

21 世纪高职高专系列教材

电路分析基础

范世贵 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 全书内容共分 8 章:电路基本概念与定律、电阻电路等效变换、电路分析基本方法、电路定理、正弦电流电路、耦合电感与理想变压器、非正弦周期电流电路、动态电路时域分析。书末还有 5 个附录。

本书可作为高等职业技术学院(含电大、高教自学考试、大学专科)电子、通信、自动化、信息控制、计算机、信号检测、电力等专业的教科书,也可供本科学生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础/范世贵编著. —西安:西北工业大学出版社,2004.1

(21 世纪高职高专系列教材)

ISBN 7 - 5612 - 1731 - 5

. 电... . 范... . 电路分析—高等学校:技术学校—教材
. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 001738 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编 710072

电 话:(029) 88493844, 88491757, 88494375, 88491147(兼传真)

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm × 960 mm 1/16

印 张:22.625

字 数:409 千字

版 次:2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~5 000 册

定 价:29.00 元

前 言

电路分析基础课程是电子、通信、自动化、计算机、信息控制、信号检测与测量、电力等专业的一门重要技术基础课程。它主要研究电路分析理论的基本概念、基本定律、基本定理与基本方法及其在工程实践中的应用,并结合实验培养学生电路操作、测试和科学实验能力。

本书在编写中遵循了以下原则:

符合高等职业技术教育的培养目标和学习的实际。精选内容,以“必需”、“够用”为度,对理论性的详细阐述做一些调整,省略了一些对大专层次不作要求的数学推导和证明,努力体现针对性与实用性,适应了21世纪现代科技发展的需要。

讲究教学法,遵循学生接受知识的规律,深入浅出,循序渐进,详略得当。教材的宏观体系是先静态电路,后动态电路;先恒定电流电路,后正弦电流电路;先稳态电路,后瞬态电路,并自始至终贯彻辩证思维的思想方法。

在内容上虽然降低了深度和难度,但仍然保持了适当的宽度和广度,突出了实用性,加强了理论和实际的联系,以适应学生今后在工作中进一步的深造以及现代科技发展的需要。

在微观结构上,努力做到主题突出,思路清晰,理论与实际结合,循序渐进,精选典型例题,减少习题的数量并降低难度和繁度,以掌握基本理论、基本概念、基本方法和学会应用为目标;努力做到既适合于学生自学,又适合于教师施教。

注意了坚持传授知识、发展智力与培养能力相统一的教学原则。在培养能力方面,着重培养学生的科学思维能力,创新思维能力,分析问题、解决问题的能力,研究问题的方法论。另外,还注意培养学生良好的非智力素质,严谨的治学态度和科学工作作风,激励学生的学习精神和动力。

全书内容共8章:电路基本概念与定律、电阻电路等效变换、电路分析基

本方法、电路定理、正弦电流电路、耦合电感与理想变压器、非正弦周期电流电路、动态电路时域分析。书中有“*”号的内容为选学,不计在总学时之内。书后附录的《电路分析基础课程教学大纲与教学基本要求》是本课程教学的依据,也是对本课程教学质量进行评估的依据。

本书可作为高等职业技术学院,高等教育自学考试,以及大学专科电子、通信、自动控制、自动化、信息与网络、计算机、信号检测、电气工程等专业电路分析基础课程的教科书,也可供本科学生和工程技术人员参考。

西北工业大学出版社出版的专升本三导丛书《电路分析基础导教·导学·导考》一书,可作为与本书配套的自学、复习参考书,对于提高本课程的学习效果定会有裨益。

本书的编写与出版得到了西北工业大学信息技术学院和西北工业大学出版社领导的支持与推荐,编者谨致诚挚的谢意。

由于编者水平和经验有限,书中不妥和不完善之处在所难免,敬请赐教。

编者

2003年4月

目 录

第 1 章 电路基本概念与定律.....	1
1.1 电路与电路模型	1
1.2 电路基本物理量	3
1.3 电功率与电能量	5
1.4 电阻元件与欧姆定律	8
1.5 电感元件.....	11
1.6 电容元件.....	15
1.7 理想电源.....	20
1.8 受控电源.....	26
1.9 基尔霍夫定律.....	29
1.10 电子习惯电路	36
习题一	39
第 2 章 电阻电路等效变换	44
2.1 等效电路与电路等效变换的概念.....	44
2.2 电阻串联与电导并联.....	48
2.3 无源三端电路及其相互等效变换.....	54
2.4 实际电源的电路模型及其相互等效变换.....	58
2.5 单口电路的输入电阻.....	65
习题二	70
第 3 章 电路分析基本方法	74
3.1 支路电流法.....	74
3.2 网孔电流法.....	81
* 3.3 回路电流法	87
3.4 节点电位法.....	90

习题三.....	103
第 4 章 电路定理.....	106
4.1 叠加定理与齐次定理	106
4.2 替代定理	114
4.3 等效电源定理	119
4.4 最大功率传输定理	127
习题四.....	133
第 5 章 正弦电流电路.....	137
5.1 正弦量	137
5.2 复数	142
5.3 正弦量的相量表示	145
5.4 电路元件伏安关系的相量形式	149
5.5 KCL, KVL 的相量形式	160
5.6 阻抗与导纳及其相互等效变换	167
5.7 正弦电流电路稳态分析——相量法	178
5.8 正弦电流电路的功率	188
5.9 最大功率传输定理	193
* 5.10 电路中的谐振	197
5.11 三相电路.....	203
习题五.....	211
第 6 章 耦合电感与理想变压器.....	215
6.1 耦合电感元件	215
6.2 耦合电感元件的伏安关系	218
6.3 耦合电感的去耦等效电路	223
6.4 含耦合电感电路的分析计算	230
6.5 理想变压器	236
习题六.....	246
第 7 章 非正弦周期电流电路.....	249
7.1 非正弦周期电压与电流	249
7.2 非正弦周期函数展开成傅里叶级数	250
7.3 非正弦周期电量的有效值	252

7.4	非正弦周期电流电路稳态分析	253
7.5	非正弦周期电流电路的平均功率	260
* 7.6	滤波电路的概念	261
	习题七.....	265
第8章 动态电路时域分析.....		268
8.1	常用的电信号	269
8.2	换路定律	274
8.3	电路初始值求解	277
8.4	RC 一阶电路	281
8.5	RL 一阶电路	288
8.6	求一阶电路阶跃激励全响应的三要素公式	292
* 8.7	一阶电路的正弦响应	301
	习题八.....	306
附录.....		311
附录一	电路分析基础课程教学大纲与教学基本要求.....	311
附录二	电路分析基础课程期末考试(样题)及参考解答.....	314
附录三	2003年西北工业大学金叶信息技术学院电路分析基础课 程专升本招生考试题及参考解答.....	325
附录四	思考与练习参考答案.....	343
附录五	习题参考答案.....	349
参考文献.....		353

第 1 章 电路基本概念与定律

学习要求

1. 了解什么是电路,电路的功能是什么,什么是实际电路,什么是电路模型。

2. 深刻理解电路基本物理量(电流,电位,电压)的定义与单位;深刻理解电流参考方向与电压参考极性的意义及其设定的必要性;深刻理解和掌握电流与电压“关联方向”的意义与应用。

3. 深刻理解电功率的定义与单位。会计算电路元件吸收的功率或发出的功率,会判断电路元件实际是吸收功率还是发出功率。

4. 了解线性电阻元件、线性电感元件、线性电容元件的定义,能正确写出它们的伏安关系方程,会计算它们吸收(或发出)的功率和能量。

5. 深刻理解和掌握理想电压源与理想电流源的定义、电路符号、功能、端口伏安关系及其性质。

6. 深刻理解和掌握受控源的定义、分类、性质以及受控源在电路分析中的处理原则,并会分析、计算简单的含受控源电路。

7. 深刻理解和掌握 KCL, KVL 的物理意义及其数学表达式。能对节点正确地列写出 KCL 方程,对回路正确地列写出 KVL 方程,并能应用 KCL, KVL 和欧姆定律,熟练地求解简单线性电阻电路中的电压、电流、电位及功率。

8. 了解什么是“电子习惯电路”,并能正确地将“电子习惯电路”改画成一般性的电路,或者相反;进而能求解电路中的电流与电压。

1.1 电路与电路模型

一、 电路的定义

电流流通的路径称为电路。

二、 电路的功能

电路的功能有两个。

1. 实现电能的产生、传输、分配和转化。例如高电压、大电流的电力电路等。
2. 实现电信号的产生、传输、变换和处理。例如低电压、小电流的电子电路及计算机电路、控制电路等。

在电路的两个功能中,前者矛盾的主要方面是“电功率”和“电能”;后者矛盾的主要方面是“电信号”,即电压信号或者电流信号。

三、 实际电路

为了实现电路的功能,人们将所需的实际电器元件或设备,按一定的方式连接而构成的电路称为实际电路,如图 1.1.1(a)所示即为最简单的实际手电筒电路。它是由 4 个部分组成:干电池(作为电源)、导线(作为传输线)、开关 S(起控制作用)、灯泡(作为用电器,也称负载)。

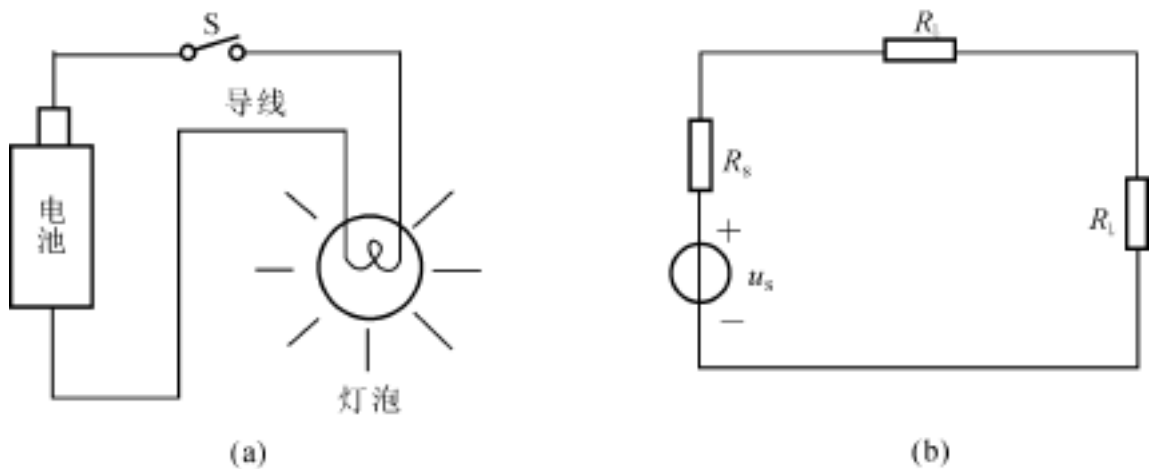


图 1.1.1 实际手电筒电路及其电路模型

四、 电路模型

把实际的电路加以科学抽象和理想化以后而得到的电路,称为理想化电路,也称电路模型。

实际的电器元件和设备的种类是很多的,如各种电源、电阻器、电感器、电容器、变压器、晶体管、固体组件,等等,它们中发生的物理现象是很复杂的。因此,为了便于对实际电路进行分析和数学描述,进一步研究电路的特性和功能,就必须进行科学地抽象,用一些模型来代替实际电器元件和设备的外部特性和功能,这种模型即称为电路模型,构成电路模型的元件称为模型元件,也

称理想电路元件。理想电路元件只是实际电器元件和设备在一定条件下的理想化模型,它能反映实际电器元件和设备在一定条件下的主要电磁性能,并用规定的模型元件符号来表示。如图 1.1.1(a)所示的实际手电筒电路,即可用图 1.1.1(b)所示的电路模型来代替。其中电压 U_s 和电阻 R_s 的串联组合即为干电池的模型,电阻 R_l 为导线的模型,电阻 R_L 为电灯的模型。

以理想电路元件及其组合作为电路理论的研究对象,即形成了电路模型理论。今后我们研究的电路均为模型电路。

将电路模型画在平面上而形成的图称为电路图。电路图只反映各理想电路元件的作用及其相互连接方式,并不反映实际设备的内部结构、几何形状及相互位置。

1.2 电路基本物理量

电路的基本物理量有电流、电位、电压。

一、 电流

1. 定义:电荷(包括正电荷与负电荷)的定向移动即形成电流。

2. 电流的大小:即电流强度。单位时间内通过导体横截面的电量称为电流强度,即

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

式中 $dq(t)$ 为 dt 时间内通过导体横截面的电量, $i(t)$ 为电流强度。电流强度 $i(t)$ 的国际单位是安[培](A), 1A (安[培]) = $1 \frac{\text{C(库[仑])}}{\text{s(秒)}}$; 另外还有千安(kA), 毫安(mA), 微安(μA)。 $1\text{ kA} = 10^3\text{ A}$, $1\text{ mA} = 10^{-3}\text{ A}$, $1\text{ }\mu\text{A} = 10^{-6}\text{ A}$ 。

电流是电路中的一种物理现象,电流强度 $i(t)$ 是描述电流大小的物理量,不可把电流与电流强度混淆。但在实用中为了表述的简便,人们往往把电流强度 $i(t)$ 简称为“电流”,所以,在本书中谈到“电流”,大多指的就是电流强度 $i(t)$,但有时也兼有双重意义。

当 $i(t)$ 随时间变量 t 变化时,称为变化电流,用 $i(t)$ 表示,也直接把 $i(t)$ 写成小写字母 i ,即 i 指的就是 $i(t)$ 。当 $i(t)$ 不随时间 t 变化时,称为恒定电流,用大写字母 I 表示,此时 $i(t) = I$ 。

3. 电流的实际方向:人们已取得共识与认同,规定正电荷定向移动的方

向为电流的实际方向(或者负电荷定向移动的反方向为电流的实际方向)。

4. 电流的参考正方向,简称参考方向。电路中电流的实际方向,人们在对电路未进行分析计算之前可能是不知道的,因此为了对电路进行分析计算和列写电路方程,就需要对电流设定一个参考正方向,简称参考方向,如图 1.2.1 所示电

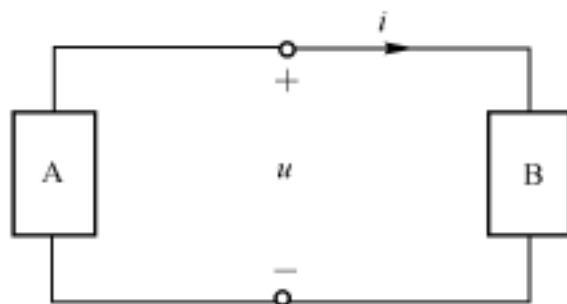


图 1.2.1 电流的参考方向与电压的参考极性

路中电流 $i(t)$ 的方向就是参考方向(不一定就是电流 i 的实际方向)。若所求得的 $i(t) > 0$,就说明电流 $i(t)$ 的实际方向与参考方向一致;若所求得的 $i(t) < 0$,就说明 $i(t)$ 的实际方向与参考方向相反。可见,电流 $i(t)$ 是一个标量。

电路中电流的参考方向是可以任意规定的。电路图中电流 $i(t)$ 的方向恒为参考方向。

二、 电位

电场力把单位正电荷从电场中的 a 点沿任意路径移动到无穷远处(此处的电场强度为零)电场力所做的功,称为电场中 a 点的电位,用 φ_a 表示,国际单位为伏[特](V), $1\text{V}(\text{伏}[\text{特}]) = 1 \frac{\text{J}(\text{焦}[\text{尔}])}{\text{C}(\text{库}[\text{仑}])}$ 。电位 φ_a 为标量代数量, φ_a 可为正($\varphi_a > 0$),可为负($\varphi_a < 0$),可为零($\varphi_a = 0$)。

三、 电压

1. 定义:电场中 a, b 两点之间的电位之差,称为 a, b 两点之间的电压,用 U_{ab} 表示,国际单位也为伏[特](V),即

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$$

若 $U_{ab} > 0$,则 a 点的实际电位 φ_a 就高于 b 点的实际电位 φ_b ,即 $\varphi_a > \varphi_b$;若 $U_{ab} < 0$,则 a 点的实际电位 φ_a 就低于 b 点的实际电位 φ_b ,即 $\varphi_a < \varphi_b$;若 $U_{ab} = 0$,则 a, b 两点的实际电位相等,即 $\varphi_a = \varphi_b$ 。可见,电压 U_{ab} 也是标量。

同理 $U_{ba} = \varphi_b - \varphi_a$ 和 $U_{ab} = -U_{ba}$,即表示 U_{ab} 与 U_{ba} 互为相反数。

为避免数值的过大过小,有时用加词头的单位:千伏(kV),毫伏(mV),微伏(μV)。 $1\text{kV} = 10^3\text{V}$, $1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$, $1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$ 。

2. 电压的实际“+”、“-”极性:人们已取得共识与认同,把实际电位高的点标以“+”极,把实际电位低的点标以“-”极。

3. 电压的参考“+”、“-”极性:简称电压的参考极性。电路中电压的实

实际“+”、“-”极性,在人们对电路未进行分析计算之前是未知的,因此,为了对电路进行分析计算和列写电路方程,就需要对电压设定一个参考“+”、“-”极性。如图 1.2.1 所示电路中电压 u 的“+”、“-”极就是参考极性(不一定是电压 u 的实际“+”、“-”极性)。若所求得的 a, b 两点间电压 $u_{ab} > 0$,就说明 a 点的实际电位 u_a 高于 b 点的实际电位 u_b ;若 $u_{ab} < 0$,就说明 a 点的实际电位 u_a 低于 b 点的实际电位 u_b ;若 $u_{ab} = 0$,就说明 a, b 两点的实际电位相等。

电压的参考极性是可以任意设定的。电路图中的“+”、“-”极性恒为电压的参考极性。

四、 电流与电压的关联参考方向

对一个确定的电路元件而言,若电流 i 的参考方向是从电压 u 参考极性的“+”极流向“-”极,则称电流 i 与电压 u 为关联参考方向,简称关联方向,否则即为非关联方向。如图 1.2.1 所示电路,对元件 A 而言,则 u 与 i 为非关联方向;对元件 B 而言,则 u 与 i 为关联方向。

1.3 电功率与电能量

一、 电功率

电场力在单位时间内所做的功,称为电功率,即

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

式中 $dw(t)$ 为 dt 时间内电场力所做的功, $p(t)$ 为电功率。电功率也简称功率,电功率 $p(t)$ 是描述电场力做功快慢的物理量。

电功率 $p(t)$ 的国际单位是瓦[特](W), $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J(焦[尔])}}{\text{s(秒)}} =$ 。另外还有兆瓦(MW),千瓦(kW),毫瓦(mW),微瓦(μW)。 $1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$, $1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$, $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$, $1 \mu\text{W} = 10^{-6} \text{ W}$ 。

为了简便,以后也把 $p(t)$ 简写为 p 。

二、 电功与电能量

电场力在时间区间 $t \in [0, t]$ 内所做的功,称为电功,也称电能量,用 $w(t)$ 或 w 表示,其计算公式为

$$w(t) = w = \int_0^t p(\)d$$

式中 $p(t)$ 为电功率。电功(电能量)的国际单位为焦[尔](J),另一个单位为千瓦时(kW·h)(旧称度), $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

三、 电路元件的功率

描述电路元件的功率可以有两种定义:“吸收功率”与“发出功率”。对同一个电路元件而言,“吸收的功率”与“发出的功率”互为相反数,即 $p_{\text{吸}} = - p_{\text{发}}$ 或 $p_{\text{发}} = - p_{\text{吸}}$ 。

如图 1.3.1(a)所示的电路中,若电压 u 与电流 i 为关联方向,用“吸收功率”描述,则电路元件吸收的功率为

$$p_{\text{吸}} = ui$$

当 $p_{\text{吸}} > 0$ 时,说明电路元件实际是吸收功率;当 $p_{\text{吸}} < 0$ 时,说明电路元件实际是发出功率。

若用“发出功率”描述,如图 1.3.1(a)电路元件发出的功率为

$$p_{\text{发}} = - ui$$

当 $p_{\text{发}} < 0$ 时,则说明电路元件实际是吸收功率;当 $p_{\text{发}} > 0$ 时,则说明电路元件实际是发出功率。

从上述结果可知 $p_{\text{吸}} = - p_{\text{发}}$ 或 $p_{\text{发}} = - p_{\text{吸}}$,即对同一个电路元件而言, $p_{\text{吸}}$ 与 $p_{\text{发}}$ 互为相反数,即不论用哪一种“功率定义”描述,所得结果都是相同且正确的。

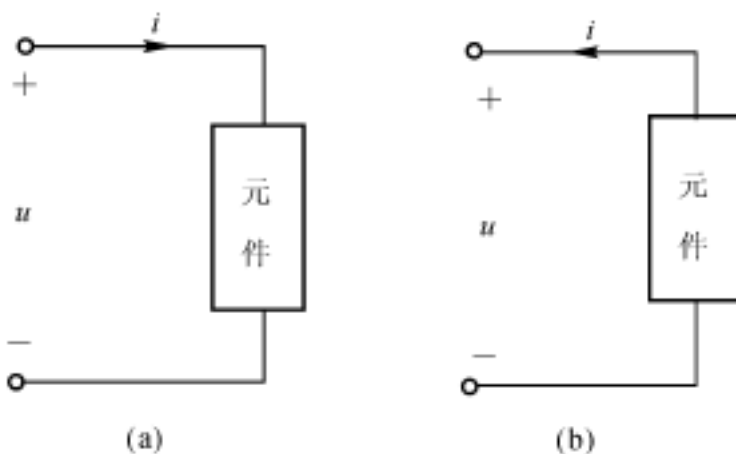


图 1.3.1 电路元件的功率

如果电压 u 与电流 i 为非关联方向,如图 1.3.1(b)所示,用“吸收功率”的定义描述,则电路元件吸收的功率为

$$p_{\text{吸}} = - ui$$

当 $p_{\text{吸}} > 0$ 时,则说明电路元件实际是吸收功率;当 $p_{\text{吸}} < 0$ 时,则说明电路元件

实际是发出功率。

若用“发出功率”的定义描述,则图 1.3.1(b)所示电路元件发出的功率为

$$p_{\text{发}} = ui$$

当 $p_{\text{发}} < 0$ 时,则说明电路元件实际是吸收功率;当 $p_{\text{发}} > 0$ 时,则说明电路元件实际是发出功率。

从上述结果同样可知 $p_{\text{吸}} = -p_{\text{发}}$ 或 $p_{\text{发}} = -p_{\text{吸}}$,即对同一个电路元件而言, $p_{\text{吸}}$ 与 $p_{\text{发}}$ 互为相反数,即不论用哪一种“功率定义”描述,所得结果都是相同且正确的。

因为电压 u 与电流 i 都是标量,故电功率 $p = ui$ 或 $p = -ui$ 也是标量。

例 1.3.1 如图 1.3.1(a)所示,已知 $u = 10 \text{ V}$, $i = -2 \text{ A}$;如图 1.3.1(b),已知 $u = -10 \text{ V}$, $i = 2 \text{ A}$ 。试判断电路元件实际是吸收功率还是发出功率。

解 不论是用“发出功率”的定义,还是用“吸收功率”的定义求解,都会得到相同的解答。对于图 1.3.1(a),用“发出功率”的定义求解。因为 u 与 i 为关联方向,故该电路元件发出的功率为

$$p_{\text{发}} = -ui = -10 \times (-2) = 20 \text{ W}$$

因为 $p_{\text{发}} = 20 \text{ W} > 0$,故该电路元件实际是发出功率。

对于图 1.3.1(b),用“吸收功率”的定义求解。因为 u 与 i 为非关联方向,故该电路元件吸收的功率为

$$p_{\text{吸}} = -ui = -(-10) \times 2 = 20 \text{ W}$$

因为 $p_{\text{吸}} = 20 \text{ W} > 0$,故该电路元件实际是吸收功率。

思考与练习

1.3.1 图 1.3.2 所示电路,试求图(a)电路元件 A 吸收的功率和图(b)电路元件 B 发出的功率。

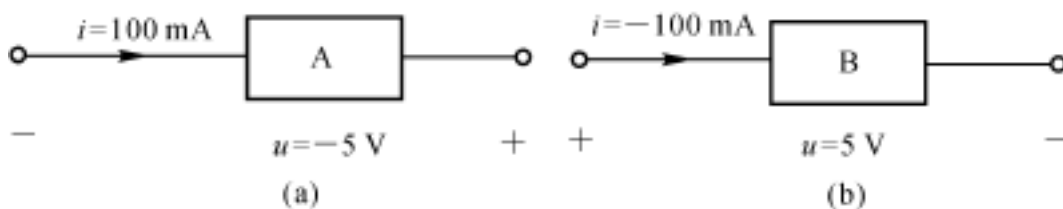


图 1.3.2 练习 1.3.1 用图

1.3.2 图 1.3.3 所示电路,已知 $u = 10 \text{ V}$, $i = -2 \text{ A}$,试求元件 A 发出的功率和元件 B 吸收的功率,并说明这两个功率之间的关系。

1.3.3 图 1.3.4 所示电路,已知 $u_1 = 2 \text{ V}$, $u_2 = -4 \text{ V}$, $u_3 = 6 \text{ V}$, $i = 2 \text{ A}$ 。试判断 A, B, C 元件哪个实际是发出功率,哪个实际是吸收功率。

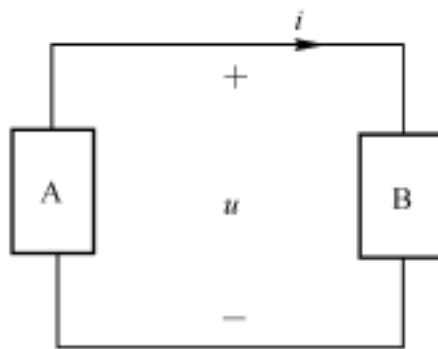


图 1.3.3 练习 1.3.2 用图

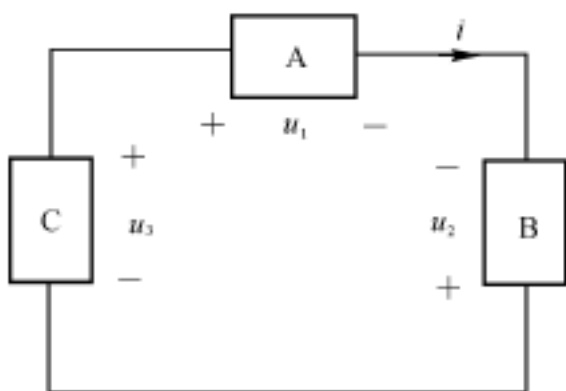


图 1.3.4 练习 1.3.3 用图

1.4 电阻元件与欧姆定律

一、定义

实际的电阻器以及电灯、电炉、电烙铁等家用电器,在实际使用时,若不考虑它们的电场效应和磁场效应,而只考虑其热效应,即可将它们视为理想电阻元件,简称电阻元件。可见,电阻元件就是实际电阻器的电路模型,它向外有两个引出端,所以电阻元件是二端电路元件,简称二端元件,如图 1.4.1 所示。

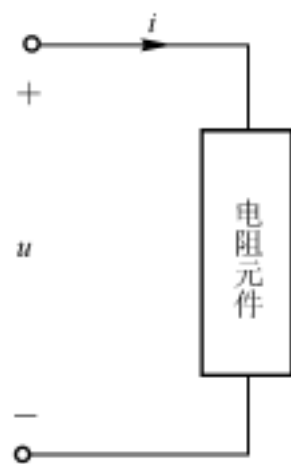


图 1.4.1 电阻元件

二、线性电阻元件

设电阻元件两端的电压 u 与其中的电流 i 为关联方向,如图 1.4.1 所示。若电阻元件的电压 u 与电流 i 的关系曲线(称为伏安关系曲线),为通过 $u-i$ (或 $i-u$) 平面上坐标原点的直线,如图 1.4.2(a),(b)所示,则称此电阻元件为线性电阻元件,简称线性电阻。线性电阻元件有如下的性质:

(1)直线的斜率为电阻元件的电阻值 R ,即

$$\tan = \frac{u}{i} = R = \text{定值}$$

可见,直线的斜率 \tan 即为电阻元件的电阻值 R ,这样就可用一个电阻 R 来作为电阻元件的电路模型,如图 1.4.2(c)所示。电阻 R 的单位为欧[姆]()。

当 α 为锐角时(如图 1.4.2(a)), $\tan \alpha = R > 0$, 电阻为正电阻, 正电阻为消耗电能的元件。当 α 为钝角时(如图 1.4.2(b)), $\tan \alpha = R < 0$, 电阻为负电阻, 负电阻为产生电能的元件。

电阻 R 的倒数 G 称为电导, 即

$$G = \frac{1}{R}$$

电导 G 的单位为西[门子](S)。

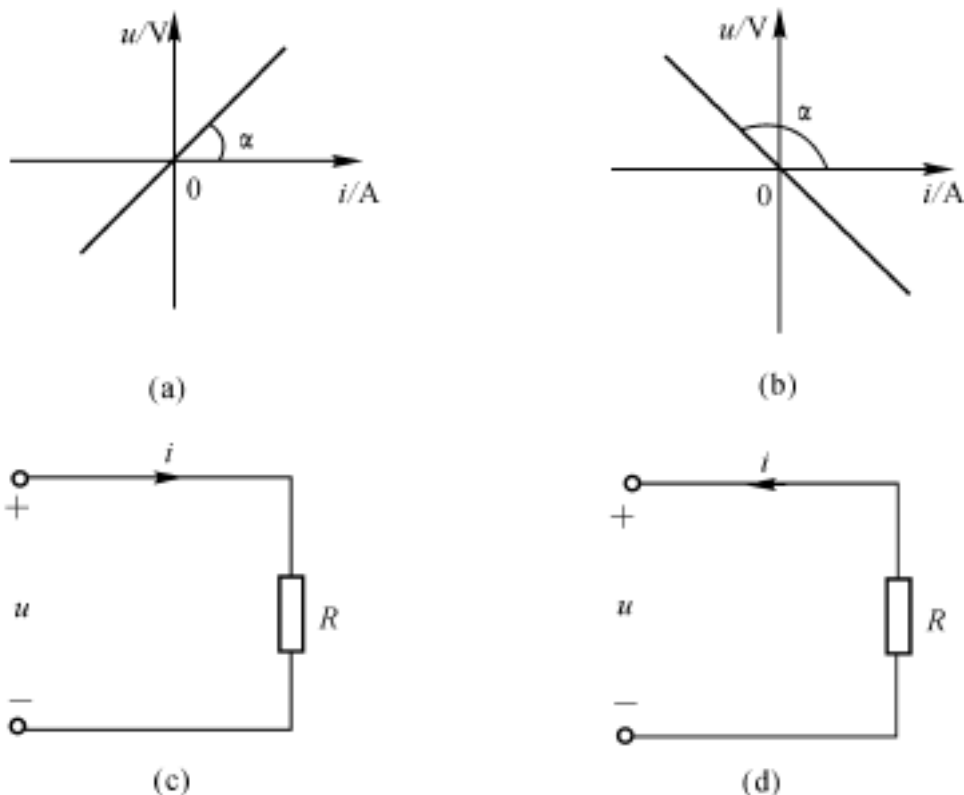


图 1.4.2 线性电阻元件

(2) $u-i$ 关系曲线关于坐标原点 0 对称, 这说明线性电阻元体具有双向性。因此在使用线性电阻元件时, 它的两个引出端是没有区别的, 在电路中可以任意连接。

(3) 其伏安关系遵循欧姆定律。对于图 1.4.2(c) (u 与 i 为关联方向), 欧姆定律为

$$u = Ri$$

或
$$i = \frac{1}{R}u = Gu$$

但若对于图 1.4.2(d) (u 与 i 为非关联方向), 则欧姆定律为

$$u = - Ri$$

或
$$i = - \frac{1}{R}u = - Gu$$

可见, 欧姆定律方程中等号右端是取“+”号还是取“-”号, 是与电压 u 的参考

极性和电流 i 的参考方向的设定密切相关。当 u 与 i 为关联方向时, 等号右端取“+”号; 当 u 与 i 为非关联方向时, 等号右端取“-”号。

在电路分析中, 为了叙述的简便, 往往并不把电阻 R 中电流 i 的参考方向及其两端电压 u 的参考极性同时都设定出来, 而是只设定两者中之一, 如图 1.4.3(a), (b) 所示, 此时不言而喻, 就认为 u 与 i 相互是关联方向, 即欧姆定律方程一定为 $u = Ri$, 等号右边取“+”号。

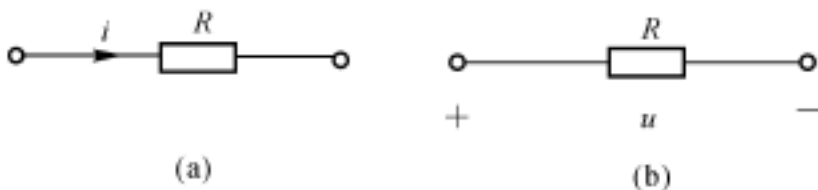


图 1.4.3 不言而喻的意义

三、线性电阻元件的功率与能量

1. 功率: 当 u 与 i 为关联方向时(见图 1.4.2(c)), 电阻 R 吸收的功率为

$$p = ui = Ri^2 = \frac{1}{R}u^2$$

当 u 与 i 为非关联方向时(见图 1.4.2(d)), 电阻 R 吸收的功率为

$$p = -ui = Ri^2 = \frac{1}{R}u^2$$

从上两式都可看出, 当阻元件为正电阻(即 $R > 0$)时, 恒有 $p > 0$, 即正电阻恒为消耗功率的元件; 当电阻元件为负电阻(即 $R < 0$)时, 恒有 $p < 0$, 即负电阻恒为发出功率的元件。

2. 电能量: 电阻元件在时间区间 $t \in [0, t]$ 内吸收的能量为

$$w(t) = \int_0^t p(\tau) d\tau = \int_0^t R[i(\tau)]^2 d\tau = R \int_0^t [i(\tau)]^2 d\tau$$

可见, 当 $R > 0$ 时, 恒有 $w(t) > 0$, 即正电阻元件恒为消耗电能的元件, 即耗能元件, 它把所吸收的电能转化为热能; 当 $R < 0$ 时, 恒有 $w(t) < 0$, 即负电阻元件恒为产生电能的元件。

思考与练习

1.4.1 如图 1.4.4 所示各电路, 求电压 u , 电流 i , 电阻 R 。

1.4.2 某用户安装的是“220V, 3A”的电表, 家中已有用电器是“220V, 60W”电灯两盏, “220, 40W”电灯两盏, “220V, 25W”电灯一盏, 85W