



“十二五”高等学校专业教材建设工程

电工电子技术

DIANGONG DIANZI JISHU

主 编 耿大勇

副主编 魏 玲 闫 芳 朱延枫



东北大学出版社
Northeastern University Press



“十二五”高等学校专业教材建设工程

电工电子技术

内容简介

主 编 耿大勇

副主编 魏 玲 闫 芳 朱延枫

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 耿大勇 2014

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术/耿大勇主编. —沈阳: 东北大学出版社, 2014. 12

ISBN 978-7-5517-0731-2

I. ①电… II. ①耿… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 298055 号

内容简介

“电工电子技术”是非电类专业重要的基础课程。本书是根据我国高等教育发展的新形势, 在新的教育理念指导下, 根据一般院校培养应用型高级技术人才的定位, 并为推进高等院校教学改革中的精品课建设而编写的。本书注重理论联系实际, 内容深入浅出, 简明易懂。

全书共分三篇: 电路分析、模拟电子技术和数字电子技术。共包含十一章内容, 且各部分内容前后贯通, 有机结合, 既有基础理论, 又有新技术、新方法, 力求与时俱进。各章均附有习题, 以便教学。本书适于作非电类专业电工学课程本科教材, 也可供其他社会读者使用。

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress. com http: //www. neupress. com

印 刷 者: 抚顺光辉彩色广告印刷有限公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 15.5

字 数: 387 千字

出版时间: 2014 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2014 年 12 月第 1 次印刷

策划编辑: 王兆元

责任编辑: 孙德海

责任校对: 叶 子

封面设计: 刘江旸

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-0731-2

定 价: 26.00 元

《电工电子技术》编委会

主 编 耿大勇

副主编 魏 玲 闫 芳 朱延枫

主 审 马文阁

编 委 (以姓氏笔画为序)

王春霞 王 巍 闫 芳

朱延枫 陈艳丽 何晓坤

李洋洋 李振刚 耿大勇

秦晓光 魏 玲

◎ 前 言

本书由辽宁工业大学出版基金资助出版。

本书是参照“高等学校工科本科电工学课程教学基本要求”，为高等学校非电类专业编写的电工电子技术基础教材。

“电工电子技术”课程的主要任务是研究电工电子基本理论知识及其应用，是非电类专业学生学习有关电学知识的一门重要技术基础课程。在信息时代的今天，电工电子技术日新月异，电工电子基本技能已经成为各专业学生最重要的基本技能之一。学好本课程，将为学习后续课程打下良好的理论和实践基础。

由于受学时数的限制以及高校培养目标的改革等诸多原因，以往的相关教材篇幅显得过于庞大，内容分散，容易造成学生学习吃力、负担过重。同时考虑到各个非电类专业对“电工电子技术”课程的不同教学要求，迫切需要一本比较简明的教材。为此，我们编写了这本《电工电子技术》教材。教材分三篇，包括电路分析、模拟电子技术和数字电子技术。第一篇为电路分析（第1—4章），内容包括电路的基本概念与基本定律、电路的分析方法、电路的暂态分析、正弦交流稳态电路；第二篇为模拟电子技术（第5—8章），内容包括半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源；第三篇为数字电子技术（第9—11章），内容包括门电路与组合逻辑电路、触发器与时序逻辑电路、数模与模数转换电路。

本书根据作者多年教学经验及教学改革成果和“电工学”精品课程建设内容，从课程设置总体优化的角度出发，整合教学内容，使课程内容具有系统性、先进性、启发性、实用性。本书力图在以下几个方面体现特色。

（1）理念：中国高等教育正从精英教育向大众化教育转型，故教材的内容简明扼要，以适应通识教育的新形势。

（2）定位：一般理工院校培养的是高级应用型人才。在这个定位下，本教材在内容和体系上与重点院校教材有所区别。

（3）体系：通过实际系统（项目）把电路分析、模拟电子技术和数字电子技术的知识融合在一起，让学生建立系统概念。数字电子技术既保持相对独立性，也与模拟电子技术相结合，多介绍一些实用性强、通用的系统，

逐步加深,使学生学有所用。

(4) 结构:根据社会发展对不同专业的要求,建立了电工电子技术模块化编写结构,确定了不同模块下的主要知识点。

(5) 侧重点:注重基本概念,不在计算上花费太多时间和精力。习题注重考查学生对知识的掌握情况、帮助学生理解相关概念和知识,计算相对简单。电子技术以集成电路为主进行介绍,适当保留了分立电路的重要内容,培养学生通过看说明书就能独立应用芯片的能力。

(6) 内容:根据理论教学与实践教学并重的教学理念,将理论知识内容与实际知识内容有机结合,理论、实际相辅相成。以最新的“基本要求”为依据,注意加强知识的综合与系统的概念,注意加强实际应用,使学生感到学有所用、学有兴趣。

(7) 例题和习题:每章中的例题和习题都尽量贴近实际应用,以提高学生的自学能力以及分析、解决问题的能力,培养学生的创新意识和工程意识。

本书可作为高等学校工科本科非电类各专业电工电子技术课程的教材,也可作为工程技术人员的学习用书。

本书由辽宁工业大学电气工程学院电工教研室组织编写,耿大勇任主编,魏玲、闫芳、朱延枫任副主编。其中第1,2,3章由耿大勇执笔;第4,10章由魏玲执笔;第5,6章由闫芳执笔;第7,8章由朱延枫执笔;第9章由李振刚执笔;第11章由陈艳丽执笔;附录由王春霞和李洋洋执笔。参加本书编写和校对的还有秦晓光,何晓坤,王巍以及辽宁大学商学院的王潇潇。全书由耿大勇统稿和定稿。

本书由辽宁工业大学马文阁教授主审。在本书的编写过程中,还得到了辽宁工业大学教务处,电气工程学院张健院长、王俊生副院长、白锐副院长及东北大学出版社的支持和帮助,在此对他们表示衷心的感谢。

由于编者的学识和能力有限,书中必然存在缺点和疏漏,恳请使用本书的教师、学生以及其他读者批评指正。

编者

2014年5月

◎ 目 录

第1篇 电路分析

第1章 电路的基本概念与基本定律	1
1.1 电路与电路模型	1
1.2 电路的基本物理量	2
1.3 电路元件	5
1.4 电路的工作状态	9
1.5 基尔霍夫定律	11
1.6 电路中电位的计算	14
本章小结	15
习题1	16
第2章 电路的分析方法	20
2.1 电阻的串联和并联	20
2.2 实际电源模型及其等效变换	23
2.3 支路电流法	26
2.4 结点电压法	27
2.5 叠加定理	29
2.6 戴维宁定理与诺顿定理	31
本章小结	34
习题2	35
第3章 电路的暂态分析	40
3.1 电路的暂态过程与换路定则	40
3.2 RC 电路的暂态分析	42
3.3 RL 电路的暂态分析	45
本章小结	46
习题3	47
第4章 正弦交流稳态电路	50
4.1 正弦交流电压与电流	50

4.2 正弦量的相量表示法	53
4.3 单一参数元件的正弦交流稳态电路	55
4.4 电阻、电感与电容元件串联的正弦交流稳态电路	59
4.5 串联谐振	63
4.6 正弦交流稳态电路的分析与计算	65
4.7 功率因数的提高	68
4.8 三相正弦交流电路	70
本章小结	79
习题4	80

第2篇 模拟电子技术

第5章 半导体器件	89
5.1 半导体基础知识	89
5.2 半导体二极管	92
5.3 特殊二极管	95
5.4 半导体三极管	97
本章小结	103
习题5	103
第6章 基本放大电路	107
6.1 共发射极放大电路的组成	107
6.2 放大电路的分析方法	110
6.3 静态工作点的稳定	115
6.4 射极输出器	119
6.5 多级放大电路	120
6.6 功率放大电路	121
本章小结	123
习题6	124
第7章 集成运算放大器	129
7.1 集成运算放大器简介	129
7.2 集成运算放大电路中的负反馈	133
7.3 集成运算放大器的线性应用	136
7.4 集成运算放大器的非线性应用	142

7.5 集成运算放大器使用时的注意事项	144
本章小结	145
习题 7	145
第 8 章 直流稳压电源	149
8.1 整流电路	149
8.2 滤波电路	151
8.3 直流稳压电源	153
本章小结	156
习题 8	156
 第 3 篇 数字电子技术	
第 9 章 门电路与组合逻辑电路	161
9.1 数字电路基本知识	161
9.2 基本门电路及其组合	164
9.3 逻辑代数及应用	171
9.4 组合逻辑电路的分析和设计	175
9.5 常用集成组合逻辑电路	177
本章小结	184
习题 9	185
第 10 章 触发器与时序逻辑电路	191
10.1 双稳态触发器	191
10.2 寄存器	197
10.3 计数器	199
本章小结	209
习题 10	209
第 11 章 数模与模数转换电路	214
11.1 D/A 转换器	214
11.2 A/D 转换器	217
本章小结	223
习题 11	223

部分习题答案	225
--------	-----

参考文献	230
------	-----

附 录

附录 A 电阻器的标称值及阻值表示法	231
--------------------	-----

附录 B 国产半导体分立器件命名法	233
-------------------	-----

附录 C 常用半导体分立器件的型号和参数	234
----------------------	-----

附录 D 半导体集成电路型号命名方法	236
--------------------	-----

附录 E TTL 门电路、触发器和计数器的部分品种型号	237
-----------------------------	-----

第1篇 电路分析

第1章 电路的基本概念与基本定律

本章主要讨论电路的基本物理量、电路元件、电路的基本定律和电位的计算。这些内容是进行电路分析和学习电子技术的基础。

1.1 电路与电路模型

1.1.1 电路的作用与组成

若干电器设备按照一定方式组合起来，构成电流的通路，称为电路。

电路的作用可以概括为两大类：一类是实现电能的输送与转换，如电力系统，将发电厂发电机发出的电能通过输电线输送给电灯、电动机等使用；另一类是实现信号的处理和传递，如收音机通过调谐、变频、检波、放大等电路将语言或音乐信号送至扬声器还原为原始信息。电路的形式多种多样，但通常都是由电源（或信号源）、负载和中间环节三部分组成。

电源是为电路提供电能的装置，是将非电能形态的能量转换成电能的供电设备，或者把电能转换为另一种形式的电能或者电信号的装置。如电池、发电机、信号源等。

负载是取用电能的装置或者器件，可将电能转换为其他形式的能量，如电灯、电动机、电炉、扬声器等设备和器件。

中间环节是连接电源和负载的部分，它起到传输、分配和控制电路的作用，如开关、输电线、放大器等。

1.1.2 电路模型

如图 1.1.1(a)所示的手电筒电路是最简单的电路。其中，干电池是电源，灯泡是负载，开关和导线是中间环节。由发电机、变压器、电动机、电池、开关、电灯等功能不同的实际元件或器件组成的电路称为实际电路。由于实际电路器件电磁关系比较复杂，为了便于对实际电路进行分析计算，将实际元件加以理想化，即在一定条件下突出其主要电磁特性，忽略其次要特性，将其近似地看作理想电路元件。而由理想电路元件组成的电路，称为实际电路的电路模型。

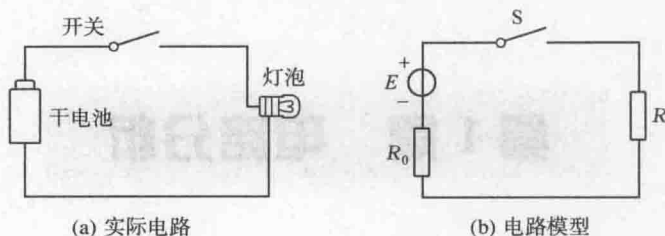


图 1.1.1 手电筒电路

图 1.1.1(b) 为图 1.1.1(a) 所示实际手电筒电路的电路模型。其中灯泡为理想电阻元件(参数为电阻 R)，干电池为实际电压源(参数为电动势 E 和内阻 R_0)，导线和开关认为是无电阻的理想导线。

理想电路元件(理想两字常略去不写)主要有电阻元件(简称电阻)、电感元件(简称电感)、电容元件(简称电容)和电源元件(包括电压源和电流源)等。

后文所分析研究的电路都是指电路模型，简称电路。在电路图中，各种电路元件用规定的图形符号表示。

1.2 电路的基本物理量

1.2.1 电 流

电流是由带电粒子有规则的定向运动形成的，习惯上规定正电荷移动的方向或负电荷移动的相反方向为电流的实际方向。在单位时间内通过某一导体横截面的电荷量，定义为电流强度，简称电流，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2.1)$$

式中， q ——电荷量，单位为库[仑](C)；

t ——时间，单位为秒(s)。

式(1.2.1)表示电流为时间的函数。如果电流的大小和方向随时间周期性变化，则称为交流电流，用小写字母 i 表示。如果电流的大小和方向都不随时间变化，则称为直流电流，用大写字母 I 表示。

电流的国际单位是安[培](A)。常用的电流单位还有毫安(mA)、微安(μA)等。换算关系为 $1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$ 。在分析计算电路前，往往很难事先判定电路中电流的实际方向，为此，可先任意选定某一方向作为电流的参考方向(又称正方向)，用箭头在电路中标出。所选的电流参考方向不一定与电流实际方向一致。当电流参考方向与电流实际方向一致时，电流为正值；反之，当电流参考方向与电流实际方向相反时，电流为负值。因此，在电流参考方向选定之后，电流值便有正负之分。

如图 1.2.1 所示，表示选定的电流的参考方向是从 a 端流向 b 端，如果 $i = 3\text{A}$ ，说明电流实际方向与参考方向一致，即从 a 流向 b；如果 $i = -3\text{A}$ ，说明电流实际方向与参考方向相反，即从 b 流向 a。也可用双下标来表示该电流的参考方向，



图 1.2.1 电流的参考方向

如 i_{ab} 表示该电流的参考方向是从 a 指向 b, 且有 $i_{ab} = -i_{ba}$ 。

1.2.2 电压

电荷在电场力的作用下在电路中流动形成电流, 电场力推动电荷运动做功。电压是衡量电场力对正电荷做功能力的物理量。电场力将单位正电荷从 a 点沿任意路径移动到 b 点所做的功定义为 a, b 两点之间的电压, 即

$$u_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad (1.2.2)$$

式中, W ——电功, 单位为焦[耳](J)。

如果电压的大小和方向随时间周期性变化, 则称为交流电压, 用小写字母 u 表示。如果电压的大小和方向都不随时间变化, 则称为直流电压, 用大写字母 U 表示。

电压的国际单位是伏[特](V)。常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μV)等。换算关系为 $1\text{V} = 10^{-3}\text{kV} = 10^3\text{mV} = 10^6\mu\text{V}$ 。

电场力对正电荷做功的方向, 就是电位降低的方向, 故规定电压的实际方向(极性)由高电位端指向低电位端。

同样, 在分析计算电路中的电压前, 先任意选定电路中两点间电压的参考方向(极性), 用“+”代表高电位, 用“-”代表低电位。图 1.2.2 中电阻 R 两端电压 U 的参考方向(极性)是假设 a 点为高电位端, b 点为低电位端, 也可用双下标 U_{ab} 来表示该参考方向(有时也用由 a 点指向 b 点的箭头表示), 且 $U_{ab} = -U_{ba}$ 。当电压参考方向与电压实际方向一致时, 电压为正值; 反之, 电压为负值。同电流一样, 在电压参考方向选定之后, 电压值也有正负之分。

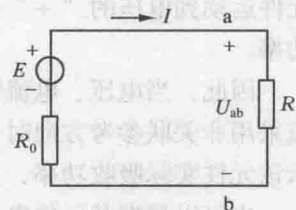


图 1.2.2 电压的参考方向

注意: 今后在求电流和电压时, 必须事先规定好参考方向, 否则求出的值没有意义。

电流和电压的参考方向可以任意设定, 但往往将电流和电压的参考方向设定为相同, 称为关联参考方向, 如图 1.2.3(a) 所示; 若电流和电压的参考方向取为相反, 则称为非关联参考方向, 如图 1.2.3(b) 所示。

当采用关联参考方向时, 电路中只要标出电流或电压中的一个参考方向即可。本书在分析计算电路时, 如未作特殊说明, 均采用关联参考方向。

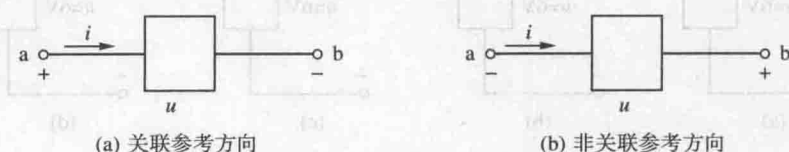


图 1.2.3 关联参考方向与非关联参考方向

1.2.3 电动势

电动势是描述电源中外力(也称非静电力)对正电荷做功能力的物理量。电动势大小等于外力把单位正电荷从电源的低电位端经电源内部移到高电位端所做的功。电动势的方向规定由电源负极指向电源正极, 即电位升高的方向, 这一点和电压正好相反。

如果电动势的大小和方向随时间周期性变化,则称为交流电动势,用小写字母 e 表示。如果电动势的大小和方向都不随时间变化,则称为直流电动势,用大写字母 E 表示。电动势的国际单位和电压一样,都是伏[特](V)。

如图 1.2.2 所示,电压源的电动势 E 和其两端电压方向相反,但数值相同。在直流电路中,电压源的极性往往已知,电动势的参考方向通常就是实际方向。

1.2.4 电功率

在单位时间内电路吸收或发出的电能定义为该电路的电功率,即

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \times \frac{dq}{dt} = ui \quad (1.2.3)$$

电功率的国际单位是瓦[特](W)。常用的单位还有千瓦(kW)、毫瓦(mW)等。换算关系为 $1W = 10^{-3}kW = 10^3mW$ 。电能的单位为焦[耳](J)。工程上也常用度(千瓦·时)作为电能的单位。各单位间的换算关系为:1度 = $1000W \times 3600s = 3.6 \times 10^6 J$ 。

正电荷从元件上电压的“+”极经元件运动到电压的“-”极时,与此电压相应的电场力要对电荷做功,这时,元件吸收功率;反之,当正电荷从元件上电压的“-”极经元件运动到电压的“+”极时,与此电压相应的电场力要对电荷做负功,这时,元件发出功率。

因此,当电压、电流采用关联参考方向时, $p = ui$ 表示元件吸收的功率;当电压、电流采用非关联参考方向时,元件吸收的功率按 $p = -ui$ 计算。以上两种情况,若 $p > 0$ 表示该元件实际吸收功率,为负载;若 $p < 0$ 表示该元件实际发出功率,为电源。

也可以根据某元件电压和电流的实际方向是否一致来判断该元件是电源还是负载:当电压和电流的实际方向一致时,该元件是负载,相反时是电源。

以上结论对某段电路(网络)的功率计算同样适用。在一个电路中,各元件发出的功率总和等于吸收的功率总和,这就是电路的“功率平衡”。功率平衡是能量守恒定律在电路中的体现。

【例 1.2.1】 求图 1.2.4(a)(b)(c)(d)所示元件的功率,并说明其是电源还是负载。

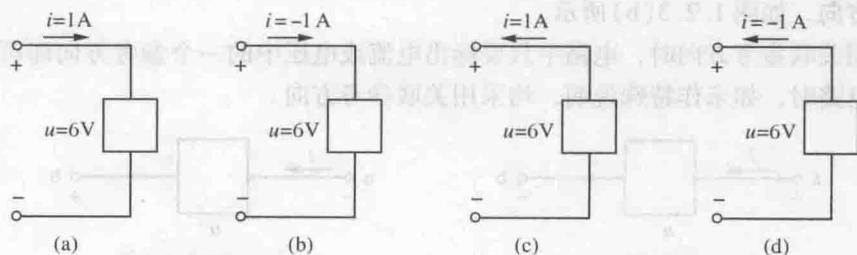


图 1.2.4 例 1.2.1 的电路

【解】 图(a)中, u 与 i 为关联参考方向, 元件吸收功率 $p = ui = 6 \times 1 = 6W > 0$, 该元件是负载。

图(b)中, u 与 i 为关联参考方向, 元件吸收功率 $p = ui = 6 \times (-1) = -6W < 0$, 该元件是电源。

图(c)中, u 与 i 为非关联参考方向, 元件吸收功率 $p = -ui = -6 \times 1 = -6W < 0$, 该

元件是电源。

图(d)中, u 与 i 为非关联参考方向, 元件吸收功率 $p = -ui = -6 \times (-1) = 6\text{W} > 0$, 该元件是负载。

也可根据该元件电压和电流的实际方向来判断元件是电源还是负载, 请读者自行分析。

【例 1.2.2】 试求图 1.2.5 所示电路中每个元件的功率。

【解】 图中 2Ω 电阻的电压:

$$U_R = U_{s1} - U_{s2} = 2 - 1 = 1\text{V}$$

所以有
$$I_1 = \frac{U_R}{R_1} = \frac{1}{2} = 0.5\text{A}$$

$$I_2 = \frac{U_{s2}}{R_2} = \frac{1}{1} = 1\text{A}$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 0.5 - 1 = -0.5\text{A}$$

故 2V 电压源发出功率 $P = U_{s1} \times I_1 = 2 \times 0.5 = 1\text{W}$

1V 电压源发出功率 $P = U_{s2} \times (-I_3) = 1 \times 0.5 = 0.5\text{W}$

R_1 电阻消耗功率 $P = R_1 \times I_1^2 = 2 \times 0.5^2 = 0.5\text{W}$

R_2 电阻消耗功率 $P = R_2 \times I_2^2 = 1 \times 1^2 = 1\text{W}$

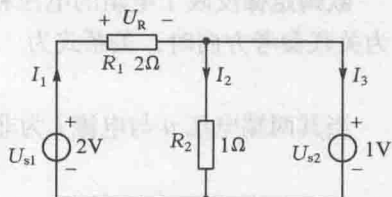


图 1.2.5 例 1.2.2 的电路

1.3 电路元件

电路元件(简称元件)是组成电路的基本单元, 本节主要讨论电阻、电感、电容和电源等二端元件的概念及其电压、电流间的关系。电阻、电感、电容在电路中不能提供能量或信号, 被称为无源元件。电源则是在电路中提供能量或信号的元件, 被称为有源元件。

1.3.1 无源元件

1. 电阻

导体对电流的运动具有一定的阻碍作用, 称为电阻。电阻用字母 R 表示。对电流运动呈现阻碍的元件称为电阻器, 如电灯泡、电炉、扬声器等器件。电阻器是消耗电能的, 反映其主要特性的电路模型是理想电阻元件(简称电阻)。图 1.3.1(a)所示为电阻的图形符号。

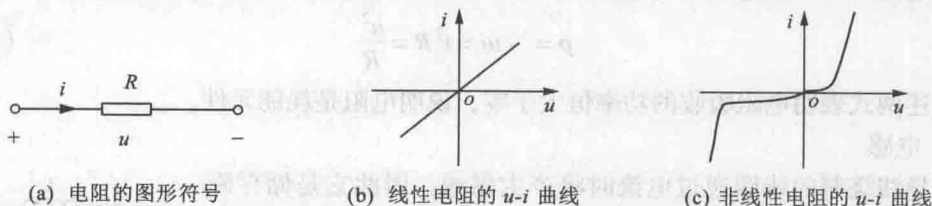


图 1.3.1 电阻元件

电阻的国际单位是欧[姆](Ω)。常用的电阻单位还有千欧($\text{k}\Omega$)、兆欧($\text{M}\Omega$)等。换

算关系为 $1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$ 。

电阻上的电压 u 和流过它的电流 i 两者之间的关系可以由 $u-i$ 平面上的特性曲线, 即伏安曲线来表示, 如图 1.3.1(b)(c) 所示。如果该曲线是过原点的直线, 即 $u/i = R = \text{常数}$, 则称该电阻为线性电阻, 如图 1.3.1(b) 所示; 否则称为非线性电阻, 如图 1.3.1(c) 所示。本书中电阻除特殊说明外, 均指线性电阻。

欧姆定律反映了电阻的电压和电流间的关系。对于线性电阻, 当其两端电压 u 与电流 i 为关联参考方向时, 关系式为

$$u = iR \quad \text{或} \quad i = uG \quad (1.3.1)$$

当其两端电压 u 与电流 i 为非关联参考方向时, 关系式为

$$u = -iR \quad \text{或} \quad i = -uG \quad (1.3.2)$$

上述两式中, G 表示电导, $G = 1/R$, 是电阻的另外一个参数, 单位为西门子(S)。

【例 1.3.1】试求图 1.3.2(a) 所示电路中的电流。图中电压 $U = 1.5 \text{ V}$, 电阻 $R = 1 \Omega$ 。

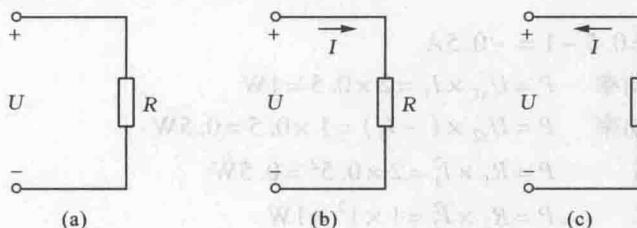


图 1.3.2 例 1.3.1 的电路

【解】图 1.3.2(a) 所示电路中没有标出电流的参考方向, 可以设定其方向如图 1.3.2(b) 所示, 电压和电流参考方向一致, 那么

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1.5}{1} \text{ A} = 1.5 \text{ A}$$

若按图 1.3.2(c) 设定其参考方向, 由于电压和电流参考方向不一致, 那么

$$I = -\frac{U}{R} = -\frac{1.5}{1} \text{ A} = -1.5 \text{ A}$$

计算结果 $I < 0$, 说明图 1.3.2(c) 设定的电流参考方向与实际方向相反。

关于功率, 当电阻元件两端电压 u 与电流 i 为关联参考方向时, 它吸收的功率为

$$p = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R} \quad (1.3.3)$$

当电阻元件两端电压 u 与电流 i 为非关联参考方向时, 它吸收的功率为

$$p = -ui = i^2 R = \frac{u^2}{R} \quad (1.3.4)$$

上述两式表明电阻吸收的功率恒大于零, 说明电阻是耗能元件。

2. 电感

用导线绕制的线圈通过电流时将产生磁通, 因此它是储存磁场能量的元件。它的近似化电路模型为理想电感元件, 简称电感, 参数用 L 表示, 其电路符号如图 1.3.3 所示。电感是表示线圈通电时储存磁场能量能力的物理量, L 愈大, 线圈通电时储存磁场能

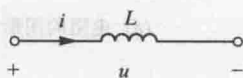


图 1.3.3 电感元件

量的能力愈强。在国际单位制中,电感的单位为亨[利](H),常用的单位还有毫亨(mH)、微亨(μH)等。它们之间的换算关系为: $1\text{H} = 10^3\text{mH} = 10^6\mu\text{H}$ 。

当在电感中通入交流电流 i 时,在电感两端会产生感应电压 u 。如图 1.3.3 所示,在关联参考方向下,电感电压和电流的关系为

$$u = L \frac{di}{dt} \quad (1.3.5)$$

由上式可见,电感的端电压与电流的变化率成正比。当流过电感的电流为恒定的直流电流时,其端电压 $U=0$,故在直流电路中电感可视为短路。因此电感具有通低频、阻高频的作用。

当 $i_0=0$ 时,电感在 t 时刻储存的磁场能量为

$$W_L = \int_{t_0}^t u i dt = \int_{t_0}^t L i \frac{di}{dt} dt = \int_{i_0}^i L i di = \frac{1}{2} L i^2 \quad (1.3.6)$$

上式表明,当流过电感的电流增大时,磁场能量增大,电感从电源吸收电能转换为磁场能;当电流减小时,磁场能量减小,电感释放出能量,磁场能转换为电能还给电源。电感元件本身并不消耗能量,是储能元件。

3. 电容

两个彼此靠近又相互绝缘的金属极板,就构成了一个电容器。

电容器加上电压后,两极板上能储存电荷,在介质中建立电场。

所以电容器是储存电场能量的元件。其近似化电路模型为理想电容元件,简称电容,参数用 C 表示,其电路符号如图 1.3.4 所示。

电容 C 是表示电容器储存电场能量能力的物理量, C 愈大,电容器储存电场能量的能力愈强。在国际单位制中,电容的单位为法[拉](F),常用的单位还有微法(μF)、皮法(pF)等。它们之间的换算关系为: $1\text{F} = 10^6\mu\text{F} = 10^{12}\text{pF}$ 。

当在电容两端加上电压 u 之后,电容上会充有电荷,电荷量为 q ,则有

$$q = C u \quad (1.3.7)$$

如图 1.3.4 所示,在关联参考方向下,电容两端电压和电流的关系为

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1.3.8)$$

由上式可见,电容的电流与电压的变化率成正比。当电容两端电压为恒定的直流电压时,其电流 $I=0$,故在直流电路中电容可视为断路。因此,电容具有隔直流、通交流的作用。

当 $u_0=0$ 时,电容在 t 时刻储存的电场能量为

$$W_C = \int_{t_0}^t u i dt = \int_{t_0}^t C u \frac{du}{dt} dt = \int_{u_0}^u C u du = \frac{1}{2} C u^2 \quad (1.3.9)$$

上式表明,当电容的端电压增大时,电场能量增大,电容从电源吸收电能转换为电场能;当端电压减小时,电场能量减小,电容释放出能量,电场能转换为电能还给电源。电容元件本身并不消耗能量,是储能元件。

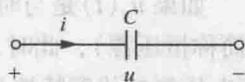


图 1.3.4 电容元件