

■ 主审 吴先良

电 工 学

上册

电工技术基础

主 编 华君玮
副主编 李基殿

中国科学技术大学出版社

ELECTRICAL ENGINEERING

电 工 学

上 册

电工技术基础

主 审 吴先良

主 编 华君玮

副主编 李基殿

中国科学技术大学出版社

2008·合肥

内 容 简 介

本书全面依据教育部《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》编写,是现代化教学工程的研究成果.

全书分上、中、下三册出版,上册是电工技术基础,中册是模拟电路基础,下册是数字电路基础.

本书适于作为电气信息类、军事工程类专业的教科书,也可供其他理工科专业选用和相关人员参考.

图书在版编目(CIP)数据

电工学. 上册. 电工技术基础/华君玮主编.

—合肥:中国科学技术大学出版社,2008.8

ISBN 978-7-312-02322-4

I. 电… II. 电… III. 电工技术 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 104666 号

出版发行 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

印 刷 安徽辉隆农资集团瑞隆印务有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787×1092 1/16

印 张 17.5

字 数 448 千

版 次 2008 年 8 月第 1 版

印 次 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价 36.00 元

序

人类社会的发展经历了农业社会、工业社会,目前正处在信息社会。同样,战争也从冷兵器时代,热兵器时代,走进了电子战、信息战和数字化战场的时代。可见,电工电子技术的产生是人类发展的里程碑,它是信息社会的基石。电工电子技术在推动社会文明和国防建设中起着发动机式的作用。科学技术突飞猛进,国际竞争日趋激烈,电工电子技术教育的发展也因此面临着前所未有的机遇与挑战。

为适应电子科学技术的高度发展和 21 世纪高等教育培养高素质人才的需要,编著者总结了多年来课程改革的经验,精心安排和科学组织了教材内容。考虑到素质教育的特点,就要求既保持多年形成的成熟体系,又面向新世纪的发展;既符合本课程的基本要求,又适当地引进新器件、新技术和新方法等前沿知识;既要使学生掌握基础知识,又要培养他们的定性定量分析能力、综合应用能力和创新意识;既要有利于教师对教材的灵活取舍,又要有利于学生对教材内容的主动学习和思考。我们制订了“保证基础、体现先进、联系实际、引导创新、明确层次、方便教学”的指导原则,确保教材具有系统性、科学性、启发性、先进性、实用性和适用性。

因此,编著者在教材建设中坚持:

1. 打牢基础,确保后劲。

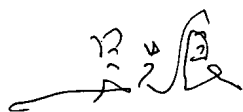
电子科学技术的发展,要求我们必须具备终生学习的能力,为此在内容上,我们安排宽泛全面的基础知识充分体现本学科教学的要求。

2. 突出特色,强化应用。

以培养既懂技术又能统筹全盘的工程应用和复合型人才为目标,强化应用教学。力争做到知识新、结构新、方法新,强化应用层面、注重能力培养。

本书中有些富有创意的内容来源于编著者勇于探索的精神,希望本书的出版

可以给电工电子学的教学改革增添生气,对提高科技人才水平起到积极的作用.书中难免不妥和错误,敬请广大电子学同行、教师和读者不吝赐教,相信编著者一定会欢迎并且衷心感谢的!



合肥师范学院院长
安徽大学教授、博士生导师
安徽省科学家与企业家学会副会长
2008年7月11日

前 言

近 30 年来,作者为各届各专业开设“三电”(电路分析基础、数字电子技术、模拟电子技术,后同)课程,同时编写了这方面的学习参考资料.现整理、扩充编成本套系列教材.

学习本课程,读者须有一定的高等数学基础和工科物理学基础.通过本课程的学习,希望激发同学们对电工、电子科学的学习兴趣和热情,使他们有信心也有能力适应这一领域的突飞猛进、日新月异的发展.

本册为电路分析基础,共包括 11 章;1 至 3 章为直流电路,全面阐述电路基本定律和电路分析方法.4、5、7 章研究交流电路.第 6 章讨论动态电路.余下部分介绍常用电器元件、设备和安全用电常识.它适用于电子、机电类专业,非机电类专业和军事工程及军事指挥专业的电路课程教学.

本册篇幅稍大,涉及的问题比较广泛,各专业均用全部内容是不适当的,可以根据专业的不同按以下方式选择所需章节,组成深度、广度和学时有别的课程:

1. 电子类专业: 1—2—3—4—5—6—7—8—9—11 章;
2. 机电类专业: 1—2—3—4—5—6—7—8—9—10—11 章;
3. 非电类专业: 1—2—3—4—5—6—7—8—9 章.

因为我们的能力和水平有限,所提编写原则和书中具体内容难免疏漏、欠妥和错误之处,恳请读者多加指正(电邮 lequn02@163.com),以便今后不断改进.

编 者

2008 年于合肥

目 录

序	i
前言	iii
第 1 章 电路的基本概念与基本定律	1
1.1 电路的概念及电路模型	1
1.2 电压和电流的参考方向	2
1.3 电功率和能量	4
1.4 电阻元件	5
1.5 电压源和电流源	8
1.6 受控电源	10
1.7 克希荷夫定律	11
1.8 电路中电位的概念及计算	15
习题	17
第 2 章 电阻电路的一般分析方法	21
2.1 电路的图	21
2.2 支路电流法	25
2.3 网孔电流法	27
2.4 回路电流法	30
2.5 结点电压法	33
* 2.6 割集电压法	37
习题	40
第 3 章 叠加定理及单口网络	44
3.1 线性电路和叠加定理	44
3.2 单口网络及等效电路	48
3.3 一些简单的等效规律和公式	52
3.4 Y 形网络和 Δ 形网络的等效变换	56
3.5 戴维南定理	58
3.6 诺顿定理	63
3.7 最大功率传递定理	64
习题	66

第 4 章 正弦稳态电路	70
4.1 电容与电感	70
4.2 正弦信号及正弦稳态响应	75
4.3 两类约束关系的相量形式	79
4.4 阻抗与导纳	85
4.5 相量分析	88
4.6 正弦稳态的功率	91
4.7 <i>RLC</i> 串联电路频率响应	99
习题	103
第 5 章 三相电路	106
5.1 三相电路	106
5.2 三相电路的计算	109
5.3 三相电路的功率	114
习题	116
第 6 章 电路的过渡过程	118
6.1 换路定则	118
6.2 <i>RC</i> 电路的过渡过程	121
6.3 一阶线性电路过渡过程的三要素法	131
6.4 微分电路与积分电路	134
6.5 <i>RL</i> 电路的响应	137
习题	143
第 7 章 耦合电感与变压器	147
7.1 耦合电感	147
7.2 去耦等效电路	150
7.3 空芯变压器电路分析	153
7.4 理想变压器	156
7.5 实际变压器	158
习题	168
第 8 章 三相异步电动机	171
8.1 三相异步电动机的结构	171
8.2 三相异步电动机的工作原理	172
8.3 三相异步电动机的转矩和机械特性	176
8.4 三相异步电动机的起动与制动	179
8.5 三相异步电动机的调速	184
8.6 三相异步电动机的选择	186

8.7 单相异步电动机	188
8.8 同步电动机	190
习题	191
第 9 章 直流电动机与控制电机	193
9.1 直流电动机的构造	193
9.2 直流电动机的基本工作原理	194
9.3 并励电动机的机械特性	196
9.4 直流电动机的使用	198
9.5 伺服电动机	202
9.6 测速发电机	207
9.7 自整角机	209
习题	212
第 10 章 常用低压电器元件	213
10.1 电器的功能和分类	213
10.2 动力线路中常用电器元件	214
10.3 控制电路中的常用继电器	218
10.4 主令电器	225
习题	226
第 11 章 可编程序控制器	228
11.1 概述	228
11.2 PC 的结构和工作原理	232
11.3 C 系列可编程序控制器的器件	236
习题	240
附录 1 复数	241
习题	243
附录 2 复数四则运算	244
习题	246
附录 3 相量	247
习题	249
部分习题参考答案	250

第 1 章 电路的基本概念与基本定律

内容提要 电是我们生活中传输信息和能量的主要载体. 电的产生、传输及使用, 需要将若干电气元件按特定的要求连接起来, 构成“电路”. 电路是所有涉电课程的基础, 它是学习后面的课程如信号与系统、数字信号处理等的基础.

本章主要研究电压和电流的参考方向; 吸收和发出功率的概念及计算方法; 介绍了常用的电路元件电阻、电压源、电流源及受控源等; 本章还讨论了电位和电压克希荷夫定律的概念及计算等. 本章内容是电路分析与计算的基础.

1.1 电路的概念及电路模型

电路的结构和功能是多种多样的, 如电力系统, 其电路示意图如图 1.1.1 所示. 它的作用是实现电能的传输和转换, 由电源、负载和中间环节 3 个部分组成.

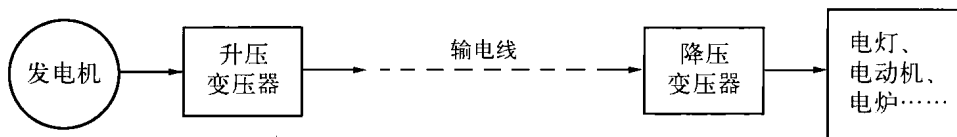


图 1.1.1 电力系统示意图

发电机是产生电能的设备. 可把热能、水能或核能转换为电能. 除发电机外, 电池也是产生电能的设备, 它把化学能转换为电能. 这些可以产生电能的设备我们统称之为**电源**.

电视、电动机、空调等都是取用电能的设备, 它们分别把电能转换为光能、机械能、热能等. 这些取用电能的设备我们统称之为**负载**.

变压器和输电线是中间环节, 是连接电源和负载的部分, 它起传输和分配电能的作用.

电路的另一种作用是传递和处理信号, 常见的应用如扩音机, 其电路示意图如图 1.1.2 所示. 先由话筒把语言或音乐(通常称为信息)转换为相应的电压和电流, 就是电信号. 而后通过电路传递到扬声器, 把电信号还原为语言或音乐. 由于由话筒输出的电信号比较微弱, 不足以推动扬声器发音, 因此中间还要用放大器来放大. 信号的这种转换和放大, 称之为信号的处理.

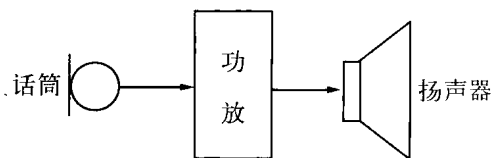


图 1.1.2 扩音机电路示意图

话筒是把声音信转换为电信号的设备, 称之为信号源, 相当于电源, 但与上述的发电机、电池这种电源不同, 信号源输出的电信号(电压和电流)主要体现信息的变化规律. 扬声器是接受

和转换信号的设备,也就是负载.

信号处理和传递的例子很多,如收音机和电视机,它们的接收天线(信号源)把载有语言、音乐、图像信息的电磁波接收后转换为相应的电信号,而后通过电路把信号传递处理(调谐、变频、检波、放大等),送到扬声器和显像管(负载),还原为声音和图像.

不论是电能的传输和转换,还是信号的传递处理,其中电源或信号源的电压或电流都称为激励,它们推动电路工作;由激励在电路各部分产生的电压和电流称为响应.所谓的电路分析,就是在已知电路的结构和元件参数的条件下,讨论电路的激励与响应之间的关系.

把一些电路元件或器件按不同的需要和作用组成到一起就是我们实际的电路.诸如发电机、变压器、电动机、电池、晶体管以及各种电阻器和电容器等,它们的电磁性质较为复杂.最简单的例如一个白炽灯,它除具有消耗电能的性质(电阻性)外,当通有电流时还会产生磁场,就是说它还具有电感性,但电感微小,可忽略不计,于是可认为白炽灯是一电阻元件.

我们对实际电路进行分析,需将实际元件理想化(或称模型化),即在一定条件下突出其主要的因素,忽略其次要因素,把它近似地看作理想电路元件.由理想电路元件所组成的电路,就是实际电路的电路模型,它是对实际电路电磁性质的科学抽象和概括.在理想电路元件(今后理想两字常略去)中主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源等.这些元件分别由相应的参数来表征.比如说生活中常见的手电筒,其实际电路元件有干电池、灯泡、开关和筒体,实际电路示意图、电气图及模型如图 1.1.3 所示.

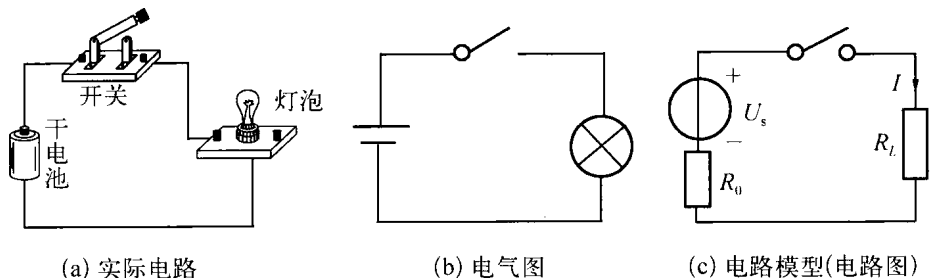


图 1.1.3 手电筒电路

灯泡是电阻,其参数为电阻 R_L ;干电池是电源元件,其参数为端电压 U_s 和内电阻(简称内阻) R_0 ;筒体是联接干电池与灯泡的中间环节(还包括开关),其电阻忽略不计,认为是一无电阻的理想导体.

今后所分析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符号描述.

1.2 电压和电流的参考方向

图 1.1.3 是最基本的直流电路,其中 U_s 和 R_0 分别为电源的端电压和内阻, R_L 为负载电阻.当开关闭合后,电路中有电流 I 和各个元件上的电压等电路的基本物理量,在分析较为复杂电路时很难一次确定全部的电流和电压实际方向,我们需要假定出一个方向(参考方向),来列方程求解.

我们规定正电荷运动的方向为电流的方向(实际方向).电流的流向客观存在.但在分析较

为复杂的直流电路时,往往难于事先判断某支路中电流的实际方向;对交流来讲,其方向随时间而变,在电路图上也无法用一个箭标来表示它的实际方向.为此,在分析与计算电路时,常可任意选定某一方向作为电流方向,我们称为参考方向.所选的电流参考方向并不一定与电流的实际方向相同.当所求的电流值为正时说明它的实际方向与其参考方向一致,反之,说明电流的实际方向与其参考方向相反.因此,参考方向的指定,决定电流值的正负.如图 1.2.1 所示,虚箭头表示电流参考方向,实箭头表示电流实际方向.所选的电流参考方向并不一定与电流的实际方向一致.如图 1.2.1(a),当电流为正值,则电流的实际方向与其参考方向一致;反之,当电流为负值时,则电流的实际方向与其参考方向相反,如图 1.2.1(b).除了用箭头表示电流方向外,还可以用下标来表示,如 I_{AB} (大写的 I 表示电流为直流量) 或 i_{AB} (小写的 i 表示电流为交流量).

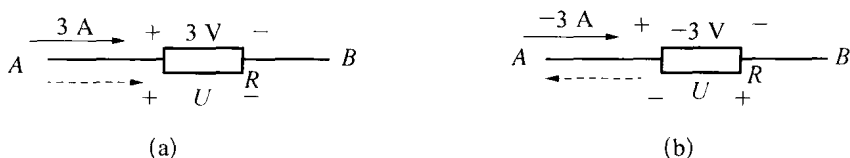


图 1.2.1 电流和电压参考方向

电压也具有方向.电压的方向规定为由高电位(“+”极性)端指向低电位(“-”极性)端(实际方向),即为电位降低的方向.当无法确定电压方向时,也可任意选定某一方向作为电压方向,我们称为电压参考方向.同电流一样,只有在参考方向选定之后,电压才有正负之分.如图 1.2.1 所示,下方的“+”、“-”极性表示电压参考方向,上方的“+”、“-”极性表示电压实际方向.当电压的实际方向与其参考方向一致时,则电压为正值,如图 1.2.1(a).反之,当电压的实际方向与其参考方向相反时,则电压为负值,如图 1.2.1(b).电压的方向除用极性“+”、“-”表示外,也可以用箭头来表示,箭头的方向为由“+”极指向“-”极.电压方向还可以用双下标表示,如 U_{AB} (大写的 U 表示电压为直流量) 或 u_{AB} (小写的 u 表示电压为交流量).

每个元件的电流或电压的参考方向可以独立地任意指定.如果指定元件的电流的参考方向与该元件上的参考电压方向一致,即电流的箭头方向与电压正极性的一端指向负极性的一端方向相同,则把电流和电压的这种参考方向称为一致的参考方向或关联参考方向,如图 1.2.2(a).当两者不一致时,称为非一致的参考方向或非关联参考方向.在图 1.2.2(b)中, N 表示电路的一个部分,它有两个端子与外电路连接,对于电路 N ,电流 i 的参考方向自电压 u 的正极性端流入电路,从负极性端流出,两者的参考方向一致,所以是关联参考方向;图 1.2.2(c)所示电流和电压的参考方向是非关联的.

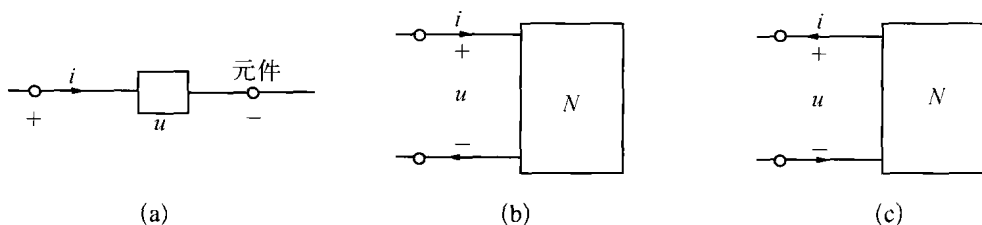


图 1.2.2 关联和非关联参考方向

在国际单位制(SI)中,电流的单位为 A(安培,简称安),电荷的单位为 C(库仑,简称库).电压的单位为 V(伏特,简称伏).表 1.1 列出了 SI 中规定的用来构成十进倍数和分数单位的词头.

表 1.1 SI 倍数与分数词头

倍率	词头名称词		词头符号	分率	词头名称词		词头符号
10^{24}	尧[它]	yotta	Y	10^{-1}	分	deci	d
10^{21}	泽[它]	zetta	Z	10^{-2}	厘	centi	c
10^{18}	艾[可萨]	exa	E	10^{-3}	毫	milli	m
10^{16}	拍[它]	peta	P	10^{-6}	微	micro	μ
10^{12}	太[拉]	teta	T	10^{-9}	纳[诺]	nano	n
10^9	吉[咖]	giga	G	10^{-12}	皮[可]	pico	p
10^6	兆	mega	M	10^{-16}	飞[母托]	femto	f
10^3	千	kilo	k	10^{-18}	阿[托]	atto	a
10^2	百	hecto	h	10^{-21}	仄[普托]	zepto	z
10	十	deca	d	10^{-24}	幺[科托]	yocto	y

1.3 电功率和能量

因为电路在工作状况下总伴随有电能与其他形式能量的相互交换,所以能量和功率的分析十分重要;另一方面,电气设备、电路部件本身都有功率的限制,在使用时要注意其电流值或电压值是否超过额定值.过载会使设备不能正常工作或部件损坏.

电功率与电压和电流的方向密切相关,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作功,这时,元件吸收能量;反之,正电荷从电压的“-”极经元件运动到电压“+”极时,电场力作负功,元件向外释放能量.

从 t_0 到 t 的时间内,元件吸收的电能可根据电压的定义(A 、 B 两点的电压在量值上等于电场力将单位正电荷由 A 点移动到 B 点时所作的功)得

$$W = \int_{q(t_0)}^{q(t)} u dq$$

由于 $i = \frac{dq}{dt}$, 所以

$$W = \int_0^t u(t) i(t) dt \quad (1.3.1)$$

式中 u 和 i 都是时间的函数,并且是代数量,因此,电能 W 也是时间的函数,且是代数量.功率是能量对时间的导数,能量是功率对时间的积分,由式(1.3.1)可知,元件吸收的电功率可写为

$$p(t) = u(t)i(t) \quad (1.3.2)$$

式中 p 是元件吸收的功率. 若元件的参考方向为关联参考方向, 则当 $p > 0$ 时, 元件实际吸收功率, $p < 0$ 时, 元件实际释放功率; 若元件的参考方向为非关联参考方向, 则当 $p > 0$ 时, 元件实际释放功率, $p < 0$ 时, 元件实际吸收功率. 一个元件若吸收功率 100 W, 也可以认为它发出功率 -100 W, 同理, 一个元件若发出功率 100 W, 也可以认为它吸收功率 -100 W, 这两种说法是一致的. 当电流的单位为 A, 电压的单位为 V 时, 能量的单位为 J(焦耳, 简称焦), 时间的单位为 s(秒)时, 功率的单位为 W(瓦特, 简称瓦).

在图 1.3.1 中, 已知某元件两端的实际电压 u 为 6 V, A 点电位高于 B 点电位; 电流 i 的实际方向为自 A 点到 B 点, 其值为 3 A. 根据图 1.3.1(a) 中指定的参考方向, u 和 i 为关联参考方向, $u = 6$ V, $i = 3$ A. 根据式 (1.3.2), $u \cdot i = 18$ W, 为正值, 此元件吸收的功率为 18 W. 如果指定的 u 和 i 的参考方向为非关联参考方向, 如图 1.3.1(b) 时, 则此时 $u = -6$ V, $i = 3$ A. 元件发出的功率 $u \cdot i = -18$ W, 为负值. 所以此元件实际上是吸收 18 W, 与按图 1.3.1(a) 求得的结果一致. 这样, 关联时用 $p = u \cdot i$, 非关联时用 $p = -u \cdot i$, 结果为正就是吸收功率, 反之就是发出功率.

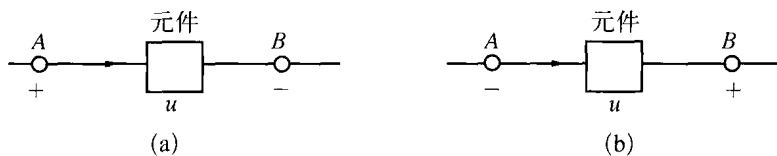


图 1.3.1 元件的功率

1.4 电阻元件

实际电阻器抽象出来的理想模型称之为**电阻元件**(resistor). 我们已学过由欧姆定律 (Ohm's law)

$$u(t) = Ri(t) \quad (1.4.1)$$

来定义的电阻元件, 式中 u 为电阻元件两端的电压, 单位为伏(V); i 为流过电阻元件的电流, 单位为安(A); R 为电阻, 单位为欧(Ω). R 为常数, 故 u 与 i 成正比. 所以, 由欧姆定律定义的电阻元件, 称为线性(linear)电阻元件.

欧姆定律体现了电阻器对电流呈现阻力, 电流要流过, 就必然要消耗能量, 因此, 沿电流流动方向就必然会出现电压降, 欧姆定律表明这一电压降的大小, 其值为电流与电阻的乘积, 由于电流与电压降的真实方向总是相同的, 所以, 只有在关联参考方向的前提下才可运用式 (1.4.1). 如为非关联参考方向, 则应改用

$$u(t) = -Ri(t) \quad (1.4.2)$$

线性电阻元件的符号如图 1.4.1 所示. 如果把电阻元件的电压取为纵坐标(或横坐标), 电流取为横坐标(或纵坐标), 可绘出 $i-u$ 平面(或 $u-i$ 平面)上的曲线, 称为电阻元件的伏安特性

曲线. 显然, 线性电阻元件的伏安特性曲线是一条经过坐标原点的直线, 如图 1.4.2 所示, 电阻值可由直线的斜率来确定. 电阻元件凡伏安特性不能用线性方程描述就称为非线性的.

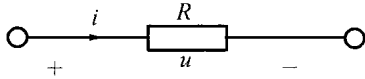


图 1.4.1 线性电阻的符号

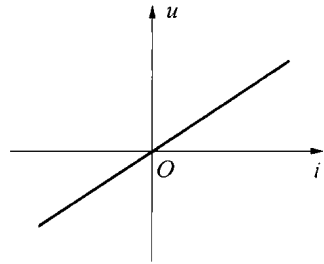


图 1.4.2 线性电阻的伏安特性曲线

电压与电流是电路的参数, 从欧姆定律式(1.4.1)可知, 线性电阻元件可以用它的电阻 R 来表征它的特性, 因此, R 是一种“电路参数”. 电阻元件也可用另一个参数——电导 (conductance) 来表征, 电导符号为 G , 其定义为

$$G = \frac{1}{R} \quad (1.4.3)$$

在国际单位制中电导的单位是西门子, 简称西(国际代号为 S). 用电导表征线性电阻元件时, 欧姆定律为

$$u(t) = \frac{1}{G}i(t) \quad (1.4.4)$$

或

$$i(t) = Gu(t) \quad (1.4.5)$$

我们常把一个电阻元件就叫作电阻.

从式(1.4.1)或从图 1.4.2 所示的伏安特性曲线我们可以看到: 在任一时刻, 线性电阻的电压(或电流)是由同一时刻的电流(或电压)所决定的. 即线性电阻的电压(或电流)不能“记忆”电流(或电压)在“历史”上起过的作用. 显然, 这种无记忆(memoryless)的性质不只为线性电阻所具有. 任何一个二端元件只要它的 $u(t)$ 与 $i(t)$ 之间存在着代数关系, 不论这关系是线性的还是非线性的, 都具有这种性质, 在这样的认识基础上, 我们定义电阻元件如下:

任何一个二端元件, 如果在任一时刻的电压 $u(t)$ 和电流 $i(t)$ 之间存在代数关系, 亦即这一关系可以由 $u-i$ 平面(或 $i-u$ 平面)上一条曲线所决定, 不论电压或电流的波形如何, 则此二端元件就称为电阻元件. 凡电阻元件均是无记忆的.

电阻可以是线性的(linear)或非线性的(nonlinear), 非时变的(time-invariant)或时变的(time-varying). 线性及非线性的含意已在上文交待过. 特性曲线不随时间而变化的, 称为非时变的(或称为定常的), 否则称为时变的. 图 1.4.2 表示线性非时变电阻的特性曲线, 图 1.4.3(a)、(b)、(c)则分别表示线性时变电阻、非线性非时变电阻和非线性时变电阻的特性曲线. 特性曲线一般在一致的参考方向下测得或绘制.

在电子电路中常用的线绕电阻、金属膜电阻、碳膜电阻等在温度恒定并且电压、电流限制

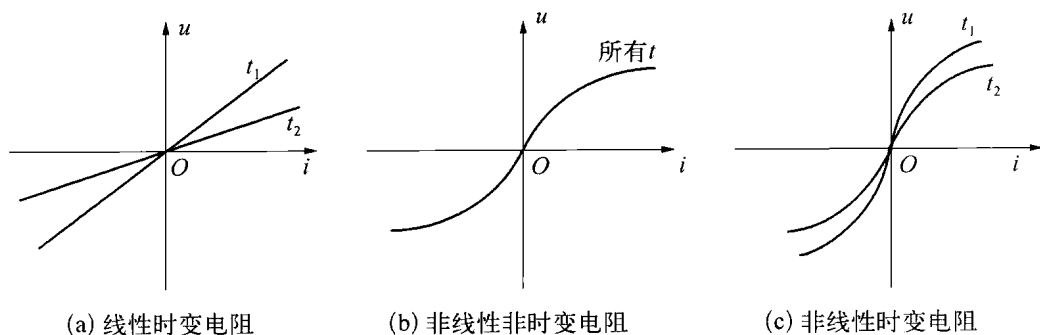


图 1.4.3 各种电阻的特性曲线

在一定范围内的条件下可以用线性电阻作为它们的模型. 传统上, 常把“电阻元件”一词理解为实际电阻器. 由于在电路理论中, “电阻元件”一词有着如上所述的一般定义, 这样, 我们便可在一定条件下, 把一些电子、电气器件用电阻元件来表征. 任何一个二端器件或装置, 如二极管只要从端钮上看, 能满足电阻元件的定义都可看成是电阻元件, 不论其内部结构和物理过程如何.

线性电阻有两种值得注意的特例——开路和短路. 一个二端电阻元件不论其电压 u 是多大其电流恒等于零, 则此电阻元件称为开路. 在 $u-i$ 平面或在 $i-u$ 平面上, 开路的特性曲线即 u 轴(图 1.4.4). 即 $G=0$; $R=\infty$. 类似地, 一个二端电阻元件不论其电流 i 是多大其电压恒等于零, 则此电阻元件称为短路. 在 $u-i$ 平面或在 $i-u$ 平面上, 短路的特性曲线即 i 轴(图 1.4.5). 即 $G=\infty$; $R=0$.

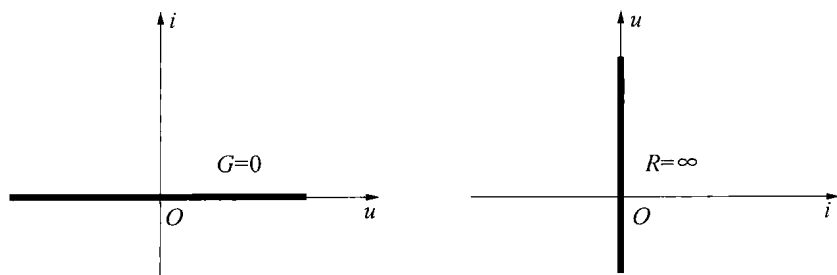


图 1.4.4 开路的特性

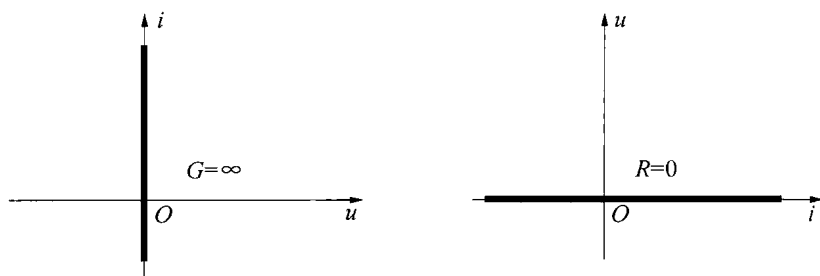


图 1.4.5 短路的特性

半导体二极管, 是一个非线性电阻电气符号和伏安特性曲线如图 1.4.6 所示. 非线性电阻的电阻值随着电压或电流的大小甚至方向而改变, 不是常数. 它的特性要由整条伏安特性曲线来表征, 不能笼统地说它是多少欧姆的电阻. 我们比较线性和非线性电阻的特性曲线, 会发

现它们不仅有着线性和非线性的不同,并且对坐标原点来说还有着对称和不对称的差别.对原点对称,说明元件对不同方向的电流或不同极性的电压其表现是一样的,这种性质为所有的线性电阻所具备,称为双向性.因此,在使用线性电阻时,它的两个端钮是没有任何区别的.对原点不对称,说明元件对不同方向的电流或不同极性的电压其表现是不同的,这种非双向性为大多数非线性电阻所具备.因此,在使用像二极管这样的器件时,必须认清它的两个端钮——正极和负极.正向偏置时电流由正极向负极流,电阻较小,理想二极管电阻为0;反向偏置时电流由负极向正极流,电阻很大,理想二极管电阻为 ∞ .

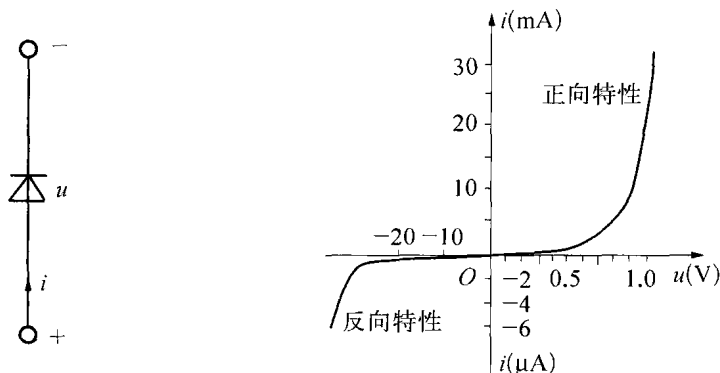


图 1.4.6 二极管的符号及特性曲线

下面讨论电阻元件的功率问题.在电压和电流的关联参考方向下,电阻元件消耗的功率为

$$P = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} = Gu^2 = \frac{i^2}{G} \quad (1.4.6)$$

i 是流过电阻 R 的电流, u 是电阻 R 两端的电压,若 $R \geq 0$,则 $p \geq 0$.因此,若 $R \geq 0$,电阻元件是一种耗能元件.通常我们遇到的电阻,大都属于此种情况.

根据电阻元件的一般定义,在 $u-i$ 平面(或 $i-u$ 平面)上用一条斜率为负的特性曲线来表征的元件也属电阻元件.这种元件称为负电阻.由于 $R < 0$,功率为负值,说明该元件是产生功率的,对外电路提供能量.利用电子电路可实现负电阻,某些电子器件也表现出负电阻特性.本书电阻一词系指具有正实常数 R 的线性正电阻.

1.5 电压源和电流源

在电阻电路中有电流流动时,就会不断地消耗能量,电路中必须要有能量来源——电源不断提供能量.没有电源,在一个纯电阻电路中是不可能存在电流和电压的.

实际电源有电池、发电机、信号源等.电压源和电流源是从实际电源抽象得到的电路模型,它们是二端有源元件.

电压源是一个理想电路元件,它具有两个基本性质:① 它的端电压是定值 U_s 或是一定的时间函数 $u_s(t)$,与流过的电流无关.当电流为零时,其两端仍有电压 U_s 或 $u_s(t)$.② 电压源的电压是由它本身确定的,至于流过它的电流则是任意的.也就是说,流过它的电流不是由