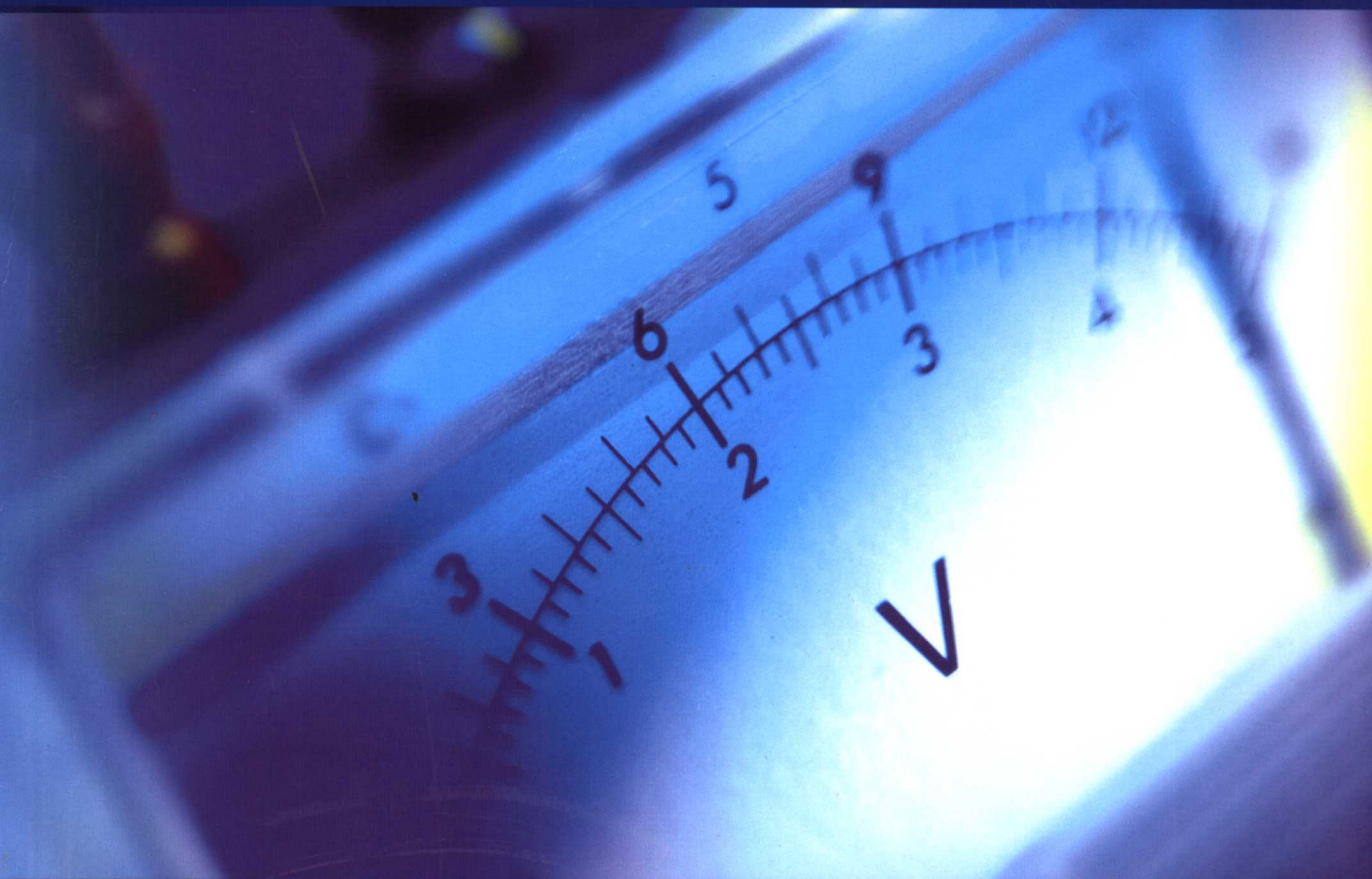


王云泉 郑庆利 编

电工基础

例题与习题



华东理工大学出版社

EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

© 责任编辑 徐惠娟 © 封面设计 王晓迪 © 责任校对 张 波

电工基础

例题与习题

ISBN 7-5628-1935-1



9 787562 819356 >

ISBN 7-5628-1935-1/TM·5

定价：22.00 元

王云泉 郑庆利 编

电工基础

例题与习题

东南理工大学出版社

SOUTHEAST UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

电工基础例题与习题/王云泉,郑庆利 编. —上海:华东理工大学出版社,2006. 8
ISBN 7-5628-1935-1

I. 电... II. ①王... ②郑... III. 电工学-高等学校-习题 IV. TM1-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077157 号

电工基础例题与习题

王云泉 郑庆利 编

责任编辑 / 徐惠娟

封面设计 / 王晓迪

责任校对 / 张 波

出版发行 / 华东理工大学出版社

地 址:上海市梅陇路 130 号,200237

电 话:(021)64250306(营销部)

传 真:(021)64252707

网 址:www. hdlgpress. com. cn

印 刷 / 江苏省通州市印刷总厂有限公司

开 本 / 787mm×1092mm 1/16

印 张 / 13.5

字 数 / 327 千字

版 次 / 2006 年 8 月第 1 版

印 次 / 2006 年 8 月第 1 次

印 数 / 1—4050 册

书 号 / ISBN 7-5628-1935-1/TM·5

定 价 / 22.00 元

(本书如有印装质量问题,请到出版社储运部调换)

前 言

《电工基础例题与习题》一书是为电工基础课程编写的辅助用书,目的是帮助读者学习电工基础基本内容,检验掌握电工基础课程基本理论、基本概念和基本技能的程度,培养和提高分析问题、解决问题的能力。读者在学完本书之后,可在电工基础课程知识的理解和掌握方面达到一个新的高度。

本书根据机械工业机电类高等职业技术教育教材建设协作会议的要求并且参照《电工基础》(谭恩鼎、瞿龙祥主编,高等教育出版社出版)一书的章节内容编写,是上海电机学院电工电子教学部经过电工基础课程长期教学改革的实践积累和经验总结。

本书各章前面均概述了教学目标与要求,并精练总结了教学内容要点,以便读者概括掌握各知识要点。本书精心选择了大量的各种不同类型的典型例题和习题,紧扣教学内容,针对性强;例题给出了启发式的解答,力求讲清做题步骤和难点,使读者对电工基础各部分内容的概念、问题要求、解题方法三个方面融会贯通;在各章单元后还给出了测试题,在全书最后还列出了各章的习题答案和试卷。

本书由王云泉和郑庆利两位老师共同编写。郑庆利老师提供了全部习题答案,王云泉老师负责全书的统稿。上海电机学院电工电子教学部吴兴云副教授仔细审阅了全部书稿,提出了详细的修改意见。在编写过程中,得到了上海电机学院及该院电工电子教学部苏中义教授、冯澜副教授、许培德副教授、万军红等老师的大力支持和热心帮助。在此,编者谨表示诚挚感谢!

由于编者水平和经验有限,书中难免存在不妥和错误之处,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2006年5月于上海电机学院

内 容 提 要

本书根据高等职业技术教育的特点和突出实用性、实践性的原则,依据机械工业机电类高等职业技术教育教材建设协作组会议精神和作者多年来施行电工基础目标教学的成功经验编写而成。

全书分电路的基本概念与定律、电阻性电路分析、电感与电容、正弦交流电路、三相电路、非正弦周期性电流电路、动态电路分析、磁路和交流铁心线圈等8章。本书每一章均安排了教学目标和要求、教学内容要点,对重点内容进行归纳和总结,并对典型题目进行解答,配置了结合教学要求的练习题和测试题等内容,具有很强的实用性。

本书是学习《电工基础》的辅导教材,可供普通高校技术本科及高职高专院校机电类相关专业的师生参考。

目 录

第一章 电路的基本概念与基本定律	1
1.1 教学目标和要求	1
1.2 教学内容要点	1
1.3 典型例题分析与解答	5
1.4 习题训练与练习	10
第一章综合测试题	23
第二章 直流电阻电路分析	26
2.1 教学目标和要求	26
2.2 教学内容要点	26
2.3 典型例题分析与解答	30
2.4 习题训练与练习	40
第二章综合测试题	51
第三章 电容与电感	53
3.1 教学目标和要求	53
3.2 教学内容要点	53
3.3 典型例题分析与解答	56
3.4 习题训练与练习	58
第四章 正弦交流电路的分析	62
4.1 教学目标和要求	62
4.2 教学内容要点	62
4.3 典型例题分析与解答	70
4.4 习题训练与练习	87
第四章综合测试题	104
第五章 三相正弦交流电路	108
5.1 教学目标和要求	108

5.2 教学内容要点	108
5.3 典型例题分析与解答	112
5.4 习题训练与练习	119
第五章综合测试题	125

第六章 非正弦周期性电路 127

6.1 教学目标和要求	127
6.2 教学内容要点	127
6.3 典型例题分析与解答	129
6.4 习题训练和练习	132
第六章综合测试题	135

第七章 线性动态电路分析 138

7.1 教学目标和要求	138
7.2 教学内容要点	138
7.3 典型例题分析与解答	141
7.4 习题训练与练习	153
第七章综合测试题	158

第八章 磁路与铁心线圈 160

8.1 教学目标和要求	160
8.2 教学内容要点	160
8.3 典型例题分析与解答	165
8.4 习题训练与练习	170
第八章综合测试题	177
电工基础(上)期终试题 A	179
电工基础(上)期终试题 B	183
电工基础(下)期终试题 A	186
电工基础(下)期终试题 B	191

部分习题参考答案 195

附录一 常用铁磁材料基本磁化曲线数据表 205

附录二 几种电工钢片铁损数据表 207

参考文献 209

第一章

电路的基本概念与基本定律

1.1 教学目标和要求

- (1) 了解电路的概念和主要物理量。
- (2) 理解电压、电流的参考方向和功率正负值的意义。
- (3) 理解电路模型的概念和理想电路元件的特性以及实际电源的两种电路模型。
- (4) 了解电路的有载工作、开路与短路状态和额定值的意义。
- (5) 掌握基尔霍夫定律,并能分析计算简单直流电路和电路中各点的电位。

1.2 教学内容要点

1.2.1 电路与电路模型

电流通过的路径称电路,电路由电源、负载、中间环节三部分组成,按照连接电路的目的和功能,电路分为电力电路和信号电路两类,组成电路的电器设备或器件称为电路元件。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,电路分析中所涉及的电路都是模型。电路的作用:①完成电能的传递、分配和转换;②完成信息的传递和处理。

1.2.2 电路的基本物理量及其参考方向

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:

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

大小和方向均不随时间变化的电流称恒定电流,简称直流,其电流强度 I 可写成:

$$I = \frac{Q}{t}$$

电流的实际方向:规定为正电荷运动方向。

电流的参考方向称为假定正方向,这是分析与计算电路的一种方法,是一个标准。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。根据电流的正值或负值,结合其参考方向,可以确定电流的实际方向。

2. 电压

电场中任意两点的电位差,就是这两点之间的电压。在数值上等于电场力把单位正电荷从某点移动到另一点所做的功。其表达式为

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q}$$

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

电压的实际方向:规定为从高电位点指向低电位点,即表示电位降落的方向。

电压的参考方向:为了计算的方便,也可以任意选定一个方向作为电压的参考方向。当电压的实际方向与参考方向一致时,电压为正值。相反时,电压为负值。根据电压的正值或负值,结合参考方向,可以确定电压的真实方向。

3. 电位

电位是表明正电荷位于该点时,所具有电位能的大小,在数值上等于电场力把单位正电荷从某点 a 移动到参考点所做的功。参考点 O 的电位 $V_0 = 0$ 。

其表达式为:

$$V_a = U_{a0} = V_a - V_0$$

电位是分析电子电路的一个重要物理量。必须注意:第一,电位是一个相对的物理量,不确定参考点讨论电位是没有意义的;第二,在同一个电路中,当选定不同的参考点时,同一点的电位是不同的;第三,在同一电路中,参考点确定之后,则电路中其余各点的电位就都有唯一确定的数值,这是电位的单值性原理。

电路中电位与电压关系:设电路中 a、b 两点的电压 U_{ab} ,则

$$V_a = U_{ab} + V_b \quad \text{或} \quad V_b = V_a - U_{ab}$$

4. 电功率与电能

电场力对正电荷所做的功 W 与做功所需的时间 t 的比值称为电功率,其表达式为:

$$P = \frac{W_{ab}}{t}$$

根据电压定义,电场力所做的功为 $W_{ab} = qU_{ab}$, 所以,其电功率又可表示为:

$$P = \frac{QU}{t} = UI$$

当已知电气设备的功率为 P 时,则在 t 时间内消耗的电能为

$$W = Pt$$

所以,电能就等于电场力所做的功。

在计算电路元件的功率时,要考虑其电压、电流的参考方向是否一致,当电压与电流参考方向一致时, $P = UI > 0$, 说明此电路元件消耗功率,在电路中的作用为负载。反之, $P = UI < 0$, 说明此电路元件发出功率,在电路中的作用为电源。当电压与电流的参考方向相反时, $P = UI > 0$, 说明此电路元件发出功率,其作用为电源。反之, $P = UI < 0$, 说明此电路元件消耗功率,其作用为负载。

1.2.3 电气设备的额定值

各种电气设备所能承受的电压、电流及功率等都有一个限额,这些限额分别称为电气设备的额定电压、额定电流和额定功率。额定值是制造厂对产品的使用规定。按照额定值来使用是最经济合理和完全可靠的,并且能保证电气设备有一定的使用寿命。长期超过额定值工作,将使设备损坏。相反,长期低于额定值工作,将使设备不能充分利用。所以为了完全充分发挥设备能力,又保证设备安全运行,一般应在设备额定值下工作。

1.2.4 电源与电路的三种工作状态

1. 电源

电源是一种提供电能的二端元件。电源分为电压源与电流源两种。理想电压源的电压恒定不变,而电流随外电路而变;理想电流源的电流恒定不变,而电压随外电路而变。

一个实际电源的电路模型既可以使用电压源表示,又可以使用电流源表示。电压源是由理想电压源 U_s 与电源内阻 R_0 串联组成。电流源是由理想电流源 I_s 与电源内阻 R_0 并联组成。

电压源模型与电流源模型之间可以等效变换。等效变换的条件是内阻相等,且 $I_s = \frac{U_s}{R_0}$ 或 $U_s = R_0 I_s$ 。电压源与电流源之间的等效变换是分析电路的一种方法。

理想电压源和理想电流源实际上是不存在的,它们之间不能进行等效变换。

2. 电路的三种工作状态

(1) 电路的有载工作状态。电源和负载接通,电路中有电流,有能量的转换。电路在通路状态有下列关系:

$$\text{负载电流: } I = \frac{U_s}{R_0 + R}$$

$$\text{负载电压(电源端电压): } U = IR = U_s - IR_0$$

$$\text{功率平衡式: } P = P_s - \Delta P$$

式中: $P_s = U_s I$ 是电源产生的功率;

$\Delta P = I^2 R_0$ 是电源内阻上损耗的功率;

$P = UI$ 是电源输出的功率。

电源产生的功率和负载取用的功率以及内阻上所损耗的功率是平衡的。

(2) 开路(空载)状态。电源没有和外电路接通,电源的输出电流等于零,没有能量输出。电路开路状态的特征为:

输出电流 $I = 0$

电源端电压 $U = U_s$

输出功率 $P_s = 0$

(3) 短路状态。电源两端直接短接,电能全部被电源内阻消耗。电路短路时的特征为:

短路电流 $I_s = \frac{U_s}{R_0}$

电源端电压 $U = 0$

电源的功率 $P = I_s^2 R_0$

由于电源内阻 R_0 一般很小,短路时电流 I_s 将比正常电流大很多,这是绝对不允许的。

1.2.5 电路的基本定律

1. 欧姆定律

欧姆定律是表示电阻元件两端电压与电流之间关系的定律。

当电压、电流参考方向一致时,可表示为:

$$U = IR$$

当电压、电流参考方向选得相反时,可表示为:

$$U = -IR$$

2. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是表示电路中各元件相互连接的电压、电流应遵循的规律。基尔霍夫定律包括电流定律(KCL)和回路电压定律(KVL)。

(1) 电流定律(KCL)。电流定律是确定电路中节点上各支路电流之间关系的定律。

在任一瞬时,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,即:

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

若取流入节点电流为正,流出节点电流为负,则节点电流定律可表示为:在任一瞬时,一个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,还适用交流电路,还可以推广到电路中的任一假想的封闭面。

(2) 电压定律(KVL)。电压定律是确定电路中任一回路中各部分电压之间关系的定律。

在任一瞬时,沿任一回路绕行方向,回路中各电阻上的电压代数和等于各电压源电压的代数和,即:

$$\sum RI = \sum U_s$$

式中,凡是电流的参考方向与回路绕行方向一致时,则电流在电阻上产生的电压取正号,相反时则取负号;凡是电压源电压的参考方向与回路绕行方向相反时取正号,一致时取

负号。回路电压定律还可以用以下式子表示：

$$\sum U = 0$$

即：沿着任一回路绕行方向各电压的代数和等于零。

必须指出：该定律不仅适用于直流电路，还适用于交流电路，还可以推广到计算开路端的电压。

1.3 典型例题分析与解答

例 1-1 如图 1-1 所示电路中，元件 B 产生功率为 10 W，试问电流 I 应为多少？

解 U 、 I 为非关联参考方向，

则 $P = UI$ ，

$$I = \frac{P}{U} = \frac{10}{10} = 1 \quad (\text{A}).$$

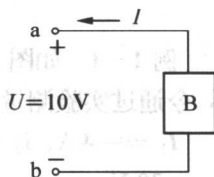


图 1-1

例 1-2 求如图 1-2 所示各支路的未知量。

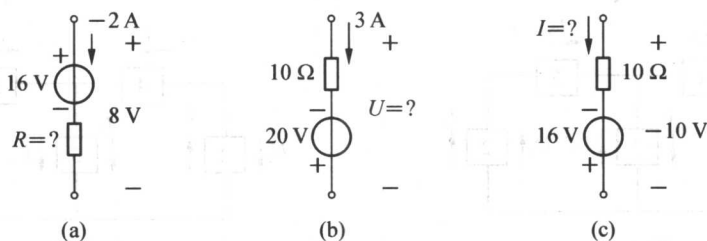


图 1-2

解 图(a) $U = U_s + IR$, $8 = 16 - 2R$, 故 $R = 4 \quad (\Omega)$ 。

图(b) $U = -U_s + IR$, $U = (-20 + 3 \times 10)$, 故 $U = 10 \quad (\text{V})$ 。

图(c) $U = -U_s + IR$, $-10 = -16 + I \times 10$, 故 $I = 0.6 \quad (\text{A})$ 。

例 1-3 如图 1-3 所示，方框 N 表示一电阻性网络，若已知 (i) $U = 10 \text{ V}$, $I = 1 \text{ A}$ ；(ii) $U = 10 \text{ V}$, $I = -1 \text{ A}$ ，试问哪个网络吸收功率，哪个网络输出功率？

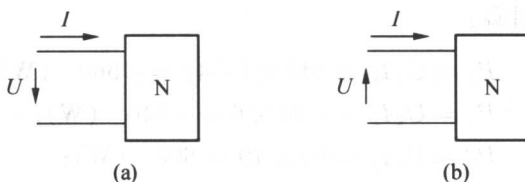


图 1-3

解 图(a)：

- (1) $U = 10 \text{ V}$, $I = 1 \text{ (A)}$, U 、 I 为关联参考方向
 $P = UI = 10 \times 1 = 10 \text{ (W)}$, 吸收功率
- (2) $U = 10 \text{ V}$, $I = -1 \text{ (A)}$, U 、 I 为非关联参考方向
 $P = UI = 10 \times (-1) = -10 \text{ (W)}$; 发出功率

图(b):

- (1) $U = 10 \text{ V}$, $I = 1 \text{ (A)}$, U 、 I 为非关联参考方向
 $P = UI = 10 \times 1 = 10 \text{ (W)}$; 发出功率
- (2) $U = 10 \text{ V}$, $I = -1 \text{ (A)}$, U 、 I 为关联参考方向
 $P = UI = 10 \times (-1) = -10 \text{ (W)}$ 。吸收功率

例 1-4 如图 1-4 所示,五个元件代表电源或负载。电流和电压的参考方向如图中所示,今通过实验测量得知:

$I_1 = -4 \text{ A}$, $I_2 = 6 \text{ A}$, $I_3 = 10 \text{ A}$, $U_1 = 140 \text{ V}$, $U_2 = -90 \text{ V}$, $U_3 = 60 \text{ V}$, $U_4 = -80 \text{ V}$, $U_5 = 30 \text{ V}$

- (1) 标出各电流和电压的实际方向。
- (2) 判断哪些元件是电源,哪些是负载?
- (3) 计算各元件的功率,判断电源发出的功率和负载取用的功率是否平衡?

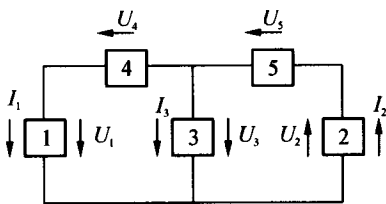


图 1-4

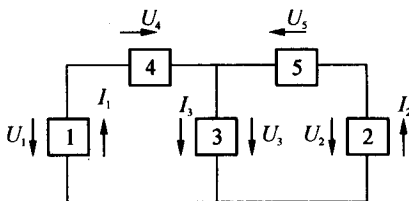


图 1-5

解 (1) 根据电压、电流的参考方向与实际方向之间的关系,即当参考方向与实际方向一致时,其值为正;为此,把各负载的电压、电流的参考方向反过来改换一下,即可得到实际电压方向和电流方向,如图 1-5 所示。

(2) 判断负载和电源的原则是:当元件上电压和电流实际方向一致时,则为负载;当元件上的电压和电流实际方向相反时,则为电源。据此原则,元件 1、元件 2 上的电压和电流的实际方向相反,故为电源。而元件 3、元件 4、元件 5 上的电压和电流的实际方向一致,所以为负载。

(3) 各元件的功率计算:

$$P_1 = U_1 I_1 = 140 \times (-4) = -560 \text{ (W)};$$

$$P_2 = U_2 I_2 = -90 \times 6 = -540 \text{ (W)};$$

$$P_3 = U_3 I_3 = 60 \times 10 = 600 \text{ (W)};$$

$$P_4 = U_4 I_4 = -80 \times (-4) = 320 \text{ (W)};$$

$$P_5 = U_5 I_5 = 30 \times 6 = 180 \text{ (W)}.$$

合计电源发出的功率为:

$$P_{\text{发}} = P_1 + P_2 = 560 + 540 = 1100 \quad (\text{W})。$$

合计负载吸收的功率为：

$$P_{\text{吸}} = P_3 + P_4 + P_5 = 600 + 320 + 180 = 1100 \quad (\text{W})。$$

可见电路中电源发出的功率等于负载吸收的功率，功率是平衡的。

例 1-5 有一直流电源，其额定功率 $P_N = 200 \text{ W}$ ，额定电压 $U_N = 50 \text{ V}$ ，内阻 $R_0 = 0.5 \Omega$ ，负载电阻 R 可以调节，其电路如图 1-6 所示。试求：(1) 额定工作状态下的电流及负载电阻；(2) 开路状态下的电源端电压；(3) 电源短路状态下的电流。

解 根据功率表达式

$$P_N = U_N I_N$$

$$\text{所以} \quad I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{200}{50} = 4 \quad (\text{A})；$$

负载的电阻为：

$$R_N = \frac{U_N}{I_N} = \frac{50}{4} = 12.5 \quad (\Omega)；$$

电源的端电压小于电源电压 U_s ，两者之差为电流通过电源内阻所产生的电压 IR_0 ，

$$U_N = U_s - IR_0；$$

当电路为开路状态时，则电源端电压等于电源电压 U_s ，即相当于额定工作状态时，电源端电压和内阻上电压之和：

$$U = U_s = U_N + IR_0 = 50 + 4 \times 0.5 = 52 \quad (\text{V})；$$

电路短路时端电压 $U_N = 0$ 。此时短路电流较大，为 I_s

$$I_s = \frac{U_s}{R_0} = \frac{52}{0.5} = 104 \quad (\text{A})。$$

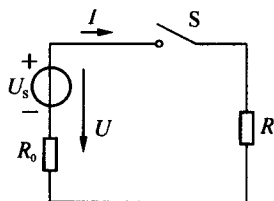


图 1-6

例 1-6 某实际电源的伏安特性如图 1-7 所示，试求它的电压源模型，并将其等效变换为电流源模型。

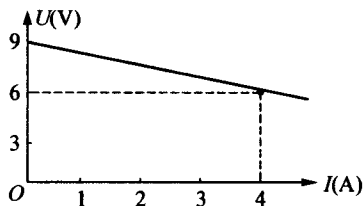


图 1-7

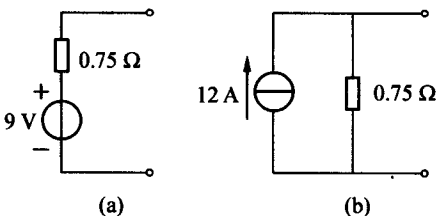


图 1-8

解 实际电压源的端电压方程为：

$$U = U_s - IR_0。$$

根据伏安特性曲线, $I = 0$ 时, $U = U_s = 9$ (V);

$$I = 4 \text{ A 时}, U = 6 = 9 - 4R_0 \text{ (V)}.$$

所以

$$R_0 = \frac{9-6}{4} = 0.75 \text{ } (\Omega),$$

故电压源模型如图 1-8(a)所示。

根据电压源与电流源等效变换条件:

$$I_s = \frac{U_s}{R_0} = \frac{9}{0.75} = 12 \text{ (A)},$$

$$R_0 = 0.75 \text{ } (\Omega) \text{ 不变},$$

故等效电流源模型如图 1-8(b)。

例 1-7 如图 1-9 所示电路, 求电流 I 。

解 图(a)由 KCL 得:

$$I + 3 + (-2) + 1 = 0, \text{ 得 } I = -2 \text{ (A)};$$

图(b)将 KCL 用于闭合面, 同样可得:

$$3 + (-2) + 1 + I = 0, \text{ 得 } I = -2 \text{ (A)}.$$

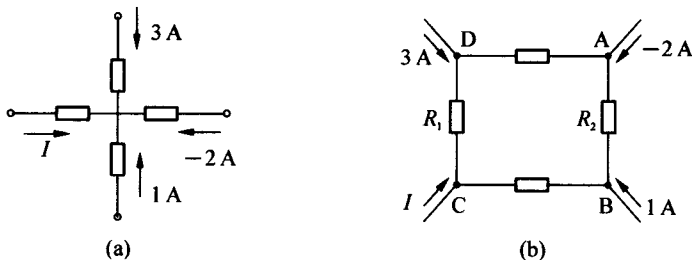


图 1-9

例 1-8 如图 1-10 所示电路, a、b 两点间处于开路状态, 试计算开路电压 U_{ab} 。

解 对电路的左边部分应用 KVL, 则有:

$$-10 + 2I + 4I + 4 = 0,$$

$$I = \frac{10-4}{4+2} = \frac{6}{6} = 1 \text{ (A)}.$$

同样对 abcda 回路应用 KVL, 则有:

$$-4 - 4I + 2 + U_{ab} = 0,$$

$$U_{ab} = 4 + 4 \times 1 - 2 = 6 \text{ (V)}.$$

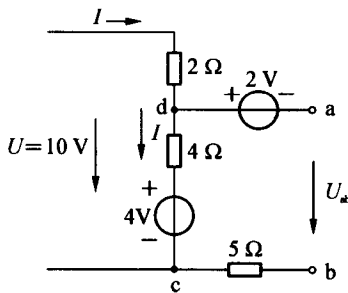


图 1-10

例 1-9 求如图 1-11 所示电路中 A 点电位 V_A 。

解 注意电阻 $4\ \Omega$ 上没有电流流过, 故没有电压。沿 ABCA 回路, 由 KVL 得:

$$-3 + 2I + 1I = 0,$$

$$I = \frac{3}{2+1} = 1\ (\text{A}),$$

$$V_A = -1I + 6 = -1 + 6 = 5\ (\text{V}).$$

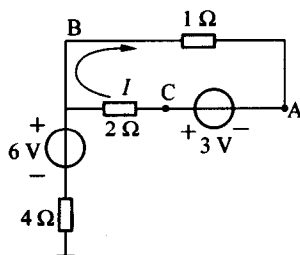


图 1-11

例 1-10 在如图 1-12(a)所示电路中, 在开关 S 断开和闭合的两种情况下, 试求 A 点的电位。

解 当 S 断开时, 画出其等效电路如图 1-12(b)所示, 整个电路为单回路, 电流设为 I 。由 KVL 得:

$$-3I - 3.9I - 20I + 12 + 12 = 0,$$

所以

$$I = \frac{12 + 12}{3 + 3.9 + 20} = \frac{24}{26.9} = 0.89\ (\text{mA}),$$

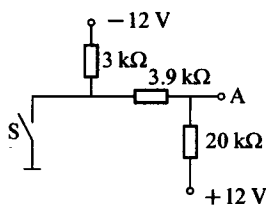
$$V_A = -20I + 12 = -20 \times 0.89 + 12 = -5.8\ (\text{V}).$$

当 S 闭合时, 画出其等效电路如图 1-12(c)所示, 沿 ABCD 回路, 由 KVL 得:

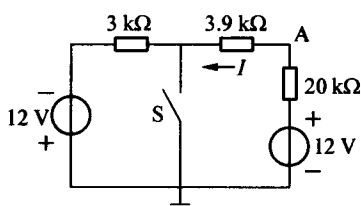
$$-20I_2 + 12 - 3.9I_2 = 0,$$

$$I_2 = \frac{12}{23.9} = 0.502\ (\text{mA}),$$

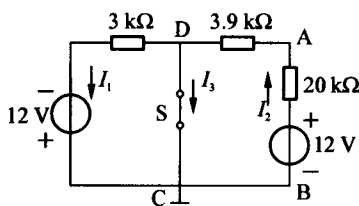
$$V_A = 3.9I_2 = 3.9 \times 0.502 = 1.96\ (\text{V}).$$



(a)



(b)



(c)

图 1-12

例 1-11 试用电压源与电流源等效变换的方法, 计算如图 1-13(a)中 $2\ \Omega$ 电阻中的电流 I 。

解 将电压源的电压 U_{S_1} 和电阻 R_1 , 电压源的电压 U_{S_2} 和电阻 R_2 等效变换成电流源电流 I_{S_1} 和 I_{S_2}

$$I_{S_1} = \frac{U_{S_1}}{R_1} = \frac{6}{3} = 2\ (\text{A});$$

$$I_{S_2} = \frac{U_{S_2}}{R_2} = \frac{12}{6} = 2\ (\text{A});$$