



普通高等教育“十一五”规划教材

电路理论基础教程

主 编 嵇英华

副主编 张国平 刘淑琴 蔡十华



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”规划教材

电路理论基础教程

主 编 嵇英华

副主编 张国平 刘淑琴 蔡十华

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是按照教育部本科生“电路分析”课程要求编写而成的。全书系统地介绍了电路基础知识,并着重讲述了电路分析的基本原理和基本分析方法,内容包括:电路模型与基本规律,电阻电路分析的一般方法,电路定理,动态电路的时域分析,线性电路的正弦稳态分析,拉普拉斯变换和网络函数,双口网络,线性电路矩阵分析,有源滤波器分析和快速设计等,在最后一章介绍了 Multisim 2001 仿真软件,并提供了计算机辅助设计在电路教学中的范例应用。本书的主要特点是从电路分析与后续课程的知识点衔接出发,承上启下,把二极管、晶体管、理想运算放大器等知识贯穿在章节中,并在复习思考题中提供了相应的练习,为后续专业课打下扎实的理论基础。

本书可作为高等院校电子信息、电气工程、自动控制、通信工程、计算机科学与技术等专业的本科教材,也可作为成人教育的教材和相关专业科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电路理论基础教程/嵇英华主编. —北京:科学出版社,2008

(普通高等教育“十一五”规划教材)

ISBN 978-7-03-022869-7

I. 电… II. 嵇… III. 电路理论-高等学校-教材 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 131896 号

责任编辑:贾瑞娜 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京智力达印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 11 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2008 年 11 月第一次印刷 印张: 23 3/4

印数: 1—3 500 字数: 452 000

定价: 35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新伟〉)

前 言

“电路分析”课程是电子信息类、自动化控制等工科专业的基础课程,是学生接触专业知识的第一门课程。本书是按照教育部本科生“电路分析”课程要求编写而成的,以培养应用型人才为目的,以应用、实用为原则,适应知识更新和课程体系改革需要,既便于教师参考又便于学生自学。

本书内容由浅入深,主要由三部分组成:

(1) 电路分析基础,即第 1~7 章,其中第 1~2 章主要介绍了电路模型和电路分析的基本规律(电路元件约束规律、电路拓扑结构约束规律);第 3、4 章介绍电阻电路分析方法、电路基本定理及其应用;第 5、6 章介绍动态电路和正弦稳态分析的基本方法;第 7 章介绍三相电路基本知识。

(2) 频域分析与网络系统,即第 8~10 章,重点阐述了拉普拉斯变化与网络函数、双口网络和线性电路矩阵分析法。

(3) 现代电路系统设计,即第 11~12 章,介绍了有源滤波器设计基础与快速设计方法、计算机辅助设计技术。结合相关内容介绍了电路分析与仿真软件 Multisim 的应用,讲解了相关的分析仿真功能。

在保证教材结构体系完整的前提下,本书注重基本概念、基本方法和基本原理,并从电路分析与后续课程的知识点衔接出发,承上启下,把二极管、晶体管等效电路、理想运算放大器、回转器、负阻抗变换器等知识贯穿在相应的章节中,尤其是运算放大器作为电子信息技术领域应用非常广泛的器件,理想运算放大器的运用与分析在各结构部分都有体现,并在复习思考题中提供了相应的练习,为后续专业课打下扎实的理论基础。

全书共分 12 章,嵇英华编写第 1、5 章并负责全书统稿,张国平编写第 3、6、9、12 章,刘淑琴编写第 4、7、10、11 章,蔡十华编写第 2、8 章并主要负责全书电路图的编辑工作。

江西师范大学“电路分析”课程是江西省优质建设课程,是江西师范大学电气类专业平台课程体系中的基础核心课程,面向电子信息与通信工程专业学生和其他院系部分学生开设。电路理论课程的教学改革主要是要实现课程考核向过程考核转移,着重培养学生的工程意识。非常感谢江西省教育厅和江西师范大学对精品课程建设的大力支持。感谢赖慧芳、陈志铨和周腾飞三位研究生为本书所做的工作。

衷心感谢科学出版社多位编辑为本书的出版付出的辛勤劳动。

限于编者水平,书中难免有错误或不完善之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2008年6月

目 录

前言

第 1 章 电路模型和基本规律	1
1.1 电路模型和集中参数假设	1
1.1.1 电路模型	1
1.1.2 集中参数假设	2
1.2 电路的基本变量和关联参考方向	3
1.2.1 电流	3
1.2.2 电压	4
1.2.3 关联参考方向	5
1.3 电功率	6
1.4 基尔霍夫定律	8
1.4.1 电路中的几个常用名词	8
1.4.2 基尔霍夫电流定律	9
1.4.3 基尔霍夫电压定律	11
习题	12
第 2 章 电路元件	15
2.1 理想二端电路元件的分类	15
2.2 理想二端电路元件	16
2.2.1 二端电阻元件	16
2.2.2 二端电感元件	23
2.2.3 二端电容元件	27
2.3 独立电源	31
2.3.1 独立电源	31
2.3.2 实际电源	34
2.4 基本信号	36
2.4.1 复指数信号	36
2.4.2 阶跃函数	36
2.4.3 冲激函数	38
2.5 多端元件	39
2.5.1 受控电源	39

2.5.2	回转器	42
2.5.3	理想变压器	43
2.5.4	耦合电感	46
2.6	运算放大器	49
2.6.1	运算放大器简介	49
2.6.2	理想运算放大器的基本特性	49
2.6.3	理想运算放大器的简单应用	50
	习题	53
第3章	电阻电路分析的一般方法	61
3.1	支路电流法	61
3.2	节点电压分析法	63
3.3	网孔电流分析法	73
	习题	79
第4章	电路定理	86
4.1	线性电路和叠加定理	86
4.2	替代定理	91
4.3	戴维南定理与诺顿定理	94
4.3.1	戴维南定理	94
4.3.2	诺顿定理	95
4.3.3	定理应用分析	96
4.4	互易定理	104
4.5	最大功率传输定理	107
	习题	110
第5章	动态电路的时域分析	114
5.1	动态电路的初始条件	114
5.2	常系数微分方程经典解法	118
5.3	一阶 RC 电路的响应	119
5.3.1	一阶 RC 电路的电路方程	119
5.3.2	一阶 RC 电路的零输入响应	120
5.3.3	一阶 RC 电路的零状态响应	122
5.4	一阶 RL 电路的响应	124
5.4.1	一阶 RL 电路的电路方程	124
5.4.2	一阶 RL 电路的零输入响应	125
5.4.3	一阶 RL 电路的零状态响应	126
5.5	一阶电路分析的三要素法	128

5.6 简单二阶动态电路	134
5.6.1 RLC 串联电路方程的建立	134
5.6.2 RLC 串联电路的零输入响应	135
5.6.3 RLC 串联电路对阶跃函数的零状态响应	138
5.6.4 一般二阶电路分析	141
习题	144
第 6 章 正弦稳态分析	151
6.1 正弦稳态分析基础	151
6.1.1 正弦量及其三要素	151
6.1.2 复数基础知识简介	155
6.1.3 基尔霍夫定律的相量形式	159
6.2 阻抗、导纳和相量模型	162
6.2.1 三种基本元件(R 、 L 和 C)的 VCR 的相量形式	162
6.2.2 阻抗和导纳	166
6.3 正弦稳态混联电路的分析	171
6.3.1 节点电压分析法	171
6.3.2 网孔电流分析法	174
6.3.3 戴维南定理和诺顿定理的应用	175
6.3.4 正弦稳态电路的相量图求解法	176
6.4 含有耦合电感和变压器的正弦稳态电路的分析	178
6.4.1 耦合电感 VCR 的相量形式	178
6.4.2 耦合电感的等效电路	178
6.4.3 含有耦合电感和理想变压器的正弦稳态电路的计算	181
6.5 正弦交流电路中的功率	182
6.5.1 二端网络的瞬时功率	182
6.5.2 二端网络的平均功率	183
6.5.3 二端网络的无功功率	184
6.5.4 二端网络的功率因数和视在功率	186
6.5.5 二端网络的复功率	187
6.5.6 正弦稳态电路中的二端网络的最大功率传输	189
6.6 非正弦周期信号激励下的稳态电路的分析	191
6.6.1 电路与电子技术中常见的非正弦周期性信号的傅里叶级数的表示	192
6.6.2 非正弦周期性信号的有效值和平均功率	194
6.6.3 非正弦周期性信号激励下的电路的稳态响应	195
习题	197

第 7 章 三相电路	206
7.1 三相交流电路	206
7.1.1 对称三相电源	206
7.1.2 三相电源的连接法	208
7.1.3 三相电路	210
7.2 对称三相电路的计算	210
7.2.1 Y_0 - Y_0 连接的对称三相电路	210
7.2.2 Y - Δ 连接的对称三相电路	212
7.3 不对称三相电路	214
7.4 三相电路的功率及测量	218
7.4.1 对称三相电路的功率、功率因数	218
7.4.2 不对称三相电路的功率、功率因数	219
7.4.3 三相功率的测量	220
习题.....	222
第 8 章 电路复频域分析法与网络函数	226
8.1 拉普拉斯变换	226
8.2 拉普拉斯变换的基本性质	227
8.3 拉普拉斯反变换	230
8.4 运算电路	233
8.4.1 基尔霍夫定律的运算表达式	233
8.4.2 理想电路元件 VCR 的运算表达式及运算模型	233
8.4.3 运算分析方法	234
8.5 网络函数	237
8.6 电路的频率响应	240
8.6.1 正弦稳态的网络函数	241
8.6.2 网络函数的频率特性	241
8.6.3 RC 电路的频率特性	241
8.7 谐振电路的频率响应	246
8.7.1 RLC 串联谐振电路	246
8.7.2 RLC 并联谐振电路	249
习题.....	251
第 9 章 双口网络	255
9.1 双口网络的参数	255
9.1.1 双口网络的导纳矩阵与 Y 参数	256
9.1.2 双口网络的阻抗矩阵与 Z 参数	258

9.1.3	双口网络的混合矩阵与混合参数	260
9.1.4	双口网络的传输矩阵与传输参数	262
9.1.5	双口网络的各种参数之间的相互转换	266
9.2	双口网络的等效电路	269
9.2.1	Z 参数等效电路	270
9.2.2	Y 参数等效电路	270
9.2.3	H 参数等效电路	271
9.3	双口网络的连接	273
9.3.1	双口网络的级联	273
9.3.2	双口网络的串联	275
9.3.3	双口网络的并联	276
9.3.4	双口网络的混联	278
9.4	负阻抗变换器	279
习题	280
第 10 章	图论	286
10.1	图论的基本定理	286
10.2	回路分析	288
10.2.1	回路分析的两个基本规律	288
10.2.2	线性时不变网络的回路分析	291
10.2.3	回路阻抗矩阵的性质	293
10.3	割集分析	294
10.3.1	割集分析的两个基本规律	294
10.3.2	线性时不变网络的割集分析	296
10.3.3	割集导纳矩阵的性质	296
10.4	B 和 Q 之间的关系	297
10.5	支路电压、电流关系的矩阵形式	298
10.5.1	用支路阻抗矩阵表示的支路电压、电流关系的矩阵形式	298
10.5.2	用支路导纳矩阵表示的支路电流、电压关系的矩阵形式	301
习题	304
第 11 章	滤波器设计	308
11.1	滤波器的设计基础	308
11.1.1	分贝	308
11.1.2	滤波器的定义与分类	309
11.1.3	频率和阻抗的归一化	311
11.2	有源滤波器	312

11.2.1 巴特沃思逼近的概念	312
11.2.2 有源二阶电路频率特性	315
11.3 滤波器的快速设计方法	317
习题	323
第 12 章 计算机辅助设计	326
12.1 计算机辅助设计技术简介	326
12.2 Multisim 2001 仿真软件基础	327
12.2.1 仿真软件 Multisim 2001 的简介	328
12.2.2 仿真软件 Multisim 2001 的电路应用实例	330
12.3 Multisim 2001 仿真软件在电路分析中的基本应用	333
12.4 Multisim 2001 仿真软件在电路中的高级应用	342
12.4.1 直流工作点的分析	342
12.4.2 瞬态分析	343
12.4.3 交流分析	345
12.4.4 扫描分析	347
习题	356
部分习题参考答案	359
参考文献	369

第1章 电路模型和基本规律

电路理论即根据电路模型探讨各种电路的分析计算方法和设计方法,并在此基础上研究电路的电气特性。电路理论包括两方面的内容:一是电路分析,二是电路综合设计。

电路分析是根据给定电路的结构及有关参数,计算电路各部分的电压及电流,研究电路的激励(输入)与响应(输出)之间的关系,分析电路的电气特性。电路综合是在给定电路系统的输入(激励)与输出(响应)之间的规律(或技术指标)的基础上,研究如何设计电路的形式并计算电路元件的参数,从而确定电路的结构。

本书在重点介绍电路分析的同时,为了培养学生的工程意识与应用综合能力,也简要讨论电路综合(设计)。电路分析必须满足两大约束规律:拓扑(结构)约束规律和元件约束规律,它们是电路分析与计算的基础。

1.1 电路模型和集中参数假设

1.1.1 电路模型

为了实现电能的产生、传输、分配和转换,电信号的采集、交换、传输、存储和测试等任务,人们通过设计、制造出各种实际电路元件(如电阻器、电容器、电感器、晶体管、运算放大器等),再将实际电路元件按一定的规律连接起来,以完成上述各项任务,从而形成了电路系统,通常称它们为实际电路。

电路理论以电路模型为研究对象,电路模型是由理想电路元件相互连接组成的网络来描述电路性能的一种模型。理想电路元件是指可以用一个单一参数来表征实际器件的抽象表示,具有明确的数学定义。

用理想电路元件的组合来模拟实际的电路,进而分析研究电路的电气特性是必要的和可能的。实际存在的电路器件种类繁多,功能各异,所涉及的物理过程很广泛。通常包含声、光、热、化、电、磁等方面的问题。本课程只关心其中的电磁过程,而且仅是电路中各部分的电流、电压、电荷和磁通所表征的电磁过程。这种电磁过程最后都要归结为电路的电压、电流以及它们所形成的电功率之间的关系。因此,为了进行电气特性的分析,须用一些能反映单一电磁性质的抽象化、理想化的电路元件,通过各种不同的连接方式组合而成电路模型,这是研究电路问题的常用方法。例如,理想的电阻元件是一种只表示消耗电能,产生焦耳热效应的器件;理想电容器只表示电荷及电场能量的存储;理想电感元件只表示磁通和磁场能量

的存储等。这样任何实际电路元件均可以用这些理想化元件模型或它们的组合来表征。根据已建立的电路模型,研究其中电压、电流和电功率之间的联系规律,为分析、综合和设计实际电路准备理论基础,是本课程的主要任务。如图 1.1.1 所示,基于电路模型运用电路理论和现代计算技术,我们就能够研究电路的电气特性并设计出性能超群的电子电路。

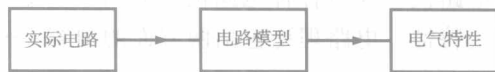


图 1.1.1 研究电路电气特性的建模过程

1.1.2 集中参数假设

常见的电路元件是集中参数元件,其电气特性是由它们端点上的电压和电流之间的关系(有时还必须涉及电荷或磁通)来确切表达的,这种关系通常可用参数来描述。有限个集中参数元件组成的电路称为集中参数电路。事实上,上述理想化电路元件的假设就是建立在集中参数假设的基础之上:一个实际电路元件可用一个参数或多个参数予以表征,而不必考虑它的几何尺寸,这种参数称为集中参数。

电路工程上,集中参数假设可以用集中化判据来表示:

$$\lambda \geq 100l$$

其中, l 为实际元件的最大线性尺寸; λ 为电路中的最高工作频率对应的波长。

集中参数假设表明:只有当实际电路的尺寸远小于电路正常工作时信号最高频率所对应的波长,电路中的电磁过程才可以分别研究,每一种物理过程才可以用一个理想化模型来表征。实际电路参数都是分布的,但在一定条件之下可用集中参数电路模型作为工程简化来进行分析计算。这种模型由若干个集中参数电路元件和一些理想导线互联而成。在这种模型中人们感兴趣的只是各个电路元件端子间的电压和流过各端子的电流,而对元件内部的物理过程不感兴趣。这样就可以约定计量电压的路径一律不经过元件内部,以便为电压与路径无关创造条件。由于全部电路元件的作用必须能体现电路中各种能量的转换出入,这样才能不仅使元件间互连的导线都理想化(无电阻),空间介质也都理想化(无漏导),传导电流只能在导线和元件中流过;而且使导线和节点都不能再积聚电荷(已由各电容元件考虑),任何回路也都不能再链接磁通(已由电感元件考虑)。这样就使得在电路模型的分析计算中,不但电压与路径无关,从而可以认为在设定参考点后,电位是单值的;而且空间不能再有位移电流,从而电路中的传导电流也可以认为必然是连续的了。总之,在集中参数假设下,可以认为电路中流动的信号仅仅是时间的函数,而与空间坐标无关,电压和电流可以表示为 $u(t)$ 和 $i(t)$, 这样基尔霍夫电路定律才能应用。

例如,我国电力系统的供电频率是50Hz,它对应的波长为 $\lambda = 6000\text{km}$ 。显然,在此频率下,实验室电路元件的尺寸 $l \ll \lambda$,元件的尺寸可忽略不计,电路可看作为集中参数电路。相反,长距离输电线路则不能看作为集中参数电路。

例 1.1.1 GSM900/1800 双频手机的工作信号频率为 900 MHz 和 1800 MHz,试判别该手机电路是否满足集中参数假设。

解 因为

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

所以

$$\lambda(900) = 0.33 \text{ m}, \quad \lambda(1800) = 0.17 \text{ m}$$

在集成电路中,元器件的尺寸一般在微米级别。因而当手机电路采用大规模集成电路时,满足集中参数假设的要求。

如果一个电路中的参数是按几何尺寸连续分布的,这种参数称为分布参数。不满足集中化假设的元件称为分布参数元件,由分布参数元件构成的电路称作分布参数电路。但是,分布参数电路理论也是建立在集中参数电路理论基础上的,一个分布参数电路可以看成是一串集中参数电路序列的极限。本书只讨论集中参数电路。

1.2 电路的基本变量和关联参考方向

电路的电气特性是通过电流、电压和电功率等物理量来描述的。在电路分析与设计中,主要是通过计算电流、电压和电功率来定量地描述电路的状态或电路元件的特征。本节讨论电路中几个常用的物理量。

1.2.1 电流

电荷的定向运动称为电流,其大小用单位时间内通过导体等势面的电荷量来计算,即

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

电荷的单位为库仑(C),电流的基本单位为安培(A), $1\text{A} = 1\text{C/s}$ 。实用中,电流的单位还有 kA, mA, μA

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

量值和方向均不随时间变化的电流,称为恒定电流,简称为直流(dc或DC);量值和方向随时间变化的电流,称为时变电流,工程上把量值和方向作周期性变化且平均值为零的时变电流称为交流(ac或AC)。

电流是标量,习惯上规定正电荷移动的方向为电流的实际方向。

在讨论分析电路时,要涉及电流和电压的方向,而事先往往很难判断出支路电压和支路电流的真实方向。为解决这个问题,可采用先任意假定它们的方向的办法,这种任意假定的方向称为参考方向。在参考方向下,电流为代数量。

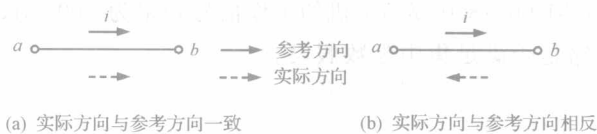


图 1.2.1 电流的参考方向与实际方向

电流参考方向用箭头来表示。当电流的参考方向与实际方向一致时,电流为正值;否则为负值,据此可以确定电流的实际方向。由此可知,在参考方向选定之后,电流就有了正值和负值之分,电流值的正负符号就反映了电流的实际方向。显然,在未标识参考方向的情况下,电流的正负是毫无意义的。



图 1.2.2 例 1.2.1 电路

例 1.2.1 图 1.2.2 所示元件 N,当 $t \leq 6\text{s}$ 时,其上电流大小为 1.2A ,方向为从 a 流向 b ;当 $t > 6\text{s}$ 时,电流大小为 3.0A ,方向为从 b 流向 a 。根据图示参考方向,写出电流 i 的数学表达式。

解 $t \leq 6\text{s}$ 时, i 的数学表达式为

$$i = 1.2 \text{ A}$$

$t > 6\text{s}$ 时, i 的数学表达式为

$$i = -3.0 \text{ A}$$

负号表示电流的实际方向与图示参考方向相反。

1.2.2 电压

电场力把单位正电荷从电路的一点移到另一点所做的功称为电路中两点间电压,即

$$u(t) = \frac{dW(t)}{dq} \quad (1.2.2)$$

将电路中任一点 o 作为参考点,规定参考点的电位为零。则电路中某点 a 的电位定义为单位正电荷从该点移动到参考点 o 电场力所做的功,用 u_a 表示

$$u_a = u_{ao} = u_a - u_o$$

由此而来,电压也可以定义为电路中两点电位之差,即

$$u_{ab} = u_a - u_b = \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \quad (1.2.3)$$

其中, \mathbf{E} 为电场强度。需要注意的是:在集中参数电路中,电路中两点间的电压与路径无关,仅与起点和末点的位置有关。

电压的基本单位为伏特(V), $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ 。实用中电压的单位还有 kV,

mV, μV

$$1 \text{ V} = 10^{-3} \text{ kV} = 10^3 \text{ mV} = 10^6 \mu\text{V}$$

与电流一样,电压也是标量,在工程上习惯规定电位真正降低的方向为电压的实际方向,其高电位端标“+”,低电位端标“-”。

同样,在电路分析中很难直接确定电压的实际方向。为了分析和计算的需要,应选定电压的参考极性(方向),用画在元件两端的“+”号和“-”号表示。当电压的参考极性与实际极性一致时,电压为正值,否则为负值,据此可以确定电压的实际方向。

电压也分为直流电压、时变电压和交流电压。

例 1.2.2 图 1.2.3 所示电路中,以 d 为参考点时,各节点电压为 $u_a = 7\text{V}$, $u_b = 5\text{V}$, $u_c = 4\text{V}$ 。以 a 为参考点,求 u_b 、 u_c 和 u_d 。

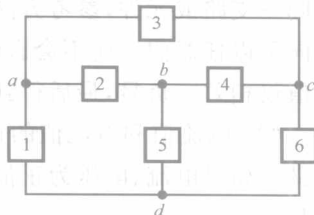


图 1.2.3 例 1.2.2 电路

解 选 d 为参考点,所以

$$u_b = u_{bd} = 5 \text{ V}, \quad u_c = u_{cd} = 4 \text{ V}$$

当选 a 为参考点时,有

$$u_b = u_{ba} = u_{bd} - u_{ad} = -2 \text{ V}, \quad u_c = u_{ca} = u_{cd} - u_{ad} = -3 \text{ V},$$

$$u_d = u_{da} = u_{dd} - u_{ad} = -7 \text{ V}$$

且有

$$u_{ad} = u_a - u_d = 7 \text{ V}, \quad u_{bd} = u_b - u_d = 5 \text{ V}, \quad u_{cd} = u_c - u_d = 4 \text{ V}$$

上述计算表明:电位大小与参考点有关,但两点间的电压与参考点无关。

1.2.3 关联参考方向

为了分析计算方便和规范统一,电流与电压往往采用关联参考方向,其优点是:①对于一个支路只需标出电流或电压两种参考方向中的任意一种;②便于功率问题的讨论。

电压和电流的关联参考方向:当某一元件或电路端口假定了电压和电流的参考方向,当参考电流从参考电压的正极(+)流入,负极(-)流出,则为关联参考方向;否则为非关联参考方向。图 1.2.4(a)表示元件上的电压和电流取关联参考方向,图 1.2.4(b)元件上的电压和电流取非关联参考方向。

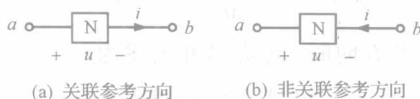


图 1.2.4 电压和电流的参考方向

参考方向之所以可以任意地指定,是因为它本身并不表示电路所发生的实际

物理过程。但是,在参考方向选定之后,就可以把计算所得的电压、电流的正负值和其参考方向联系起来考虑,从而确定出它们的真实方向。本书约定,除特别说明之外,电压与电流均按关联一致参考方向进行分析和计算。

关于参考方向,我们需要强调:

(1) 任一电路元件上的电流和电压的参考方向都可以分别独立地加以指定;对同一支路或元件,参考方向相反的两个电流或电压量之间相差一个负号。参考方向可以任意假定而不会影响计算结果。因为参考方向相反时,计算出的电流、电压值仅相差一负号,最后得到的实际结果仍然相同;

(2) 电流值和电压值的正与负都只有在设定了它们的参考方向的前提下才有意义。如果电流、电压为正值,说明它们的实际方向分别与所设参考方向相同,否则相反。

(3) 无论电流、电压等物理量是直流还是交流,它们均是根据一定的参考方向写出的。描述任一电路元件或整个电路的电压、电流关系的任何方程也只有选定了参考方向后才能明确建立;参考方向一旦选定,在电路计算过程中就不要再随意更改,以免造成混乱。

1.3 电 功 率

在电路分析和设计中还广泛采用功率或能量来表征电路的状态和电气特性,因为电路的工作状态总是伴随有电能与其他形式能量的互相转换。另一方面,在电子信息系统与电气设备中,对其中电路器件都是有功率限制的。在实际使用时其电流和电压不能超过额定值,否则会损坏部件或设备,使其不能正常工作。

电场力在单位时间内所做的功定义为电功率,即

$$p(t) = \frac{dW(t)}{dt} \quad (1.3.1)$$

功率单位为瓦特(W)。实用中功率的单位还有 kW, mW

$$1 \text{ W} = 10^{-3} \text{ kW} = 10^3 \text{ mW}$$

当 u 、 i 取关联一致的参考方向时,电功率则表述为

$$p(t) = \frac{dW(t)}{dt} = u(t)i(t) \quad (1.3.2)$$

当 u 、 i 取非关联一致参考方向时,电功率可表述为

$$p(t) = -u(t)i(t) \quad (1.3.3)$$

电功率是个代数量,根据以上两式可知:

$p(t) > 0$, 元件(或电路)消耗(或吸收)功率;

$p(t) < 0$, 元件(或电路)产生(或提供)功率。