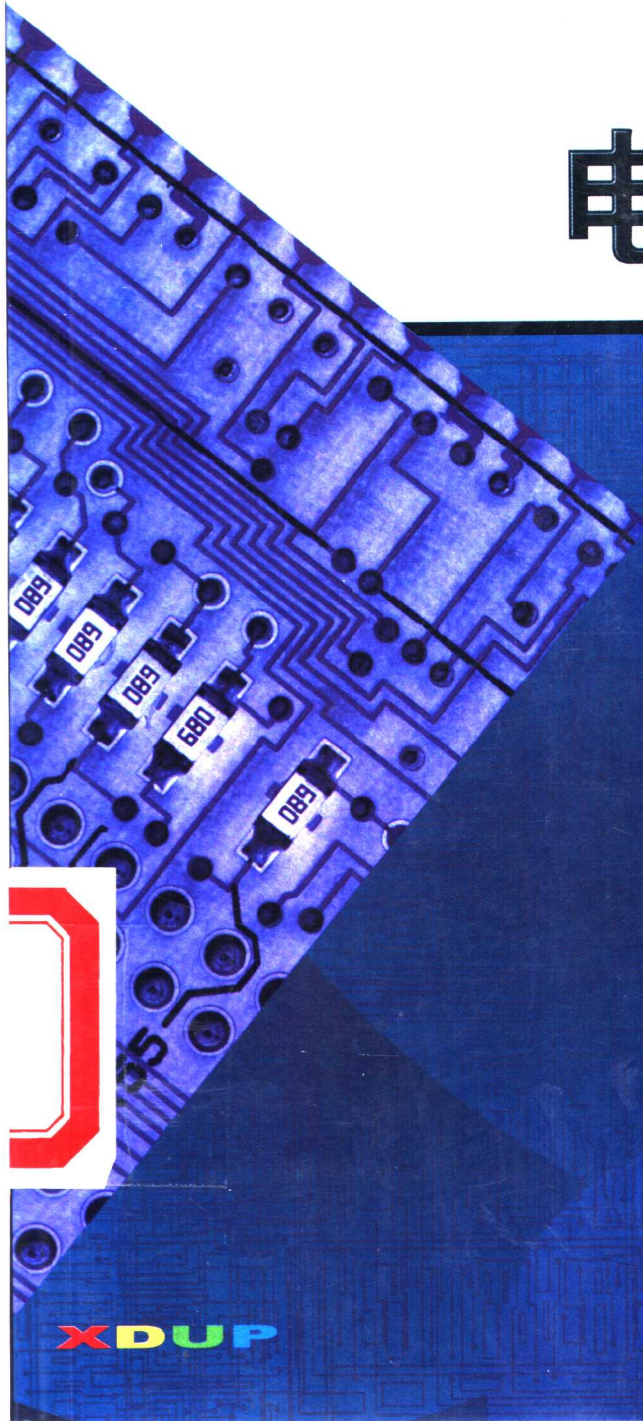


面向21世纪

高等职业技术教育电子电工类系列教材

电工基础

白乃平 主编



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

XDUP

面向 21 世纪高等职业技术教育电子电工类系列教材

电 工 基 础

主 编 白乃平

副主编 唐政平

参 编 杨荣昌 刘 军 汪宏武

西安电子科技大学出版社

2002

内 容 简 介

本书是依据教育部最新制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》编写的。主要内容有：电路的基本概念和基本定律，直流电路的分析计算，电感元件和电容元件，单相、三相正弦交流电路，互感耦合电路，非正弦周期性电流电路，线性电路中的过渡过程，磁路与铁芯线圈等。附录中介绍了常用的电工仪表。

本书可作为高等职业院校电子电工类专业或相近专业的教材，也可供有关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/白乃平主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2002. 1

电子信息类高职高专系列教材

ISBN 7 - 5606 - 1087 - 0

I. 电… II. 白… III. 电工学-高等学校: 技术学校-教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 079036 号

责任编辑 马乐惠 龙 晖

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)8227828 邮 编 710071

http: //www. xduph. com E-mail: xduph@pub. xidianonline. com

经 销 新华书店

印 刷 陕西乾兴印刷厂

版 次 2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 16. 375

字 数 380 千字

印 数 1~4000 册

定 价 18. 00 元

ISBN 7 - 5606 - 1087 - 0/TM · 0016

XDUP 1358001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本书封面贴有西安电子科技大学出版社的激光防伪标志, 无标志者不得销售。

陕西省高等职业技术教育电子电工类系列教材

编委会名单

顾问	齐管社	陕西省教育厅职业教育与成人教育处处长
主任委员	田和平	陕西省职业技术教育学会理事长
	刘康	陕西省职业技术教育学会副理事长兼秘书长
副主任委员	莫翼翔	杨凌职业技术学院副院长
	吕庆	西安铁路运输学校副校长
	王有存	西安航空职业技术学院院长
	李周广	陕西邮电学校副校长
	文建先	陕西石油化工学校副校长
	杨建民	陕西咸阳纺织工业学校副校长
	张志平	陕西煤炭工业学校副校长

电子电工教学委员会委员	王康兴	周雪	唐政平
	王瑛	郭宗智	吕根民

项目策划

梁家新

前 言

本书是依据 1999 年 8 月教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》的精神,参照陕西省职业技术教育学会电子电工教学委员会组织讨论并确定的高等职业院校电子电工类专业“电工基础”教学大纲编写的,供高等职业院校电子电工类专业使用。

作者在编写本书的过程中,尽量考虑高职的特点,结合自己的教学经验,以精练为原则,注意深度和广度的结合,注意知识的内在联系和相互之间的逻辑关系。避免繁琐的数学分析,加强物理概念的阐述,力求深入浅出,通俗易懂,以便读者阅读。书中带“*”号的内容和附录可根据实际情况选学。

书中有典型例题和习题,每节后还备有思考题,以便读者掌握基本内容,提高分析问题和解决问题的能力。

书中第 1、2 章由白乃平编写,第 3、5 章由刘军编写,第 4 章由汪宏武编写,第 6、7 章由杨荣昌编写,第 8、9 章和附录由唐政平编写。全书由白乃平统稿。西安电子科技大学的陈生潭老师审阅了全稿,在此谨表谢意。

限于编写水平,书中错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2001 年 8 月

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1
1.1 电路和电路模型	1
1.1.1 电路	1
1.1.2 理想电路元件	2
1.1.3 电路模型	2
1.2 电流、电压及其参考方向	3
1.2.1 电流及其参考方向	3
1.2.2 电压及其参考方向	4
1.2.3 电位	5
1.3 电功率和电能	5
1.4 电阻元件和欧姆定律	7
1.5 电压源和电流源	8
1.6 基尔霍夫定律	10
1.6.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	11
1.6.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	11
第 2 章 直流电阻电路的分析计算	18
2.1 电阻的串联和并联	18
2.1.1 等效网络的定义	18
2.1.2 电阻的串联	19
2.1.3 电阻的并联	20
2.1.4 电阻的串、并联	21
2.2 电阻的星形连接与三角形连接的等效变换	23
2.3 两种实际电源模型的等效变换	26
2.4 支路电流法	28
2.5 网孔法	30
2.6 节点电压法	32
2.7 叠加定理	36
2.8 戴维南定理	38
*2.9 含受控源电路的分析	41
2.9.1 受控源	41
2.9.2 含受控源电路的分析	42
第 3 章 电感元件与电容元件	52
3.1 电容元件	52
3.1.1 电容元件的基本概念	52
3.1.2 电容元件的 $u-i$ 关系	53
3.1.3 电容元件的储能	53

3.2 电容的串、并联	55
3.2.1 电容器的并联	55
3.2.2 电容器的串联	56
3.3 电感元件	58
3.3.1 电感元件的基本概念	58
3.3.2 电感元件的 $u-i$ 关系	59
3.3.3 电感元件的储能	59
第4章 正弦交流电路	65
4.1 正弦量的基本概念	65
4.1.1 正弦交流电的三要素	65
4.1.2 相位差	67
4.2 正弦量的有效值	69
4.2.1 有效值的定义	69
4.2.2 正弦量的有效值	70
4.3 正弦量的相量表示法	70
4.3.1 复数及四则运算	71
4.3.2 正弦量的相量表示法	72
4.4 正弦电路中的电阻元件	74
4.4.1 电阻元件上电压与电流的关系	74
4.4.2 电阻元件上电压与电流的相量关系	75
4.4.3 电阻元件的功率	76
4.5 正弦电路中的电感元件	78
4.5.1 电感元件上电压和电流的关系	78
4.5.2 电感元件上电压和电流的相量关系	79
4.5.3 电感元件的功率	79
4.6 正弦电路中的电容元件	81
4.6.1 电容元件上电压与电流的关系	81
4.6.2 电容元件上电压与电流的相量关系	82
4.6.3 电容元件的功率	82
4.7 基尔霍夫定律的相量形式	84
4.7.1 相量形式的基尔霍夫电流定律	84
4.7.2 相量形式的基尔霍夫电压定律	85
4.8 复阻抗、复导纳及其等效变换	86
4.8.1 复阻抗与复导纳	86
4.8.2 复阻抗与复导纳的等效变换	88
4.9 RLC 串联电路	90
4.9.1 电压与电流的关系	90
4.9.2 电路的性质	90
4.9.3 阻抗串联电路	91
4.10 RLC 并联电路	94
4.10.1 阻抗法分析并联电路	94
4.10.2 导纳法分析并联电路	95
4.10.3 多阻抗并联	96

4.11 正弦交流电路的相量分析法	98
4.11.1 网孔电流法	98
4.11.2 节点法	99
4.12 正弦交流电路的功率	100
4.12.1 瞬时功率 p	100
4.12.2 有功功率 P	100
4.12.3 无功功率 Q	101
4.12.4 视在功率 S	101
4.12.5 功率三角形	102
4.13 功率因数的提高	103
4.13.1 提高功率因数的意义	103
4.13.2 提高功率因数的方法	104
4.14 谐振	106
4.14.1 串联谐振	106
4.14.2 并联谐振	109
第5章 三相正弦交流电路	119
5.1 三相电源	119
5.1.1 三相对称正弦交流电压	119
5.1.2 三相电源的星形(Y)连接	120
5.1.3 三相电源的三角形(Δ)连接	121
5.2 三相负载	122
5.2.1 负载的星形(Y)连接	123
5.2.2 负载的三角形(Δ)连接	125
5.3 对称三相电路的分析计算	126
5.3.1 对称星形电路的特点	127
5.3.2 对称三相电路的一般解法	128
5.4 不对称三相电路的分析计算	131
5.4.1 位形图	132
5.4.2 中点电压法	132
5.5 三相电路的功率	135
5.5.1 三相电路的有功功率、无功功率、视在功率和功率因数	135
5.5.2 对称三相电路的瞬时功率	137
第6章 互感电路	143
6.1 互感与互感电压	143
6.1.1 互感现象	143
6.1.2 互感系数	144
6.1.3 耦合系数	144
6.1.4 互感电压	145
6.2 同名端及其判定	145
6.2.1 同名端	146
6.2.2 同名端的测定	146
6.2.3 同名端原则	147
6.3 具有互感电路的计算	148

6.3.1 互感线圈的串联	148
6.3.2 互感线圈的并联	150
*6.4 空芯变压器	152
第7章 非正弦周期性电流电路	158
7.1 非正弦周期量及其分解	158
7.2 非正弦周期电流电路中的有效值、平均值和平均功率	163
7.2.1 有效值	163
7.2.2 平均值	164
7.2.3 平均功率	165
7.3 非正弦周期电流电路的计算	167
第8章 线性电路的过渡过程	173
8.1 换路定律与初始条件	173
8.1.1 过渡过程的概念	173
8.1.2 换路定律	174
8.1.3 初始值的计算	174
8.2 一阶电路的零输入响应	177
8.2.1 RC 串联电路的零输入响应	177
8.2.2 RL 串联电路的零输入响应	180
8.3 一阶电路的零状态响应	182
8.3.1 RC 串联电路的零状态响应	182
8.3.2 RL 串联电路的零状态响应	184
8.4 一阶电路的全响应	187
8.5 一阶电路的三要素法	190
*8.6 RLC 串联电路的零输入响应	195
第9章 磁路与铁芯线圈	204
9.1 铁磁性物质	204
9.1.1 铁磁性物质的磁化	204
9.1.2 磁化曲线	205
9.1.3 铁磁性物质的分类	207
9.2 磁路和磁路定律	208
9.2.1 磁路	208
9.2.2 磁路定律	209
9.2.3 磁路的欧姆定律	210
9.3 简单直流磁路的计算	210
9.4 交流铁芯线圈及等效电路	213
9.4.1 电压、电流和磁通	213
9.4.2 磁滞和涡流的影响	215
9.4.3 交流铁芯线圈的等效电路	216
9.4.4 伏安特性和等效电感	218
9.5 电磁铁	219
9.5.1 直流电磁铁	220
9.5.2 交流电磁铁	221

9.5.3 交流电磁铁的特点	222
附录 常用电工仪表简介	225
附录 A 常用电工指示仪表的一般知识	225
附录 B 常用指示仪表的工作原理	227
附录 C 电流、电压的测量	231
附录 D 电功率的测量	233
附录 E 电阻的测量	236
习题参考答案	240
参考文献	250

第1章

电路的基本概念和基本定律

本章介绍了电路和电路模型，电路的主要物理量，电流、电压参考方向的概念，着重阐述了电阻元件、电压源、电流源的元件特性和反映元器件连接特性的基本定律——基尔霍夫定律。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路

电路是电流的流径，它是由一些电气设备和元器件按一定方式连接而成的。复杂的电路呈网状，又称网络。电路和网络这两个术语是通用的。

电路的组成方式不同，功能也就不同，它的一种作用是实现电能的传输和转换，各类电力系统就是典型实例。图 1.1(a) 是一种简单的实际电路，它由干电池、开关、小灯泡和连接导线等组成。当开关闭合时，电路中有电流通过，小灯泡发光，干电池向电路提供电能；小灯泡是耗能器件，它把电能转化为热能和光能；开关和连接导线的作用是把干电池和小灯泡连接起来，构成电流通路。

电路的另一种作用是实现信号的处理，收音机和电视机电路就是这类实例。收音机和电视机中的调谐电路是用来选择所需要的信号的。由于收到的信号很弱，需要放大电路对信号进行放大。调谐电路和放大电路的作用就是完成对信号的处理。

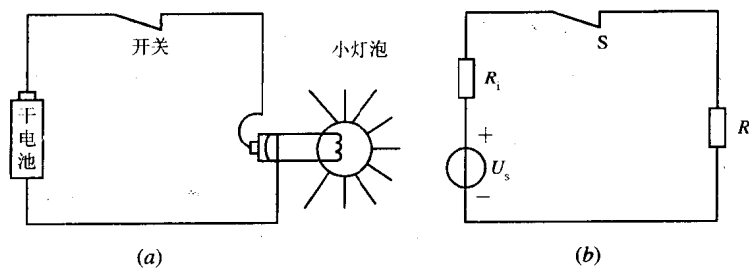


图 1.1 电路的组成

电路中提供电能或信号的器件，称为电源，如图 1.1(a) 中的干电池。电路中吸收电能或输出信号的器件，称为负载，如图 1.1(a) 中的小灯泡。在电源和负载之间引导和控制电

流的导线和开关等是传输控制器件。因此，电路是通过传输控制器件将电源和负载连接起来而构成的。电路的基本作用是实现电能传输或信号处理功能。

1.1.2 理想电路元件

组成电路的实际电气器件是多种多样的，其电磁性能的表现往往是相互交织在一起的。但在研究时，为了便于分析，常常在一定条件下对实际器件加以理想化，只考虑其中起主要作用的某些电磁现象，而将次要现象忽略，或者将一些电磁现象分别表示。例如图 1.1(a)中，在电流的作用下，小灯泡不但发热消耗电能，而且在其周围还会产生一定的磁场。由于产生的磁场较弱，因此，可以只考虑其消耗电能的性能而忽略其磁场效应；干电池不但在其正负极间能保持有给定的电压对外部提供电能，而其内部也有一定的电能损耗，可以将其提供电能的性能与内部电能损耗分别表示；对闭合的开关和导线则只考虑导电性能而忽略其本身的电能损耗。

如上所述，在一定的条件下，我们用足以反映其主要电磁性能的一些理想电路元件或它们的组合来模拟实际电路中的器件。理想电路元件是一种理想化的模型，简称为电路元件。每一种电路元件都只表示一种电磁现象，各具有某种确定的电磁性能和精确的数学定义。我们常见的电路元件是一些所谓的集中参数元件，元件特性由其端点上的电流和电压来确切表达。当构成电路及电路本身的尺寸远小于电路工作时的电磁波的波长时，称这些元件为集中参数元件。由集中参数元件组成的电路称为集中参数电路。例如，电阻元件是一种只表示消耗电能的元件；电感元件是表示其周围空间存在着磁场而可以储存磁场能量的元件；电容元件是表示其周围空间存在着电场而可以储存电场能量的元件等。

上述这些电路元件通过引出端互相连接。对具有两个引出端的元件，称为二端元件；对具有两个以上引出端的元件，称为多端元件。

1.1.3 电路模型

实际电路可以用一个或若干个理想电路元件经理想导体连接起来模拟，这便构成了电路模型。图 1.1(b)是图 1.1(a)的电路模型。实际器件和电路的种类繁多，而理想电路元件只有有限的几种，用理想电路元件建立的电路模型将使电路的研究大大简化。建立电路模型时应使其外部特性与实际电路的外部特性尽量近似，但两者的性能并不一定也不可能完全相同。同一实际电路在不同条件下往往要求用不同的电路模型来表示。例如，一个线圈在低频时可以只考虑其中的磁场和耗能，甚至有时只考虑磁场就可以了。但在高频时则应考虑电场的影响，在直流时就只需考虑耗能了。所以建立电路模型一般应指明它们的工作条件。

在电路理论中，我们研究的是由理想元件所构成的电路模型及其一般性质。借助于这种理想化的电路模型可分析和研究实际电路——无论它是简单的还是复杂的，都可以通过理想化的电路模型来充分描述。理想化的电路模型也简称为电路。

思 考 题

1. 什么叫电路模型？建立电路模型时应注意什么问题？
2. 电工基础课程研究的主要对象是什么？

1.2 电流、电压及其参考方向

1.2.1 电流及其参考方向

带电粒子(电子、离子等)的定向运动,称为电流。电流的量值(大小)等于单位时间内穿过导体横截面的电荷量,用符号 i 表示,即

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

式中, Δq 为极短时间 Δt 内通过导体横截面的电荷量。

电流的实际方向为正电荷的运动方向。

当电流的量值和方向都不随时间变化时,则 dq/dt 为定值,这种电流称为直流电流,简称直流(DC)。直流电流常用英文大写字母 I 表示。对于直流,式(1.1)可写成

$$I = \frac{q}{t} \quad (1.2)$$

式中, q 为时间 t 内通过导体横截面的电荷量。

量值和方向随着时间按周期性变化的电流,称为交流电流,常用英文小写字母 i 表示。

在国际单位制(SI)中,电流的 SI 主单位是安[培],符号为 A。电流的十进倍数单位和分数单位,常用的有千安(kA),毫安(mA),微安(μA)等。它们之间的换算关系是

$$1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$$

在复杂电路的分析中,电路中电流的实际方向很难预先判断出来;有时,电流的实际方向还会不断改变。因此,很难在电路中标明电流的实际方向。为此,在分析与计算电路时,常可任意规定某一方向作为电流的参考方向或正方向,并用箭头表示在电路图上。规定了参考方向以后,电流就是一个代数量了,若电流的实际方向与参考方向一致(如图 1.2(a)所示),则电流为正值;若两者相反(如图 1.2(b)所示),则电流为负值。这样,就可以利用电流的参考方向和正、负值来标明电流的实际方向。应当注意,在未规定参考方向的情况下,电流的正、负号是没有意义的。

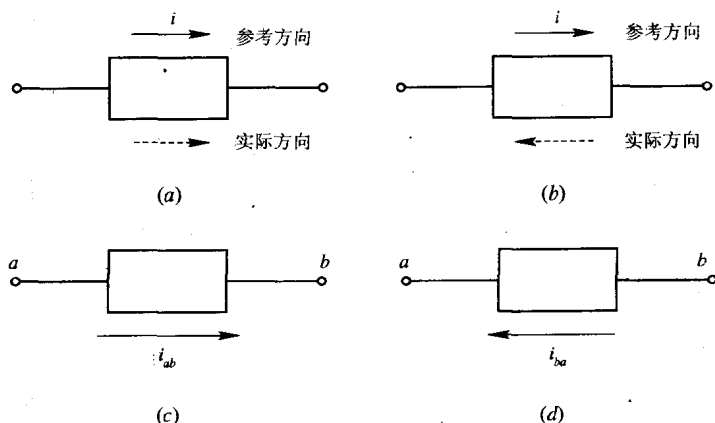


图 1.2 电流的参考方向

电流的参考方向除用箭头在电路图上表示外,还可用双下标表示,如对某一电流,用 i_{ab} 表示其参考方向由 a 指向 b (如图 1.2(c) 所示)。用 i_{ba} 表示其参考方向由 b 指向 a (如图 1.2(d) 所示)。显然,两者相差一个负号,即

$$i_{ab} = -i_{ba}$$

1.2.2 电压及其参考方向

当导体中存在电场时,电荷在电场力的作用下运动,电场力对运动电荷做功,运动电荷的电能将减少,电能转化为其他形式的能量。电路中 A 、 B 两点间的电压是单位正电荷在电场力的作用下由 A 点移动到 B 点所减少的电能,即

$$u_{AB} = \lim_{\Delta q \rightarrow 0} \frac{\Delta W_{AB}}{\Delta q} = \frac{dW_{AB}}{dq} \quad (1.3)$$

式中, Δq 为由 A 点移动到 B 点的电荷量, ΔW_{AB} 为移动过程中电荷所减少的电能。

电压的实际方向是使正电荷电能减少的方向,当然也是电场力对正电荷做功的方向。

在国际单位制中,电压的 SI 单位是伏[特],符号为 V。电压的十进倍数和分数单位,常用的有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V)等。

量值和方向都不随时间变化的直流电压,用大写字母 U 表示。量值和方向随着时间按周期性变化的交流电压,用小写字母 u 表示。

与电流类似,在电路分析中也要规定电压的参考方向,通常用三种方式表示:

(1) 采用正(+)、负(-)极性表示,称为参考极性,如图 1.3(a) 所示。这时从正极性端指向负极性端的方向就是电压的参考方向。

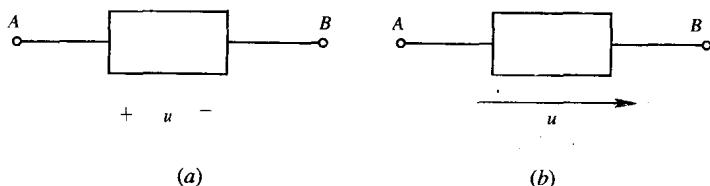


图 1.3 电压的参考方向

(2) 采用实线箭头表示,如图 1.3(b) 所示。

(3) 采用双下标表示,如 u_{AB} 表示电压的参考方向由 A 指向 B 。

电压的参考方向指定之后,电压就是代数量。当电压的实际方向与参考方向一致时,电压为正值;当电压的实际方向与参考方向相反时,电压为负值。

分析电路时,首先应该规定各电流、电压的参考方向,然后根据所规定的参考方向列写电路方程。不论电流、电压是直流还是交流,它们均是根据参考方向写出的。参考方向可以任意规定而不影响计算结果,因为参考方向相反时,解出的电流、电压值也要改变正负号,最后得到的实际结果仍然相同。

任一电路的电流参考方向和电压参考方向可以分别独立地规定。但为了分析方便,常使同一元件的电流参考方向与电压参考方向一致,即电流从电压的正极性端流入该元件而从它的负极性端流出。这时,该元件的电压参考方向与电流参考方向是一致的,称为关联参考方向(如图 1.4 所示)。

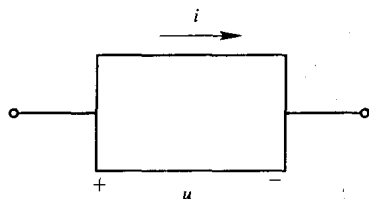


图 1.4 电流和电压的关联参考方向

1.2.3 电位

分析电子电路，常用到电位这一物理量。在电路中任选一点，叫做参考点，则某点的电位就是由该点到参考点的电压。也就是说，如果参考点为 o ，则 a 点的电位

$$V_a = U_{ao}$$

至于参考点本身的电位，乃是参考点对参考点的电压，显然为零，所以参考点又叫零电位点。

如果已知 a 、 b 两点的电位各为 V_a 、 V_b ，则此两点间的电压

$$U_{ab} = U_{ao} + U_{ob} = U_{ao} - U_{bo} = V_a - V_b \quad (1.4)$$

即两点间的电压等于这两点的电位的差，所以电压又叫电位差。

参考点选择不同，同一点的电位就相应不同，但电压与参考点的选择无关。至于如何选择参考点，则要视分析计算问题的方便而定。电子电路中需选各有关部分的公共线作为参考点，常用符号“ $\perp$ ”表示。

思 考 题

1. 为什么要在电路图上规定电流的参考方向？请说明参考方向与实际方向的关系。
2. 电压参考方向都有哪些表示方法？

1.3 电功率和电能

电功率是电路分析中常用到的一个物理量。传递转换电能的速率叫电功率，简称功率，用 p 或 P 表示。习惯上，都把发出或接受电能说成发出或接受功率。

下面分析任一支路的功率关系。当支路电流、电压实际方向一致时，因为电流的方向是正电荷运动的方向，而正电荷沿电压方向移动时能量减少，所以这时该支路接受功率。当支路电流、电压实际方向相反时，该支路发出功率。又因

$$i = \frac{dq}{dt}, \quad u = \frac{dw}{dq}$$

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt}$$

所以转换能量的速率即功率

$$p = u \cdot i \quad (1.5)$$

即任一支路功率等于其电压与电流的乘积。

用式(1.5)计算功率时,如果电流、电压选用关联参考方向,则所得的 p 应看成支路接受的功率,即计算所得功率为正值时,表示支路实际接受功率;计算所得功率为负值时,表示支路实际发出功率。

同样,如果电流、电压选择非关联参考方向,则按式(1.5)所得的 p 应看成支路发出的功率,即计算所得功率为正值时,表示支路实际发出功率;计算所得功率为负值时,表示支路接受功率。

在直流情况下,式(1.5)可表示为

$$P = UI$$

SI制中,电压的单位为V,电流的单位为A,则功率的单位为瓦[特],简称瓦,符号为W, $1\text{ W} = 1\text{ V} \cdot \text{A}$ 。功率的十进倍数和分数单位,常用的有千瓦(kW)、兆瓦(MW)和毫瓦(mW)等。

根据式(1.5),从 t_0 到 t 时间内,电路吸收(消耗)的电能为

$$W = \int_{t_0}^t p \, dt \quad (1.6)$$

直流时,有

$$W = P(t - t_0)$$

电能的SI主单位是焦[耳],符号为J,它等于功率为1瓦的用电设备在1秒内所消耗的电能。在实际生活中还采用千瓦小时($\text{kW} \cdot \text{h}$)作为电能的单位,它等于功率为1千瓦的用电设备在1小时(3600 s)内所消耗的电能,简称为1度电。

$$1\text{ kW} \cdot \text{h} = 10^3 \times 3600 = 3.6 \times 10^6\text{ J}$$

能量转换与守恒定律是自然界的基本规律之一,电路当然遵守这一规律。一个电路中,每一瞬间,接受电能的各元件功率的总和等于发出电能的各元件功率的总和;或者说,所有元件接受的功率的总和为零。这个结论叫做“电路的功率平衡”。

例 1.1 图 1.5 所示为直流电路, $U_1 = 4\text{ V}$, $U_2 = -8\text{ V}$, $U_3 = 6\text{ V}$, $I = 4\text{ A}$, 求各元件接受或发出的功率 P_1 、 P_2 和 P_3 , 并求整个电路的功率 P 。

解 P_1 的电压参考方向与电流参考方向相关联, 故

$$P_1 = U_1 I = 4 \times 4 = 16\text{ W (接受 16 W)}$$

P_2 和 P_3 的电压参考方向与电流参考方向非关联, 故

$$P_2 = U_2 I = (-8) \times 4 = -32\text{ W (接受 32 W)}$$

$$P_3 = U_3 I = 6 \times 4 = 24\text{ W (发出 24 W)}$$

整个电路的功率 P , 设接受功率为正, 发出功率为负, 故

$$P = 16 + 32 - 24 = 24\text{ W}$$

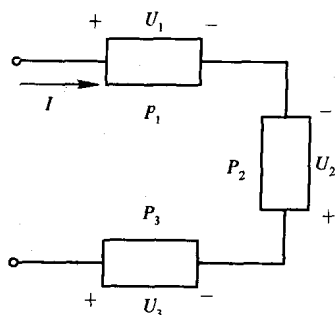


图 1.5 例 1.1 图

思考题

1. 当元件电流、电压选择关联参考方向时, 什么情况下元件接受功率? 什么情况下元件发出功率?
2. 有两个电源, 一个发出的电能为 $1000 \text{ kW} \cdot \text{h}$, 另一个发出的电能为 $500 \text{ kW} \cdot \text{h}$. 是否可认为前一个电源的功率大, 后一个电源的功率小?

1.4 电阻元件和欧姆定律

电路是由元件连接而成的, 研究电路时首先要了解各种电路元件的特性。表示电路元件特性的数学关系称为元件约束。

如果一个元件通过电流时总是消耗能量, 那么其电压的方向总是与电流的方向一致的。电阻元件就是按此而定义, 用来反映能量的消耗。电阻元件是一个二端元件, 它的电流和电压的方向总是一致的, 它的电流和电压的大小成代数关系。

电流和电压的大小成正比的电阻元件叫线性电阻元件。元件的电流与电压的关系曲线叫做元件的伏安特性曲线。线性电阻元件的伏安特性为通过坐标原点的直线, 这个关系称为欧姆定律。在电流和电压的关联参考方向下, 线性电阻元件的伏安特性如图 1.6 所示, 欧姆定律的表达式为

$$u = iR \quad (1.7)$$

式中, R 是元件的电阻, 它是一个反映电路中电能消耗的电路参数, 是一个正实常数。式中电压用 V 表示, 电流用 A 表示时, 电阻的单位是欧[姆], 符号为 Ω 。电阻的十进倍数单位有千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)等。

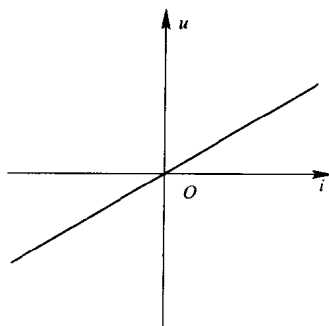


图 1.6 线性电阻的伏安特性曲线

电流和电压的大小不成正比的电阻元件叫非线性电阻元件, 本书只讨论线性电阻电路。

令 $G=1/R$, 则式(1.7)变为

$$i = uG \quad (1.8)$$

式中, G 称为电阻元件的电导, 单位是西[门子], 符号为 S 。

如果线性电阻元件的电流和电压的参考方向不关联, 则欧姆定律的表达式为

$$u = -iR \quad (1.9)$$

或

$$i = -Gu \quad (1.10)$$

在电流和电压关联参考方向下, 任何瞬时线性电阻元件接受的电功率为

$$p = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} = Gu^2 \quad (1.11)$$

由于电阻 R 和电导 G 都是正实数, 功率 p 恒为非负值。既然功率 p 不能为负值, 这就说明任何时刻电阻元件不可能发出电能, 它所接受的全部电能都转换成其他形式的能。所