

高职高专电子类、自动化类系列教材

Basic Circuit Analysis

电路分析基础

++主编 ++ 张玉香

合肥工业大学出版社

电路分析基础

主 编 张玉香

副主编 范治田 高霏霏 方 冉

电路分析基础

责任编辑 李向明

主 审 张 青

开 本 32开
印 张 18
字 数 38.5万字
版 次 2009年10月第1版
印 次 2009年10月第1次印刷
印 数 10000册

出 版 社 合肥工业大学出版社
社 址 合肥市屯溪路108号
邮 编 230009
电 话 总编室: 0551-3503038
发行部: 0551-3503198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail press@hfutpress.com.cn

合肥工业大学出版社

定价: 20.80元

ISBN 978-7-81093-082-2

如有印装质量问题, 请与本社发行部联系调换。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础/张玉香主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2009.6

ISBN 978-7-81093-965-2

I. 电… II. 张… III. 电路分析—高等学校—教材 IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 074226 号

音王崇 编 主

贵 方 零 聚 高 田 崇 崇 编 主 编

电路分析基础

主编 张玉香

责任编辑 陆向军

出版 合肥工业大学出版社

地址 合肥市屯溪路 193 号

邮编 230009

电话 总编室:0551-2903038

发行部:0551-2903198

网址 www.hfutpress.com.cn

E-mail press@hfutpress.com.cn

版次 2009 年 6 月第 1 版

印次 2009 年 6 月第 1 次印刷

开本 710 毫米×1000 毫米 1/16

印张 18

字数 352 千字

印刷 合肥工业大学印刷厂

发行 全国新华书店

ISBN 978-7-81093-965-2

定价:29.80 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

前 言

高等职业教育属于技术教育范畴,其目标是培养技术应用型人才。本书根据我国高等职业教育的要求和高等职业教育培养高技能人才的需要,结合高职电子类、自动化类专业教学的需求,在工大出版社精心组织指导下编写的教材。

本书共分7章(参考学时96学时),具体内容为:电路的基本概念和定律,电阻线性网络一般分析方法,正弦稳态电路分析,一阶动态电路分析,耦合电感元件和理想变压器,二端口网络,电路分析实验等。

本书力图做到概念准确,内容精炼,条理清晰,讲解到位,重点突出,理论联系实际。本书通俗易懂,便于自学。为了加强学生动手能力的培养,书中安排了11个实验。

本书由安徽广播影视职业技术学院张玉香担任主编,负责全书的整体设计和统稿,并编写了第5章,第6章;六安职业技术学院范治田担任第一副主编,负责部分章节的统稿,编写了第3章;宣州职业技术学院高霏霏编写了第4章和实验部分;安徽工商职业学院方冉编写第1章、第2章。

本书可作为高职高专院校电气、电子、通信、自动化、计算机、机电等专业的教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥和错误之处,欢迎读者批评指正。

编 者

2009年6月

目 录

第1章 电路的基本概念和定律	(1)
1.1 电路及电路模型	(1)
1.2 电路的基本变量	(3)
1.3 电阻元件	(9)
1.4 电容元件和电感元件	(12)
1.5 电压源和电流源	(16)
1.6 受控源与运算放大器	(19)
1.7 等效电路的概念	(21)
1.8 基尔霍夫定律	(34)
本章小结	(38)
习题	(39)
第2章 电阻线性网络一般分析方法	(42)
2.1 支路电流法	(42)
2.2 网孔电流法	(44)
2.3 节点电压法	(47)
2.4 叠加定理	(52)
2.5 戴维宁定理和诺顿定理	(56)
2.6 含受控源电路的分析	(59)
本章小结	(63)
习题	(64)
第3章 正弦稳态电路分析	(68)
3.1 正弦量的基本概念	(68)

3.2	正弦量的相量表示法	(76)
3.3	基本元件 VCR 的相量形式和 KCL、KVL 的相量形式	(80)
3.4	复阻抗与复导纳	(89)
3.5	正弦稳态电路分析	(101)
3.6	正弦交流电路中的功率	(108)
3.7	谐振电路	(121)
3.8	三相电路	(132)
	本章小结	(144)
	习题	(147)
第 4 章	一阶动态电路分析	(152)
4.1	换路定律及初始值的确定	(152)
4.2	求解一阶电路的三要素法	(155)
4.3	零输入响应	(159)
4.4	零状态响应	(162)
4.5	全响应	(168)
	本章小结	(172)
	习题	(173)
第 5 章	耦合电感元件和理想变压器	(179)
5.1	耦合电感元件	(179)
5.2	耦合电感的去耦等效	(186)
5.3	空芯变压器电路的分析	(191)
5.4	理想变压器	(195)
	本章小结	(200)
	习题	(201)
第 6 章	二端口网络	(204)
6.1	二端口网络的方程与参数	(205)
6.2	二端口网络的连接与等效	(215)
* 6.3	二端口网络的网络函数与特性阻抗	(227)

本章小结	(231)
习题	(234)
第 7 章 电路分析实验	(237)
实验一 电位、电压的测定及电路电位图的绘制	(237)
实验二 电路元件伏安特性的测绘	(239)
实验三 基尔霍夫定律的验证	(243)
实验四 叠加原理的验证	(244)
实验五 戴维宁定理和诺顿定理的验证 ——有源二端网络等效参数的测定	(247)
实验六 电压源与电流源的等效变换	(251)
实验七 受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实验研究	(255)
实验八 典型电信号的观察与测量	(260)
实验九 用三表法测量电路等效参数	(263)
实验十 R 、 L 、 C 元件阻抗特性的测定	(268)
实验十一 R 、 L 、 C 串联谐振电路的研究	(270)
部分习题参考答案	(274)
参考文献	(280)

第1章 电路的基本概念和定律

学习目标及技能点

1. 深刻理解和牢固掌握电压、电流及其参考方向；
2. 掌握电功率和电能量的计算公式；电阻、电压源和电流源等电路元件的特性及其电压电流关系；掌握线性与非线性的概念；
3. 熟练掌握基尔霍夫电流定律和电压定律；理解和掌握电路模型和电位的概念。

1.1 电路及电路模型

1.1.1 电路组成及其功能

在工农业生产、交通运输、邮电通信、国防、科学技术、文化娱乐以及日常生活等许多领域里，形形色色的电路名目繁多，功能各异。

图1-1(a)所示为一个简单照明电路的实际电路，这里的干电池是一种电源。通常情况下，电源的作用是给电路提供电能，有时是提供有用的电信号（信号源）；灯泡是一种简单的用电设备，各种用电系统称负载，负载在电路中将电能或电信号转换成其他形式的能量或信号；导线和开关等中间环节起着传输、分配和控制电能或电信号的作用。对于其他的实际电路，尽管复杂程度相差很大，用途也各不相同，但就一个完整的电路而言，都必须包含电源、负载和中间环节三个基本部分。图1-1(b)为电原理图。

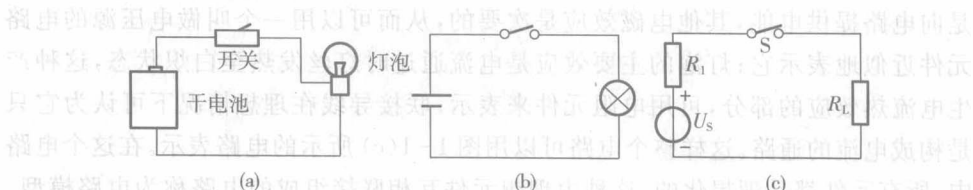


图1-1 手电筒电路
(a) 实际电路 (b) 电原理图 (c) 电路模型

电路是由电源、负载和中间环节等元器件按一定方式连接起来，为电流的流通提供路径的总体，也称为网络。

实际电路种类繁多，但就其功能来说可概括为两个方面。其一，是进行能量的传输、分配与转换。上述的手电筒电路就是干电池中的电能通过导线传输给灯泡转换成光能和热能；另外典型的例子还有电力系统中的输电电路。发电厂的发电

机组将其他形式的能量(热能、水的势能、原子能等)转换成电能,通过变压器、输电线等输送给各用户负载,那里又把电能转换成机械能(如负载是电动机)、光能(如负载是灯泡)、热能(如负载是电炉等),为人们生产、生活所利用。其二,是实现信息的传递与处理。例如电话、收音机、电视机电路。接收天线把载有语言、音乐、图像信息的电磁波接收后,通过电路把输入信号(又称激励)变换或处理为人们所需要的输出信号(又称响应),送到扬声器或显像管,再还原为语言、音乐或图像。

1.1.2 理想元件和电路模型

任一实际的电路器件,在工作时其本身及周围所发生的电磁过程是复杂的,严格说来,都存在电能的消耗、磁场能量的存储和电场能量的存储这些基本效应。例如一个螺管线圈,当电流通过它时,就会在其周围建立起磁场,与此同时,线圈还有电阻效应(通电时间较长或电流较大时线圈将发热)和电场效应。这些效应互相交织在一起,使分析问题存在很大困难,甚至无法进行。另一方面,在一个电器件上各种效应的表现并不是均衡的,在一定条件下,某一种效应处于主导地位,决定事物的本质,其他的效应则处于次要地位。例如,在电源频率较低、电流较小时,螺管线圈的磁场效应是主要的,这时为了使问题得以简化,可认为它只具有磁场效应。像这样把实际电路器件理想化而得到的只具有某种单一电磁性质的元件,称为理想电路元件,或简称电路元件。电路元件易于用数学来描述,便于理论分析。

电路元件按照其与电路其他部分相联接的端钮数可分为:二端元件,即元件通过两个端钮与电路其他部分相联结,二端元件也称一端口元件;多端元件,即具有三个和三个以上端钮的元件。

对于图1-1所示的简单电路,通过对其物理过程的分析可知,其中电池主要是向电路提供电能,其他电磁效应是次要的,从而可以用一个叫做电压源的电路元件近似地表示它;灯泡的主要效应是电流通过时灯丝发热至白炽状态,这种产生电流热效应的部分,可用电阻元件来表示;联接导线在理想情况下可认为它只是构成电流的通路。这样整个电路可以用图1-1(c)所示的电路表示。在这个电路中,所有元件都是理想化的,这种由理想元件互相联接组成的电路称为电路模型。电路模型是实际电路的抽象和近似。一个实际电路用什么样的电路模型表示,是通过对其物理过程的观察分析而确定的。本书所讨论的电路都是电路模型,而不是实际电路,同时把理想电路元件简称为电路元件。

1.1.3 集总参数电路

电路工作时存在着三种能量转换过程,即电能消耗、电场储能和磁场储能。电阻元件是反映电能消耗的电路参数,而电容元件和电感元件是分别反映电场储能

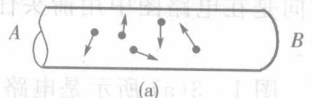
和磁场储能的电路参数。严格说来,电路的任何部分都存在这三种参数,但是在电路中电压、电流频率不太高的情况下,也就是说当电路尺寸与电路中电压、电流的波长相比可忽略不计时,可近似认为电能消耗、电场储能和磁场储能这三个过程是分别集中在电阻元件、电容元件和电感元件中进行的。这种假定一个元件中存在一种能量转换关系的元件称为集总参数元件,由集总参数元件组成的电路称为集总参数电路。本书以后所述的电路基本定律均是在集总参数电路中成立的。

1.2 电路的基本变量

电路的特性是通过电荷、电流、电压、磁链通、功率和能量等一组物理量来描述的,这些物理量称为电路变量。在这些变量中,电流和电压是两个基本变量。这是因为在实际电路中,电流和电压是容易观测到的量,电路基本定律叙述的是一个电路中各支路电流或电压之间的相互关系,倘若一个电路的各部分电流和电压都已知,那么这个电路的特性就完全被掌握了。

1.2.1 电流及其参考方向

一段金属导体内含有大量的带负电荷的自由电子,通常情况下,这些自由电子在其内部作无规则的热运动,如图1-2(a)所示。在这种情况下,金属导体内虽有电荷运动,但由于电荷运动是杂乱无规则的,因而不形成传导电流。如果在AB段金属导体的两端连接上电源,那么带负电荷的自由电子就要逆电场方向运动,这样,AB段



金属导体内就有电荷作规则的定向运动,于是就形成传导电流,如图1-2(b)所示,图中 E 为电场强度。在其他场合,如电解溶液中的带离子作规则定向运动也会形成传导电流。

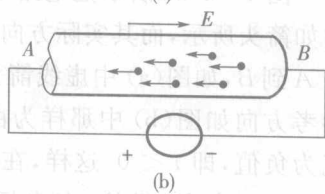


图 1-2

在电场作用下,电荷有规则地移动就形成电流。电流也有不同类型:金属导体中的电流和电解液中的电流属于传导电流。带电体在自

由空间运动形成的电流称为对流电流,如真空管内部的电流。此外,还有由于电场变化形成的电流,即位移电流,如电容器内部的电流。通常,人们所说的电流多数是指传导电流。

我们称:电荷的定向移动形成电流。习惯规定:正电荷运动的方向为电流的正方向。

电流,虽然人们看不见摸不着它,但可通过电流的各种效应(譬如磁效应、热

效应)来感觉它的客观存在,这是人们所熟悉的常识。所以,毫无疑问,电流是客观存在的物理现象。为了从量的方面量度电流的大小,引入电流强度的概念。

衡量电流大小的物理量称为电流强度,简称电流。电流强度的定义为:单位时间内通过导体横截面的电荷量。如果通过导体横截面的电荷量随时间而变化,电流强度用 $i(t)$ 表示,即为:

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

式中, $q(t)$ 为通过导体横截面的电荷量。若 $dq(t)/dt$ 为常数,即是直流电流,常用大写字母 I 表示。电流强度的单位是安培(A),简称“安”。电力系统中嫌安培单位小,有时取千安(kA)为电流强度的单位。而无线电系统中(如晶体管电路中)又嫌安培这个单位太大,常用毫安(mA)、微安(μ A)作电流强度单位。它们之间的换算关系是:

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

上面提到正电荷运动的方向规定为电流的实际方向,但在对电路进行分析计算时,或因电路较复杂,预先往往难以判断电流的实际方向,或因电流随时间不停地变化,其实际方向无法在电路图中标出,故而引出参考方向的概念。参考方向是在电路图中用箭头任意标定的电流方向,当然它不一定是电流的实际方向。

图 1-3(a) 所示是电路中的一个二端元件,流过该元件的电流为 i ,其参考方向如箭头所示,而实际方向或由 A 到 B,或由 B 到 A。如果电流 i 的实际方向是由 A 到 B,如图(a)中虚线箭头所示,它与参考方向一致,则电流为正值,即 $i > 0$;参考方向如图(b)中那样为由 B 到 A,则电流参考方向与实际方向不一致,故电流为负值,即 $i < 0$ 。这样,在标定参考方向后,根据电流值的正负就可以确定电流的实际方向。显然,在未标定参考方向的情况下,电流值的正或负是没有意义的。

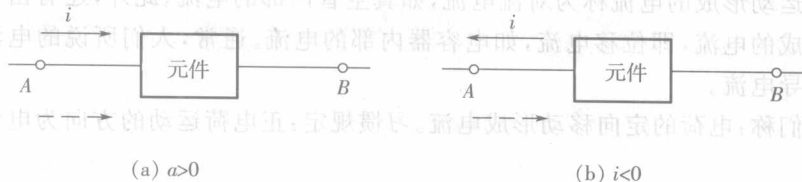


图 1-3 电流的参考方向

电流的参考方向又称为电流的正方向。在集总电路中,任何时刻流入二端元件一个端子的电流一定等于从另外一端子流出的电流。

1.2.2 电压及其参考方向

电荷在电路中移动,就会有能量的交换发生。单位正电荷由电路中 a 点移动到 b 点所获得或失去的能量,称为 a、b 两点的电压,即:

$$u(t) = \frac{dw(t)}{dq(t)}$$

式中, dq 为由 a 点移至 b 点的电荷量,单位为库仑(C); dw 是为移动电荷 dq 电场力所做的功,单位为焦耳(J)。电位、电压的单位都是伏特(V),1V 电压相当于为移动 1C 正电荷电场力所做的功为 1J。在电力系统中嫌伏特单位小,有时用千伏(kV)。在无线电电路中嫌伏特单位太大,常用毫伏(mV)、微伏(μ V) 作电压单位。

另外,如图 1-4 所示,将电路中任一点作为参考点,把 a 点到参考点的电压称为 a 点的电位,用符号 v_a 或 V_a 表示。图中 a 点到 b 点的电压,就是 a 点电位与 b 点电位之差,即: $U_{ab} = V_a - V_b$ 。

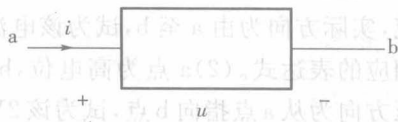


图 1-4 电压定义示意图

说明:两点之间的电位之差即是两点间的电压。

电路中,规定电位真正降低的方向为电压的实际方向。在复杂的电路里,或在交流电路里,两点间电压的实际方向是经常改变的,这给实际电路问题的分析计算带来困难,所以也常常对电路中两点间电压设出参考方向。

如图 1-5 所示,电压的参考方向其表示方法一般用箭头表示,也可以用双下标表示,如 u_{AB} ;也可以用正(+)、负(-) 极性表示,正极指向负极的方向即为电压的参考方向。

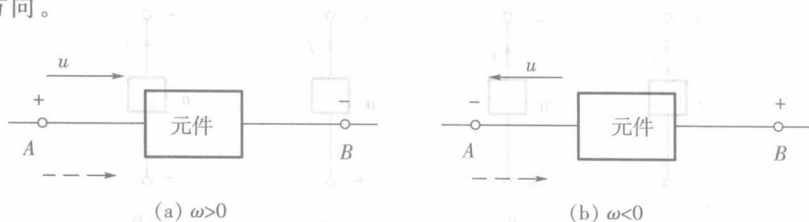


图 1-5 电压的参考方向

所谓电压参考方向,就是所假设的电位降低方向,在电路图中用“+”“-”号标出,或用带下脚标的字母表示。如电压 U_{ab} ,脚标中第一个字母 a 表示假设电压参考方向的正极性端,第二个字母 b 表示假设电压参考方向的负极性端。以后如无特殊说明,电路图中“+”、“-”标号就认为是电压的参考方向。在设定电路中电压参考方向以后,若经计算得电压 U_{ab} 为正值,说明 a 点电位实际比 b 点电位高;若

U_{ab} 为负值,说明 a 点电位实际比 b 点低。同电流一样,两点间电压数值的正与负是在设定参考方向的条件下才有意义。

1.2.3 电流、电压的关联参考方向

上面已经分别说明,出于描述电流和电压这两个物理量本身以及分析电路的需要,必须给电路中各部分的电流和电压指定参考方向。

对一个二端元件(或二端电路)而言,电流和电压的参考方向均可任意指定,二者是彼此独立的。倘若在选取二者的参考方向时,遵循电流参考方向的箭头由电压参考方向的正极指向负极,如图 1-4 所示,符合这一制约关系的电流和电压参考方向称为关联参考方向或一致参考方向,即电流参考方向与电压参考“+”极到“-”极的方向一致;或说电流的流向是从电压的“+”极流向“-”极,即关联参考;反之为非关联参考方向,即电流从电压的“-”极流向“+”极。

【例 1-1】 如图 1-6 所示,已知:(1)流过 1A 的电流,实际方向为由 a 至 b,试为该电流设参考方向,并写出相应的表达式。(2)a 点为高电位,b 点为低电位,实际电压方向为从 a 点指向 b 点,试为该 2V 的电压设参考方向,并写出相应的表达式。



图 1-6

解:(1) 电流参考方向从 a 至 b 时, $i = 1\text{A}$ 。

电流参考方向从 b 至 a 时, $i = -1\text{A}$ 。

(2) 电压参考方向从 a 指向 b 时, $u = 2\text{V}$ 。

电压参考方向从 b 指向 a 时, $u = -2\text{V}$ 。

由上例我们可以总结出,一个二端元件中的电流、电压的关联参考情况可归纳为如图 1-7 所示情况:

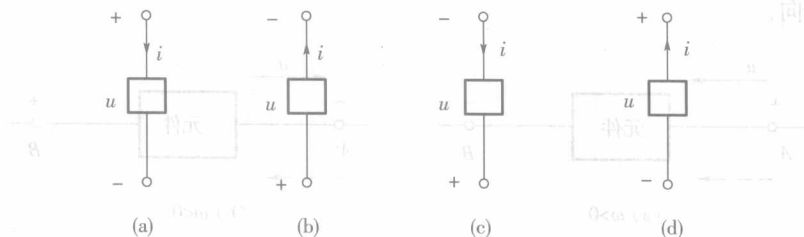


图 1-7 二端元件电流、电压的参考方向

(a)、(b) 关联参考方向 (c)、(d) 非关联参考方向

人们常常习惯采用关联参考方向,因为这样选取有许多方便之处。这里约定,当在一个电路的各部分只标注电流参考方向,或只标注电压参考方向时,就隐含着对这两个变量取关联参考方向。

【思考与练习】

1.2.1 对于一段电路中的电流,若只给定了它的数值,其意思是否完整,为什么?

1.2.2 电流的真实方向是否依赖于其参考方向?怎样确定一段电路中电流的真实方向?

1.2.3 如图1-8所示电路,若已知2s内有4C正电荷均匀地由a点经b点移动至c点,且知由a点移动至b点电场力做功8J,由b点移动到c点电场力做功为12J。

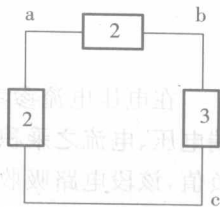


图1-8

(1) 标出电路中电流参考方向并求出其值,若以b点作参考点(又称接地点),求电位 V_a 、 V_b 、 V_c ,电压 U_{ab} 、 U_{bc} 。

(2) 标注电流参考方向与(1)时相反并求出其值,若以c点作参考点,再求电位 V_a 、 V_b 、 V_c ,电压 U_{ab} 、 U_{bc} 。

1.2.4 电功率

电路在工作过程中总伴随着电能与其他形式能量间的相互转换。比如,当正电荷从元件的高电位端运动到元件的低电位端时,电场力对电荷做了功,此时元件吸收电能;反之,正电荷从元件的低电位端运动到元件的高电位端时,是外力克服电场力对电荷做了功,也可以说是电场力做了负功,此时元件释放电能。

单位时间做功大小称作功率,或者说做功的速率称为功率。在电路问题中涉及的电功率即是电场力做功的速率,以符号 $p(t)$ 表示。功率的数学定义式可写为

$$p(t) = \frac{dw(t)}{dt}$$

式中, dw 为 dt 时间内电场力所做的功。功率的单位为瓦(W)。1瓦功率就是每秒做功1焦耳,即 $1W = 1J/s$ 。

电流的参考方向设成从a流向b,电压的参考方向设成a为高电位端,b为低电位端,这样所设的电流电压参考方向称为关联参考方向。设在 dt 时间内在电场力作用下由a点移动到b点的正电荷量为 dq , a点至b点电压 u 意味着单位正电荷从a移动到b点电场力所做的功,那么移动 dq 正电荷电场力做的功为 $dw = udq$ 。电场力做功说明电能有损耗,损耗的这部分电能被ab这段电路所吸收。

由

$$u = \frac{dw}{dq}$$

得

$$dw = u dq$$

再由

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

得

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

根据功率定义 $p(t) = dw/dt$, 得:

$$p(t) = ui$$

在电压电流参考方向关联的条件下, 一段电路所吸收的电功率为该段电路两端电压、电流之乘积。代入 u 、 i 数值, 经计算, 若 p 为正值, 该段电路吸收功率; p 为负值, 该段电路吸收负功率, 即该段电路向外供出功率, 或者说产生功率。例如算得 ab 这段电路吸收功率为 -3W , 那么说成 ab 段电路产生 3W 的功率也是正确的。如果遇到电路中电压电流参考方向非关联情况, 如图 1-9 所示, 在计算功率的公式中需冠以负号, 即: $p(t) = -ui$ 。

同样, 经计算, 若 P 为正值, 则该段电路吸收功率, 若 P 为负值, 则该段电路产生功率。

【例 1-2】 图 1-10 所示电路, 已知 $i = 1\text{A}$, $u_1 = 3\text{V}$, $u_2 = 7\text{V}$, $u_3 = 10\text{V}$, 求 ab、bc、ca 三部分电路上各吸收的功率 p_1 , p_2 , p_3 。

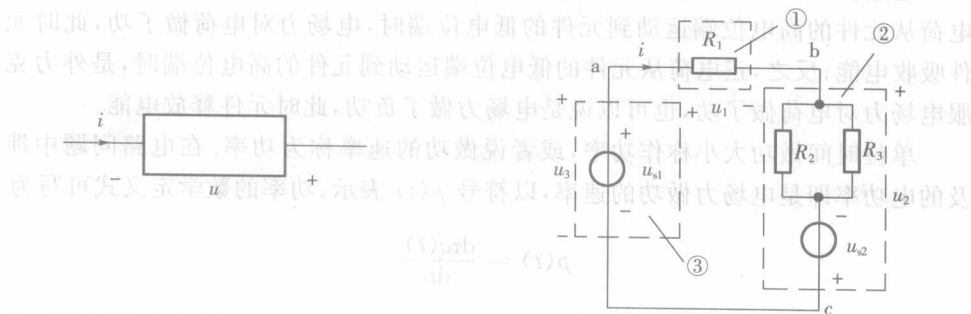


图 1-9 电压电流参考方向非关联情况

1-10

解: 对 ab 段、bc 段, 电压电流参考方向关联, 所以吸收功率:

$$p_1 = u_1 i = 3 \times 1 = 3\text{W}$$

$$p_2 = u_2 i = 7 \times 1 = 7\text{W}$$

对 ca 段电路, 电压电流参考方向非关联, 所以这段电路吸收功率:

$$p_3 = -u_3 i = -10 \times 1 = -10\text{W}$$

实际上 ca 这段电路产生功率为 10W 。

由此例可以看出: $p_1 + p_2 + p_3 = 0$, 即对一完整的电路来说, 它产生的功率与消耗的功率总是相等的, 这称为功率平衡。

1.3 电阻元件

电路元件是构成电路的基本单元。按元件的引出端子数目可分为二端、三端、四端元件等。对集总参数元件通常只关心其端子上的特性,而不涉及其内部情况。电路元件还可分为无源元件和有源元件、线性元件和非线性元件、非时变元件和时变元件、耗能元件和储能元件等。

1.3.1 线性非时变电阻

二端电阻元件是耗能型元件。电阻器、灯泡、电炉等在一定条件下可用二端电阻元件作为其模型。

二端电阻元件定义为:一个二端元件,如果在任一时刻,其两端电压 u 与流经它的电流 i 之间的关系可用 $u \sim i$ 平面上的一条曲线来确定,则该元件被称为二端电阻元件,简称电阻元件。

由于电压的单位是伏(V),电流的单位是安(A),因此电阻元件的特性称为伏安特性或伏安关系。如果电阻元件的伏安关系不随时间变化,则称为非时变电阻,否则称为时变电阻;如果其伏安关系是通过原点的一条直线,则称其为线性电阻,否则称为非线性电阻。今后所说电阻,如不说明均指伏安特性位于一、三象限的线性非时变电阻。其图形符号和伏安特性分别如图 1-11(a)、(b) 所示。一般实际使用的如碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻等都可近似看作是这类电阻。在电压、电流取关联参考方向的条件下,电阻元件的伏安关系为:

$$u(t) = Ri(t)$$

这就是大家熟悉的欧姆定律。式中的 R 称为元件的电阻。电阻的单位为欧姆,简称欧(Ω)。

电阻的倒数称电导,以符号 G 表示,即 $G = \frac{1}{R}$

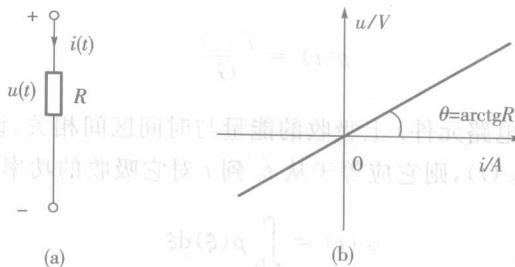


图 1-11 理想电阻模型及伏安特性

在国际单位制中,电导的单位是西门子,简称西(S)。从物理概念上看,电导是反映材料导电能力强弱的参数。电阻、电导是从相反的两个方面来表征同一材料特性的两个电路参数,所以,定义电导为电阻之倒数是有道理的。应用电导参数来表示电流和电压之间关系时,欧姆定律形式可写为

$$i(t) = Gu(t)$$

注:(1) 欧姆定律只适用于线性电阻;(2) 如果电阻 R 上的电流电压参考方向非关联,如图 1-12 所示,欧姆定律公式中应冠以负号,即

$$u(t) = -Ri(t)$$

$$i(t) = -Gu(t)$$

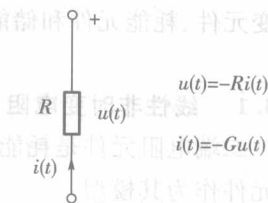


图 1-12 电流电压
参考方向非关联

在参数值不等于零、不等于无限大的电阻、电导上,电流与电压是同时存在、同时消失的。或者说,在这样的电阻、电导上, t 时刻的电压(或电流)只决定于 t 时刻的电流(或电压)。这说明电阻、电导上的电压(或电流)不能记忆电阻、电导上的电流(或电压)在“历史”上(t 时刻以前)所起过的作用。所以说电阻、电导元件是无记忆性元件,又称即时元件。

1.3.2 电阻元件上消耗的功率和能量

前面说过,电阻是耗能型元件,根据功率的计算原理,电阻 R 上吸收电功率为:

$$p(t) = u(t)i(t) = Ri(t) \cdot i(t) = Ri^2(t)$$

$$\text{或} \quad p(t) = u(t)i(t) = u(t) \frac{u(t)}{R} = \frac{u^2(t)}{R}$$

可得电导 G 上吸收电功率为

$$p(t) = Gu^2(t)$$

$$\text{或} \quad p(t) = \frac{i^2(t)}{G}$$

电阻(或其他的电路元件)上吸收的能量与时间区间相关。设从 $t_0 \sim t$ 区间电阻 R 吸收的能量为 $w(t)$,则它应等于从 t_0 到 t 对它吸收的功率 $p(t)$ 作积分,即

$$w(t) = \int_{t_0}^t p(\xi) d\xi$$

为避免积分上限 t 与积分变量 t 相混淆,将积分变量换为 ξ