表示消耗功率; 若为负, 则表示产生功率。

取各段电路电压参考方向与电流参考方向相关联, 依题可得各电压的方向:

因为 $U_{ab}I = -1\,500$ W, 产生功率, 所以电压极性 a 为负、 b 为正。

因为 $U_{cd}I = 1\,000$ W, 消耗功率, 所以电压极性 c 为正、 d 为负。

因为 $U_{ef}I = 350$ W, 消耗功率, 所以电压极性 e 为正、 f 为负。

因为 $U_{gh}I = 150$ W, 消耗功率, 所以电压极性 g 为正、 h 为负。

$$(2) \quad U_{ab} = -\frac{1\,500}{I} = -\frac{1\,500}{20} = -75 \text{ (V)}$$

$$U_{cd} = \frac{1\,000}{20} = 50 \text{ (V)}$$

$$U_{ef} = \frac{350}{20} = 17.5 \text{ (V)}$$

$$U_{gh} = \frac{150}{20} = 7.5 \text{ (V)}$$

(3) 根据以上计算结果可得

$$U_{ab} + U_{cd} + U_{ef} + U_{gh} = -75 + 50 + 17.5 + 7.5 = 0$$

这说明在一个闭合回路中各段电压降的代数和等于零, 即 $\sum U = 0$, 符合基尔霍夫电压定律。

1.2 设电路如图 1-9 (a) 所示, 求电流 I_3 和两个电流源发出的功率。

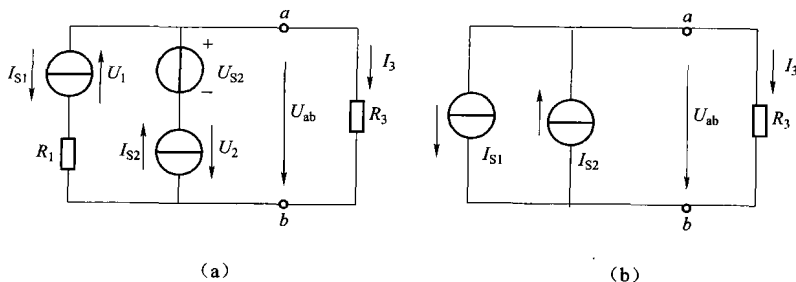


图 1-9 求电流和功率的电路

解 (1) 根据电流源的性质, 可作出计算 I_3 的等效电路, 如图 1-9 (b) 所示, 由基尔霍夫电流定律得

$$I_3 = I_{S2} - I_{S1}$$

(2) 计算 I_{S1} 和 I_{S2} 发出的功率。根据欧姆定律, 得

$$U_{ab} = R_3 I_3$$

注意 有许多同学可能会这样求解

$$P_{I_{S1}} = -U_{ab} I_{S1}$$

$$P_{I_{S2}} = U_{ab} I_{S2}$$

这是完全错误的。因为等效是对外电路而言的! 在这里, 只有 ab 两端右边的电路才是等效的。计算两个电流源的功率时, 必须根据原电路图 1-9 (a), 求出这两个电流源的端电压 U_1 和 U_2 , 然后再按功率的公式计算。即

$$U_{ab} = R_1 I_{S1} - U_1$$

$$U_{ab} = U_{S2} + U_2$$

所以

$$U_1 = R_1 I_{S1} - U_{ab} = (R_1 + R_3) I_{S1} - R_3 I_{S2}$$

$$U_2 = U_{ab} - U_{S2} = R_3 (I_{S2} - I_{S1}) - U_{S2}$$

则两电流源发出的功率应为

$$P_{I_{S1}} = U_1 I_{S1} = (R_1 + R_3) I_{S1}^2 - R_3 I_{S1} I_{S2}$$

$$P_{I_{S2}} = U_2 I_{S2} = R_3 I_{S2}^2 - R_3 I_{S1} I_{S2} - U_{S2} I_{S2}$$

必须指出: n 个不同的电流源是不允许串联的。

n 个不同的电压源是不允许并联的。

1.8 如图 1-10 所示电路中, 已知 $R_1 = R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = 10 \Omega$, $R_4 = R_5 = 15 \Omega$, $I_1 = 2 \text{ A}$, $I_3 = 4 \text{ A}$, $I_5 = 1 \text{ A}$, 试求电动势 E_1 、 E_3 及 E_5 。

解 因为 $I_2 + I_3 = I_1$

所以 $I_2 = I_1 - I_3 = 2 - 4 = -2 \text{ (A)}$

$$U_{R2} = I_2 R_2 = -2 \times 5 = -10 \text{ (V)}$$

又因为 $E_1 = I_1 R_1 + I_2 R_2$

所以

$$E_1 = 2 \times 5 - 10 = 0 \text{ (V)}$$

$$I_4 = I_3 + I_5 = 4 + 1 = 5 \text{ (A)}$$

$$U_{R4} = I_4 R_4 = 5 \times 15 = 75 \text{ (V)}$$

$$E_5 = I_5 R_5 + I_4 R_4 = 1 \times 15 + 75 = 90 \text{ (V)}$$

$$\begin{aligned} E_3 &= I_3 R_3 + I_4 R_4 - I_2 R_2 \\ &= 4 \times 10 + 75 - (-10) = 125 \text{ (V)} \end{aligned}$$

点评 注意在计算 E_3 时, 其中 $I_2 R_2$ 本身为 -10 V , 所以减负相当于加正 10 V , 故 $E_3 = 125 \text{ V}$ 。最后还可以进行验证, 即

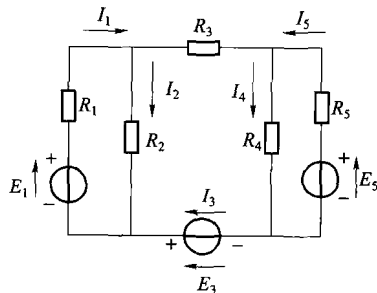


图 1-10 求电动势的电路

$$E_5 - I_5 R_5 = I_4 R_4 = E_3 + I_2 R_2 - I_3 R_3$$

$$90 - 1 \times 15 = 5 \times 15 = 125 + (-10) - 40$$

计算可得

$$75 = 75 = 75$$

1.9 在图 1-11 (a) 所示电路中, 已知 $U_S = 16 \text{ V}$, $I_S = 2 \text{ A}$, $R_1 = 12 \Omega$, $R_2 = 1 \Omega$ 。求开关 S 断开时开关两端的电压 U 和开关 S 闭合时通过开关的电流 I 。

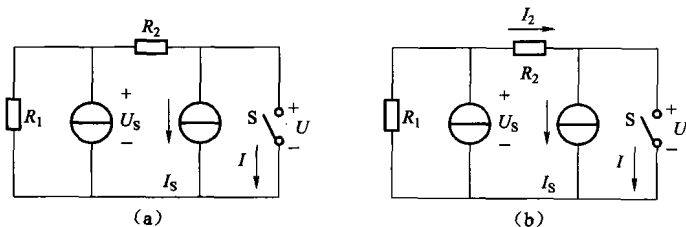


图 1-11 求开关端电压和通过的电流电路

解 设电阻 R_2 支路的电流为 I_2 , 方向如图 1-11 (b) 所示。
S 断开时:

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

$$U = U_S - I_2 R_2 = 16 - 2 \times 1 = 14 \text{ (V)}$$

S 闭合时:

$$I_2 = \frac{U_S}{R_2} = \frac{16}{1} = 16 \text{ (A)}$$

根据基尔霍夫电流定律

$$I = I_2 - I_S = 16 - 2 = 14 \text{ (A)}$$

点评 此时虽然开关 S 闭合, 但 $I \neq I_2$, 恒流源端电压虽然为零, 但电流不变!

1.10 为了测定蓄电池的内阻, 通常选一个阻值等于额定负载的电阻 R , 接成如图 1-12 所示电路。合上开关 S, 读出端电压 $U = 24 \text{ V}$, 再打开开关 S, 读出开路电压 $U_{OC} = 25.2 \text{ V}$, 如果图 1-12 中 $R = 10 \Omega$, 试求蓄电池内阻 R_0 等于多少?

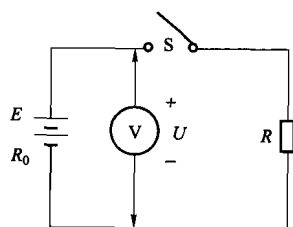


图 1-12 求电池内阻的电路

解 先求出合上开关后的电流, 根据欧姆定律, 可得

$$I = \frac{U}{R} = \frac{24}{10} = 2.4 \text{ (A)}$$

另外, 电源电动势 E 等于开路电压 U_{OC} , 即

$$E = U_{OC} = 25.2 \text{ V}$$

当开关闭合时, 根据全电路欧姆定律, 可得

$$E = IR + IR_0 = U + IR_0$$

则

$$R_0 = \frac{E - U}{I} = \frac{25.2 - 24}{2.4} = 0.5 \text{ } (\Omega)$$

点评 该题是实际工作中经常使用的方法。初学者在用万用表测内阻时，很容易用欧姆挡去测量，将使万用表烧毁，这是不允许的。

切记：严禁用万用表欧姆挡去测电源内阻！

1.13 试求图 1-13 所示的电路中电压 U_{ab} 。

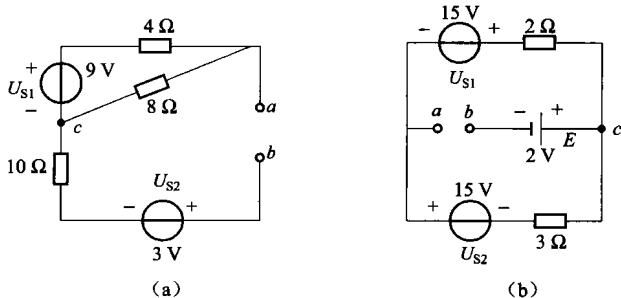


图 1-13 求开路电压的电路

解 (1) 图 1-13 (a) 中，只有闭合回路有电流流过，则

$$\text{因为} \quad U_{ac} = \frac{8}{4+8} \times 9 = 6 \text{ (V)}$$

$$\text{所以} \quad U_{ab} = U_{ac} - U_{S2} = 6 - 3 = 3 \text{ (V)}$$

(2) 图 1-13 (b) 中，只有闭合回路有电流流过，则

$$I = \frac{15 + 15}{2 + 3} = \frac{30}{5} = 6 \text{ (A)}$$

$$U_{ac} = -U_{S1} + 6 \times 2 = -15 + 12 = -3 \text{ (V)}$$

或

$$U_{ac} = U_{S2} - 6 \times 3 = 15 - 18 = -3 \text{ (V)}$$

点评 由此可见，选择 c 为参考点后， U_{ac} 的值与所选路径无关。

$$U_{ab} = U_{ac} + U_{cb} = -3 + 2 = -1 \text{ (V)}$$

2. 补充题

补 1.1 在图 1-14 所示电路中，已知 $R_B = 20 \text{ k}\Omega$ ， $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ， $E_B = 6 \text{ V}$ ， $U_S = 6 \text{ V}$ ， $U_{BE} = -0.3 \text{ V}$ ，试求 I_B 、 I_2 及 I_1 。

解 对回路 II 应用基尔霍夫电压定律列出

$$E_B - I_2 R_B - U_{BE} = 0$$

即
故

$$6 - 20 \times 10^3 I_2 - (-0.3) = 0$$

$$I_2 = 0.315 \text{ mA}$$

再对回路 I 列出

$$E_B - I_2 R_B - I_1 R_1 + U_S = 0$$

即

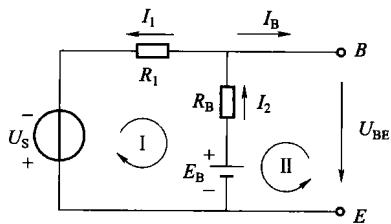


图 1-14 求支路电流的电路