



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

电工电子技术 及其应用

DIANGONG DIANZI JISHU JIQI YINGYONG

主 编 李艳红 郭松梅 刘璐玲

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

TM-53/4

2013

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

电工电子技术及其应用

主 编 李艳红 郭松梅 刘璐玲

副主编 熊 文 崔士杰 方路线 尤 洋

主 审 赵振华

RFID

北方工业大学图书馆



C00348159



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书按照教育部高等院校“电工学”课程指导组拟定的电工、电子技术系列课程教学基本要求,系统地介绍了电工与电子技术的基本概念、基本原理和基本分析方法。

全书共分为13章,内容包括:电路的基本概念和基本定律、电路的分析方法、正弦稳态电路分析、三相交流电路、暂态分析、磁路与电器、半导体二极管及其应用、三极管与交流放大电路、直流稳压电源、集成运算放大器及其应用、组合逻辑电路及其应用、时序逻辑电路及其应用、数/模和模/数转换等。本书结构合理,例题丰富,语言简洁、流畅,便于学生自主地学习。

本书适合作为高等院校电气信息类及相关专业的教材,也可供从事相关专业的工程技术人员阅读和参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术及其应用/李艳红,郭松梅,刘璐玲主编. —北京:北京理工大学出版社,2013.8

ISBN 978-7-5640-2982-1

I. ①电… II. ①李… ②郭… ③刘… III. ①电工技术-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第159613号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京泽宇印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/18

字 数/414千字

版 次/2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

定 价/38.00元

责任编辑/陈莉华

文案编辑/陈莉华

责任校对/周瑞红

责任印制/王美丽

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

“电工电子技术”是高等院校机电类专业的基础课程,是电子信息和电气工程学生的必备知识,也是相关工程的应用基础和新兴边缘学科的发展基础。“电工电子技术”既是电气信息学科专业基础课程平台中的一门重要课程,也是学习后续专业课程及今后开展实际工作的技术基础。

近年来,随着电子技术的快速发展,出现了很多新的分析、设计方法和大量新的器件,这对电子技术方面的教学提出了新的要求。本书的编写思路是在保证理论完整的基础上,注重实用性和新颖性,重点讲述各种不同类型电路的基本分析方法和设计方法,侧重强调电工电子电路的逻辑功能和应用,删减了一些具体电路公式的推理和内部电路的分析。在编写过程中,作者力求做到由深入浅、思路清晰、重点突出,对基本理论、分析和设计方法等均进行总结并附上相应的例题,期望使学生易于理解和接受,以提高学习效率和质量。

本书是北京理工大学出版社约稿,由李艳红、郭松梅编写大纲和编写目录。李艳红负责总体安排,编写了第2章、第5章、第6章、第9章和电路图的编辑工作;郭松梅编写了第7章和第8章;刘璐玲编写了第11章和第12章;熊文编写了第3章;崔士杰编写了第4章;王军编写了第10章;方路线编写了第1章;尤洋编写了第13章;熊文和李平负责了习题的整理。在编写的过程中,余乐为本书的图形编辑做了许多工作,在此向他表示感谢。

在本书的编写过程中,得到了武汉工程大学邮电与信息工程学院领导的指导和支持,并由武汉工程大学电气学院赵振华教授对本书做了认真审阅,在此向他们表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,参阅了以往其他版本的同类教材和相关的文献资料等,在此对其表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中有不妥或错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

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 电路的组成及功能	1
1.1.2 电路模型	1
1.2 电路基本物理量	3
1.2.1 电流	3
1.2.2 电压、电位和电动势	3
1.2.3 电功和电功率	4
1.3 电流、电压的参考方向	5
1.4 基尔霍夫定律	6
1.4.1 几个常用的电路名词	6
1.4.2 节点电流定律(KCL)	7
1.4.3 回路电压定律(KVL)	7
1.5 电压源和电流源	8
1.5.1 理想电压源	8
1.5.2 理想电流源	9
1.5.3 实际电源的两种电路模型	9
1.6 电路的等效变换	10
1.6.1 电阻之间的等效变换	10
1.6.2 电源之间的等效变换	12
习题1	14
第2章 电路的分析方法	17
2.1 支路电流法	17
2.2 节点电压法	19
2.3 叠加原理	21
2.4 戴维南定理	23
习题2	26
第3章 正弦稳态电路分析	31
3.1 正弦量的基本概念	31

3.1.1 正弦交流电的基本概念	31
3.1.2 正弦量的三要素	31
3.2 正弦量的相量表示法	34
3.2.1 复数及其四则运算	34
3.2.2 正弦量的相量表示法	35
3.3 KCL、KVL 的相量形式	36
3.3.1 KCL 的相量形式	36
3.3.2 KVL 的相量形式	36
3.4 电阻、电感、电容元件特征方程的相量形式及其功率	37
3.4.1 电阻元件	37
3.4.2 电感元件	38
3.4.3 电容元件	39
3.5 正弦交流电路的阻抗、导纳及等效转换	40
3.5.1 RLC 串联电路与复阻抗	40
3.5.2 复阻抗的等效变换	43
3.6 正弦稳态电路的谐振	44
3.6.1 串联谐振	44
3.6.2 并联谐振	46
3.7 正弦稳态电路的分析计算	47
习题 3	49
第 4 章 三相交流电路	52
4.1 三相电源	52
4.1.1 三相对称电压的产生	52
4.1.2 三相对称电源的连接	53
4.2 负载星形连接的三相电路	55
4.3 负载三角形连接的三相电路	56
4.4 安全用电	56
4.4.1 电流对人体的危害	57
4.4.2 常见的触电方式	57
4.4.3 保护接地和保护接零	59
习题 4	60
第 5 章 暂态分析	63
5.1 暂态分析的基本概念	63
5.2 换路定则	65
5.3 一阶线性电路的响应	67
5.3.1 RC 电路的零输入响应	68
5.3.2 RC 电路的零状态响应	70

5.3.3 RC 电路的全响应	72
5.4 一阶线性电路暂态分析的三要素法	73
5.5 微分电路与积分电路	75
5.5.1 微分电路	75
5.5.2 积分电路	76
习题 5	76
第 6 章 磁路与电器	79
6.1 磁路	79
6.1.1 磁场的基本物理量	79
6.1.2 铁磁物质的磁特性	80
6.1.3 磁路的基本定律	82
6.2 交流铁芯线圈电路	83
6.2.1 铁芯线圈	83
6.2.2 功率损耗	84
6.3 变压器	85
6.3.1 变压器的基本结构	85
6.3.2 变压器的工作原理	85
6.3.3 变压器的作用	87
6.3.4 变压器的主要技术指标	88
6.4 电动机	88
6.4.1 三相异步电动机的结构	89
6.4.2 三相异步电动机的基本工作原理	90
6.4.3 三相异步电动机的转差率	91
6.4.4 三相异步电动机的型号和额定值	93
6.5 继电器接触器控制系统	93
6.5.1 常用控制电器	93
6.5.2 继电器接触控制线路	98
习题 6	102
第 7 章 半导体二极管及其应用	104
7.1 半导体的导电特性	104
7.1.1 半导体基础知识	104
7.1.2 本征半导体	104
7.1.3 杂质半导体	105
7.2 PN 结及其单向导电性	106
7.3 半导体二极管	109
7.3.1 二极管的结构	109
7.3.2 二极管的伏安特性	110

7.3.3	二极管的主要参数	111
7.4	二极管的电路模型及其应用	111
7.4.1	二极管的电路模型	111
7.4.2	二极管的应用电路	113
7.5	特殊二极管	114
习题7		117
第8章	三极管与交流放大电路	120
8.1	半导体三极管	120
8.1.1	半导体三极管的结构与分类	120
8.1.2	放大状态下三极管的工作原理	121
8.1.3	三极管的特性曲线	123
8.1.4	三极管的主要参数	124
8.1.5	三极管的命名和手册查阅方法	125
8.2	共射极放大电路	126
8.2.1	放大电路的基本要求和技术指标	126
8.2.2	共射放大电路的组成及工作原理	127
8.3	放大电路的基本分析方法	129
8.3.1	放大电路的分析思路	129
8.3.2	放大电路的静态分析	130
8.3.3	放大电路的动态分析	132
8.4	共集电极放大电路和共基极放大电路	138
8.4.1	共集电极放大电路	138
8.4.2	共基极放大电路	140
8.4.3	放大电路三种组态的比较	142
8.5	多级放大电路	144
8.5.1	多级放大器的动态计算	144
8.5.2	共射-共基放大电路	145
8.5.3	共集-共集放大电路	146
8.6	差分放大电路	148
8.6.1	差分式放大电路的一般结构	148
8.6.2	典型差动放大电路	149
习题8		153
第9章	直流稳压电源	156
9.1	直流稳压电源的组成	156
9.2	整流电路	156
9.2.1	单相半波整流电路	157
9.2.2	单相全波整流电路	157

9.2.3 单相桥式整流电路	158
9.3 滤波电路	159
9.3.1 电容滤波电路	159
9.3.2 电感滤波电路	161
9.4 稳压电路	161
9.4.1 稳压管稳压电路	161
9.4.2 集成稳压电源	162
习题9	164
第10章 集成运算放大器及其应用	166
10.1 集成运算放大器的概念	166
10.1.1 集成运放的电路组成及结构特点	166
10.1.2 集成运放的符号和外形	167
10.1.3 集成运放的主要参数	168
10.1.4 理想集成运放及特点	169
10.2 放大电路中的负反馈	170
10.2.1 反馈的基本概念	170
10.2.2 放大电路中的负反馈	174
10.2.3 负反馈对放大电路工作性能的影响	175
10.3 集成运算放大器在信号运算方面的应用	177
10.3.1 比例运算电路	177
10.3.2 加法运算电路	179
10.3.3 减法运算电路	179
10.3.4 积分和微分运算电路	180
10.4 集成运算放大器在信号处理电路中的应用	181
10.4.1 有源滤波器	181
10.4.2 电压比较器	184
10.5 集成运算放大器在波形产生方面的应用	185
10.5.1 产生正弦振荡的条件	185
10.5.2 RC 正弦振荡电路	186
10.5.3 方波产生电路	187
10.5.4 三角波产生电路	188
习题10	190
第11章 组合逻辑电路及其应用	193
11.1 基本逻辑门电路及其组合	193
11.1.1 基本逻辑门电路	194
11.1.2 基本逻辑门电路的组合	195
11.2 逻辑代数	196

11.2.1	基本运算规则	196
11.2.2	基本定理	197
11.2.3	逻辑函数的表示方法	197
11.2.4	逻辑函数的标准形式	200
11.2.5	逻辑函数的化简	201
11.3	组合逻辑电路的分析和设计	205
11.3.1	组合逻辑电路的方框图及特点	206
11.3.2	组合逻辑电路的分析	206
11.3.3	组合逻辑电路的设计	208
11.4	常用中规模标准组合模块电路	210
11.4.1	加法器	210
11.4.2	数字比较器	213
11.4.3	编码器	213
11.4.4	译码器	216
11.4.5	数据选择器	220
11.4.6	数据分配器	221
11.5	用中规模集成电路实现组合逻辑电路	222
习题 11		224
第 12 章	时序逻辑电路及其应用	228
12.1	双稳态触发器	228
12.1.1	RS 触发器	228
12.1.2	JK 触发器	231
12.1.3	D 触发器	233
12.2	寄存器	233
12.2.1	数码寄存器	234
12.2.2	移位寄存器	234
12.3	计数器	236
12.3.1	异步计数器	236
12.3.2	同步计数器	238
12.3.3	中规模集成计数器组件	240
12.4	555 定时器及其应用	242
12.4.1	555 定时器	242
12.4.2	555 定时器组成单稳态触发器	243
12.4.3	555 定时器组成多谐振荡器	244
习题 12		245
第 13 章	数/模和模/数转换	249
13.1	数/模转换器的基本原理	249

13.1.1 倒T形电阻网络数/模转换器	249
13.1.2 权电流型数/模转换器	251
13.1.3 权电流型数/模转换器应用举例	251
13.1.4 数/模转换器的主要技术指标	252
13.2 模/数转换器	253
13.2.1 模/数转换的一般步骤和取样定理	253
13.2.2 取样-保持电路	254
13.2.3 并行比较型模/数转换器	255
13.2.4 逐次比较型模/数转换器	256
13.2.5 模/数转换器的主要技术指标	257
13.3 集成模/数转换器及其应用	258
习题 13	260
部分习题参考答案	263
参考文献	273

第1章

电路的基本概念和基本定律

本章的学习目的和要求:

了解并熟悉电路模型和理想电路元件的概念;理解电压、电流、电动势、电功率的概念;进一步熟悉欧姆定律及其应用;充分理解和掌握基尔霍夫定律的内容,并能运用基尔霍夫定律分析并解决电路中的实际问题;深刻理解和掌握参考方向在电路分析中的作用;理解和领会电路等效。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路的组成及功能

电流通过的路径称为电路。

实际电路通常由各种电路实体部件(如电源、电阻器、电感线圈、电容器、变压器、仪表、二极管、三极管等)组成。每一种电路实体部件具有各自不同的功能。相关电路实体部件按一定方式进行组合,就构成了一个个电路。如果某个电路元器件数很多且电路结构较为复杂时,通常又把这些电路称为电网络。

电路的基本组成部分都离不开3个基本环节:电源、负载和中间环节。

(1) **电源**:向电路提供电能的装置。它可以将其他形式的能量,如化学能、热能、机械能、原子能等转换为电能。在电路中,电源是激励,是激发和产生电流的因素。

(2) **负载**:负载就是通常人们熟悉的各种用电器,是电路中接收电能的装置。在电路中,通过负载,把从电源接收到的电能转换为人们需要的能量形式,如电灯把电能转变成光能和热能,电动机把电能转换为机械能,充电的蓄电池把电能转换为化学能等。

(3) **中间环节**:电源和负载连通离不开传输导线,电路的通、断离不开控制开关,实际电路为了长期安全工作还需要一些保护设备(如熔断器、热继电器、空气开关等),它们在电路中起着传输和分配能量、控制和保护电气设备的作用。

工程应用中的实际电路,按照功能的不同可概括为以下两大类。

(1) **电力系统中的电路**:特点是大功率、大电流。其主要功能是对发电厂发出的电能进行传输、分配和转换。

(2) **电子技术中的电路**:特点是小功率、小电流。其主要功能是实现对电信号的传递、变换、储存和处理。

1.1.2 电路模型

人们设计和制作各种电路部件,是为了利用它们的主要电磁特性实现人们的需要。

在电路理论中,为了方便对实际电路的分析和计算,我们通常在工程实际允许的条件下对实际电路进行模型化处理。

为了方便问题的分析和计算,在电路基础中,我们通常忽略其次要因素,抓住足以反映其功能的主要电磁特性,抽象出实际电路器件的“电路模型”。这种模型化处理方法是电路分析中简化分析和计算的行之有效方法。

实际电路元件分为有源和无源两大类,如图 1-1-1 所示。

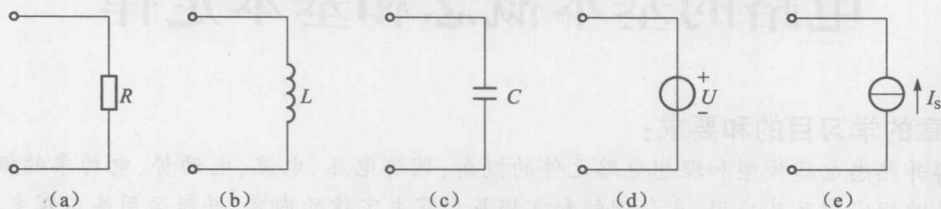


图 1-1-1 无源和有源的理想电路元件的电路元件模型

(a) 电阻元件; (b) 电感元件; (c) 电容元件; (d) 理想电压源; (e) 理想电流源

图 1-1-1 中的(a)、(b)、(c)为无源二端元件,有电阻元件、电感元件和电容元件,由于用电器上的电磁特性无非就是归纳为这 3 种抽象,因此通常把它们称为电路的三大基本元件,简称为电路元件。电路元件是实际电路器件的理想抽象,其电磁特性单一而确切。

图 1-1-1 中的(d)、(e)为有源二端元件,其中的“源”是指它们能向电路提供电能。如果电源的主要供电方式是向电路提供一定的电压,就是电压源,若主要供电方式是向电路提供一定的电流,就称为电流源。

对实际元器件的模型化处理,使得不同的实体电路部件,只要具有相同的电磁性能,在一定条件下就可以用同一个电路模型来表示,显然降低了实际电路的绘图难度。显然,实际电路元器件的理想化处理,给分析和计算电路也带来了极大的方便。

例如,图 1-1-2 所示是一个最简单的手电筒电路及它的电路模型。

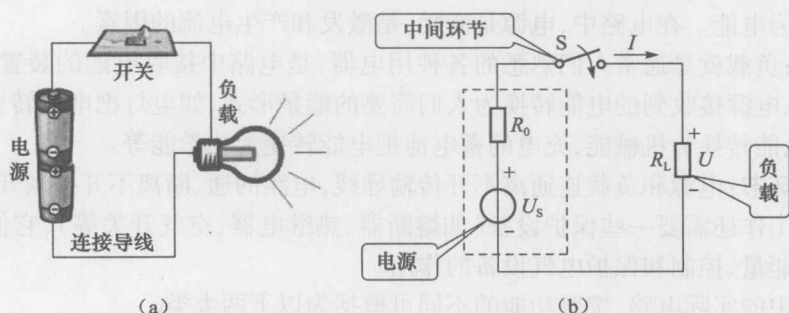


图 1-1-2 手电筒实体电路及其模型

(a) 实体电路; (b) 电路模型

由图 1-1-2 可看出,与实体电路相对应、由理想元件构成的电路图,称为实体电路的电路模型。

电路模型具有两大特点:一是它里面的任何一个元件都是只具有单一电特性的理想电路元件,因此反映出的电现象都可以用数学方式来精确地分析和计算;二是对各种电路模型的深

入研究,实质上就是探讨各种实际电路共同遵循的基本规律。

1.2 电路基本物理量

1.2.1 电流

电荷有规则的定向移动形成电流。在稳恒直流电路中,电流的大小和方向不随时间变化;在正弦交流电路中,电流的大小和电荷移动的方向按正弦规律变化。

在金属导体内部,自由电子可以在原子间做无规则的运动;在电解液中,正负离子可以在溶液中自由运动。如果在金属导体或电解液两端加上电压,在金属导体内部或电解液中就会形成电场,自由电子或正负离子就会在电场力的作用下,做定向移动从而形成电流。

电流的大小是用单位时间内通过导体横截面的电量进行衡量的,称为电流强度,即:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2-1)$$

稳恒直流电路中,电流的大小及方向都不随时间变化时,其电流强度可表示为:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2-2)$$

注意:在电路理论中,一般把变量用小写的英文字母来表示,而把恒量用大写的英文字母来表示。如式(1-2-1)中的电流和电量都是用的的小写英文字母,而式(1-2-2)中它们则用大写。

物理学中,通常把电荷的定向移动称为电流,即电流表明一种物理现象。在电学中,电路中的电流强度简称电流,电流是电路中的主要电量,用电器上通过电流就是它们吸收电能,并把电能转换成其他形式的能量为人们利用的实例。

物理学习惯上规定正电荷移动的方向作为电流的正方向,这一习惯规定同样适用于电路。电路中,电流的大小用来定量地反映电流的强弱,电流的方向则是用方程式中电流前面的“+”、“-”号来表示(后面详细讲述)的。

在式(1-2-1)和(1-2-2)中,当电量 $q(Q)$ 的单位采用国际制单位库仑(C)、时间 t 的单位用国际制单位秒(s)时,电流 $i(I)$ 的单位就应采用国际制安培(A)。

电流还有较小的单位,即毫安(mA)、微安(μA)和纳安(nA)等,它们之间的换算关系为:

$$1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A} = 10^9 \text{ nA}$$

1.2.2 电压、电位和电动势

1. 电压

根据物理学可知,电压就是将单位正电荷从电路中一点移至电路中另一点时电场力所做的功,用数学式可表达为:

$$U_{ab} = \frac{W_a - W_b}{q} \quad (1-2-3)$$

式中 U_{ab} ——电压。

当电功的单位用焦耳(J),电量的单位用库仑(C)时,电压的单位就是伏特(V)。电压的单位还有千伏(kV)和毫伏(mV),各种单位之间的换算关系为:

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

由欧姆定律可知,如果把一个电压加在电阻两端,电阻中就会有电流通过。电压在电路分析中也存在方向问题。一般规定:电压的正方向是由高电位“+”指向低电位“-”,因此通常把电压称为电压降。

2. 电位

电路中各点位置上所具有的势能称为电位。电路理论中规定:电位参考点的电位取零值,其他各点的电位值均要和参考点相比,高于参考点的电位是正电位,低于参考点的电位是负电位。

理论上,参考点的选取是任意的。但实际应用中,由于大地的电位比较稳定,所以经常以大地作为电路参考点。有些设备和仪器的底盘、机壳往往需要与接地极相连,这时常选取与接地极相连的底盘或机壳作为电路参考点。电子技术中的大多数设备,很多元件常常汇集到一个公共点,为方便分析和研究,我们也常常把电子设备中的公共连接点作为电路的参考点。

电位的高低正负都是相对于参考点而言的。只要电路参考点确定之后,电路中各点的电位数值就是唯一确定的了。实际上,电路中某点的电位,在数值上等于该点到参考点之间的电压。因此,在电子技术中检测电路时,常常选取某一公共点作为参考点,用电压表的负极表棒与该点相接触,而正极表棒只需连接其他各点来测量它们的电位是否正常,即可查找出故障点。

引入电位的概念后,给分析电路中的某些问题带来了不少方便。例如,一个电子电路中有5个不同的点,任意两点间均有一定的电压,直接用电压来讨论要涉及10个不同的电压,而改用电位讨论时,只需把其中的一个点作为电路参考点,其余只讨论4个点的电位就可以了。

电位的定义式与电压定义式的形式相同,因此它们的单位相同,也是伏特(V)。所不同的是,电位特指电场力把单位正电荷从电场中的一点移到参考点所做的功。为了区别于电压,我们在电学中把电位用单注脚的“V”表示,电压和电位的关系为:

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-2-4)$$

即电路中任意两点间电压,在数值上等于这两点电位之差。由式(1-2-4)也可以看出,电压是绝对的量,电路中任意两点间的电压大小,仅取决于这两点电位的差值,与参考点无关。

3. 电动势

电动势和电位一样属于一种势能,它反映了电源内部能够将非电能转换为电能的本领。从电的角度上看,电动势代表了电源力将电源内部的正电荷从电源负极移到电源正极所做的功,是电能累积的过程。电动势定义式的形式与电压、电位类同,因此它们的单位相同,都是伏特(V)。

电路中的持续电流需要靠电源的电动势来维持,这就好比水路中需要用水泵来维持连续的水流一样。水泵之所以能维持连续的水流,是由于水泵具有将低水位的水抽向高水位的本领,从而保持水路中两处的水位差,高处的水就能连续不断地流向低处。电源之所以能够持续不断地向电路提供电流,也是由于电源内部存在电动势的缘故。电动势用符号“E”表示。在电路分析中,电动势的方向规定由电源负极指向电源正极,即电位升高的方向。

1.2.3 电功和电功率

1. 电功

电流能使电动机转动、电炉发热、电灯发光,说明电流具有做功的本领。电流做的功称为

电功。电流做功的同时伴随着能量的转换,其做功的大小显然可以用能量进行度量,即:

$$W = UI t \quad (1-2-5)$$

式中,电压的单位用伏特(V),电流的单位用安培(A),时间的单位用秒(s)时,电功(或电能)的单位是焦耳(J)。工程实际中,还常常用千瓦时(kW·h)来表示电功(或电能)的单位,1 kW·h又称为一度电。一度电的概念可用这样的例子解释:100 W 的灯泡使用 10 h 耗费的电能是 1 度;40 W 的灯泡使用 25 h 耗费电能也是 1 度;1 000 W 的电炉加热 1 h,耗费电能还是 1 度,即 1 度 = 1 kW × 1 h。

2. 电功率

单位时间内电流做的功称为电功率。电功率用 P 表示,即:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{UI t}{t} = UI \quad (1-2-6)$$

式中,电功的单位用焦耳(J),时间的单位用秒(s),电压的单位为伏特(V),电流的单位为安培(A)时,电功率的单位是瓦特(W)。

用电器铭牌上的电功率是它的额定功率,是对用电设备能量转换本领的量度,例如“220 V, 100 W”的白炽灯,说明它两端加 220 V 电压时,可在 1 s 内将 100 J 的电能转换成光能和热能。

用电器上加的实际电压小于额定电压时,由于用电器的参数不变,则通过的电流也一定小于额定电流,因此实际功率是电压、电流的乘积,必定小于额定功率;当用电器上加的实际电压大于额定电压时,由于用电器的参数不变,则通过的电流也一定大于额定电流,因此实际功率也必定大于额定功率。

电路分析中,电功率也是一个有正、负之分的量。当一个电路元件上消耗的电功率为正值时,说明这个元件在电路中吸收电能,是负载;若电路元件上消耗的电功率为负值时,说明它在向电路提供电能,起电源的作用,是电源。

1.3 电流、电压的参考方向

电路分析的任务是已知电路中的元件参数和“激励”(电源),去寻求电路中的“响应”(电压和电流),从而得到不同电路激励所对应的不同“响应”的规律。“寻求规律”是要有依据的,这个依据就是对电路列写方程式或方程组。在电路图上标出电压、电流的参考方向,就是为电路方程式中的各电量提供正、负依据,在这些参考方向下可列写出相应的电路方程,进而求得“响应”(待求电压、电流)的结果。

在分析和计算电路的过程中,参考方向是人为假定的分析依据。但参考方向一经确定,整个分析过程中就不能再随意更改。为了避免麻烦,我们在假设元件是负载时,一般把元件两端电压的参考方向与通过元件中的电流的参考方向选成一致(说明负载通过电流时要进行能量转换,其结果使电流流出端电位降低),如图 1-3-1(a)所示。这种参考方向称为**关联方向**。当我们假设元件是电源时,参考方向一般选择**非关联方向**,如图 1-3-1(b)所示。

在运用参考方向时有以下两个问题要注意。

(1) 参考方向是列写方程式的需要,是待求值的假定方向而不是待求值的真实方向,所以不必去追求它的物理实质是否合理。

(2) 当分析、计算电路的过程中,出现“正、负”、“加、减”及“相同、相反”这几个概念时,切

不可把它们混为一谈。

分析和计算电路的最后结果:当某一所求电压或电流得正值,说明它在电路图上的参考方向与实际方向相同;若某一所求电压或电流得负值,则说明它在电路图上所标定的参考方向与该电量的实际方向相反。

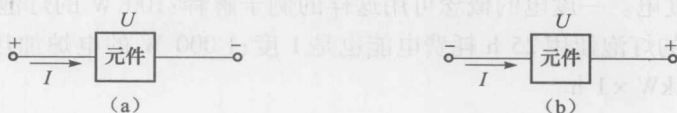


图 1-3-1 电压、电流参考方向
(a) 关联参考方向;(b) 非关联参考方向

1.4 基尔霍夫定律

对任意一段电路,电流与该段电路两端的电压成正比,与该段电路中的电阻成反比。这一结论是在 1827 年由德国科学家欧姆提出的,因此称为欧姆定律。当电压与电流为关联参考方向时,欧姆定律可表示为:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-4-1)$$

式(1-4-1)仅适用于线性电路,它体现了线性电路元件上的电压、电流约束关系,表明了“元件特性只取决于元件本身,与其接入电路的方式无关”这一规律。

电路的基本定律除了欧姆定律,还有本节要讲的节点电流定律(KCL)和回路电压定律(KVL),KCL 和 KVL 都是德国科学家基尔霍夫提出的,因此也把 KCL 称为基尔霍夫第一定律,把 KVL 称为基尔霍夫第二定律。1847 年,基尔霍夫将物理学中“流体流动的连续性”和“能量守恒定律”用于电路之中,创建了节点电流定律(KCL),之后根据“电位的单值性原理”又创建了回路电压定律(KVL)。欧姆定律体现了电路元件上的电压、电流的约束关系,与电路的连接方式无关;而基尔霍夫定律则是反映了电路整体的规律,具有普遍性,不但适合于任何元件组成的电路,而且适合于任何变化的电压与电流。基氏两定律和欧姆定律被人们称为电路的三大基本定律。

1.4.1 几个常用的电路名词

1. 支路

所谓支路,就是指一个或几个元件相串联后,连接于电路的两个节点之间,使通过其中的电流值相同,如图 1-4-1 中的 ab 、 adb 、 acb 这 3 条支路。对一个整体电路而言,支路就是指其中不具有任何分岔的局部电路。

2. 节点

电路中 3 条或 3 条以上支路的汇集点称为节点。如图 1-4-1 中的 a 点和 b 点。

3. 回路

电路中任意一条或多条支路组成的闭合路径称为回路。如图 1-4-1 中的 $abca$ 、 $adba$ 、 $adbca$ 都是回路。

4. 网孔

电路中不包含其他支路的单一闭合回路称为网孔,如图 1-4-1 中的 $abca$ 和 $adba$ 两个