

“十三五”普通高等教育本科规划教材

电工与电子技术

Electrical and Electronic Technology

张晓辉 主编



 燕山大学出版社
YANSHAN UNIVERSITY PRESS


电工与电子技术

主 编 张晓辉

副主编 王 珺 钟嘉庆 王云静

董 杰 杨秋霞

主 审 荣亚君

 燕山大学出版社

2020·秦皇岛

作者对高等院校电工电子系列课程内容和课程体系进行了研究和实践,针对普通高等院校非电类专业特点,编写了本教材。

“电工与电子技术”是本科非电类专业必修的专业基础课程,是后续涉电类课程的基础,是理论与实践结合、应用范围非常广泛的一门课程。作为培养“新工科”人才的基础课程,既要强调其基础性,涵盖基础的电学知识和理论推导,又要突出其应用性,为学生后续知识的拓展预留空间。

本教材主要包括直流电路、正弦交流电路、三相供电、电动机及电器控制电路、半导体及基本放大电路、集成运算放大器及其应用、组合逻辑电路、时序逻辑电路、电子电路仿真软件 Multisim 的应用等。主要适用于机械设计、机械制造、机械电子工程、汽车与交通等机械工程学科的各个专业方向,也适用于如材料工程、能源与动力工程、环境工程、化学工程、建筑工程、过程装备等其他非电类专业。同时也是上述学科及其他相关学科工程技术人员很好的实用参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工与电子技术/张晓辉主编. —秦皇岛:燕山大学出版社, 2020. 1
ISBN 978-7-81142-767-7

I. ①电… II. ①张… 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(2019)第 285979 号

电工与电子技术

张晓辉 主编

出版人:陈玉

责任编辑:孙志强

封面设计:刘韦希

出版发行: 燕山大学出版社
YANSHAN UNIVERSITY PRESS

地 址:河北省秦皇岛市河北大街西段 438 号

邮政编码:066004

电 话:0335-8387555

印 刷:秦皇岛墨缘彩印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:700 mm×1000 mm 1/16 印 张:22.5 字 数:420 千字

版 次:2020 年 1 月第 1 版 印 次:2020 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-81142-767-7

定 价:49.80 元

版权所有 侵权必究

如发生印刷、装订质量问题,读者可与出版社联系调换

联系电话:0335-8387718

前 言

新工科背景下人才培养需要构建分层次、立体化的教育体系,这对工科专业基础课程教学提出了新的要求。“电工与电子技术”是机械设计制造及其自动化、材料工程、车辆工程、能源与动力工程、环境工程、建筑工程等专业的基础课程,其与大数据、物联网、人工智能、网络安全、大健康等新经济领域人才的培养密切相关。

根据非电类专业人才培养计划的基本要求,按照电工电子技术基础课程教学大纲的基本精神,积极开展了教材建设。本教材具有内容典型、详细、涵盖面广的特点,在教材编撰过程中更注重与实践相结合,不仅重视各种电路的连接方法及元器件特性,更重视完整的系统电路分析、现代电气工程的理念、全新的应用技术等。在合理安排非电类培养计划所要求的基本知识点以外,在对解决复杂工程问题能力的培养上也有所突破,增加了基本理论知识与生产实际紧密融合的综合应用。

本书共分九章,主要内容包括:直流电路、正弦交流电路、三相供电、电动机械及电器控制电路、半导体及基本放大电路、集成运算放大器及其应用、组合逻辑电路、时序逻辑电路、电子电路仿真软件Multisim的应用等。为便于自学和工程应用,在第九章提供了一些电路应用实例。书中加“*”的内容可以根据实际需要删减。

本书的第1章由王云静老师编写,第2、7章由钟嘉庆老师编写,第3章由董杰老师编写,第4、9章由王珺老师编写,第5章由杨秋霞老师编写,第6、8章由张晓辉老师编写。荣亚君老师负责全书的主审工作,并倾力制作了全书电子课件,在此表示感谢!在本书的编写过程中,得到了燕山大学电力工程系全体同人的帮助,也得到兄弟院校同行的大力支持,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 直流电路	1
1.1 电路及其基本物理量	1
1.1.1 电路	1
1.1.2 电路模型	2
1.1.3 电流	3
1.1.4 电压、电位和电动势	4
1.1.5 电压和电流的参考方向	5
1.1.6 电功率和能量	6
1.2 电路元件	7
1.2.1 无源元件	8
1.2.2 有源元件	10
* 1.2.3 受控电源	13
1.3 基尔霍夫定律	15
1.3.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	16
1.3.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	17
1.4 电路的工作状态	19
1.4.1 电源的三种状态	19
1.4.2 功率平衡	20
1.4.3 额定值与实际值	22
1.5 支路电流法	24
1.6 节点电压法	26
1.7 叠加原理	29
1.8 戴维南定理与诺顿定理	32
1.8.1 戴维南定理	32
* 1.8.2 诺顿定理	35
第 2 章 正弦交流电路	47
2.1 正弦量的三要素	48
2.1.1 频率与周期	48



2.1.2	幅值与有效值	48
2.1.3	初相位	50
2.2	正弦量的相量表示法	52
2.3	单一参数元件的交流电路	56
2.3.1	电阻元件的正弦交流电路	56
2.3.2	电感元件的正弦交流电路	57
2.3.3	电容元件的正弦交流电路	60
2.4	RLC 串联交流电路	62
2.4.1	电压与电流相量关系	62
2.4.2	功率关系	63
2.5	正弦交流电路的计算	66
2.5.1	阻抗的串联与并联	66
2.5.2	正弦交流电路的计算	68
2.6	电路的串联谐振	70
2.6.1	串联谐振的条件及谐振频率	70
2.6.2	串联谐振的特征	70
2.7	功率因数的提高	73
第 3 章	三相供电与用电	80
3.1	三相电动势	80
3.2	三相电源的连接	82
3.3	三相电路负载的连接	84
3.3.1	负载星形联结的三相电路	84
3.3.2	负载三角形联结的三相电路	88
3.3.3	不对称三相电路计算	90
3.4	三相电路的功率	93
* 3.5	安全用电	96
第 4 章	电动机械及继电器控制电路	105
4.1	磁路基本概念与基本定律	105
4.1.1	磁路基本概念	105
4.1.2	磁路基本定律	108
4.1.3	铁心线圈	109
4.2	变压器	112

4.2.1	变压器的构造	112
4.2.2	变压器的工作原理	113
4.2.3	变压器的损耗与效率	117
4.2.4	特殊变压器	118
4.3	三相异步电动机	120
4.3.1	三相异步电动机的构造	120
4.3.2	三相异步电动机的工作原理	122
4.3.3	三相异步电动机的转矩和机械特性	127
4.3.4	三相异步电动机的铭牌数据	130
4.4	三相异步电动机的起动、调速与制动	135
4.4.1	三相异步电动机的起动	135
4.4.2	三相异步电动机的调速	138
4.4.3	三相异步电动机的制动	139
4.5	常用低压电器	141
4.5.1	电器元件的分类	142
4.5.2	常用低压电器	142
4.5.3	电气图常用的图形符号及文字符号	147
4.6	三相异步电动机继电器接触器控制电路	148
4.6.1	起动、停止控制电路	148
4.6.2	正、反转控制电路	150
4.6.3	电动机制动控制电路	152
第 5 章	半导体器件及基本放大电路	157
5.1	半导体二极管	157
5.1.1	半导体的导电特性	157
5.1.2	PN 结及其导电特性	159
5.1.3	半导体二极管	162
5.1.4	特殊二极管	166
5.2	直流稳压电路	168
5.2.1	整流电路	169
5.2.2	滤波电路	173
5.2.3	直流稳压电路	178
5.3	晶体管	181
5.3.1	基本结构	182



5.3.2	电流放大原理	182
5.3.3	晶体管的伏安特性曲线	183
5.3.4	主要参数	186
5.3.5	晶体管电极的判别	187
5.4	基本放大电路	187
5.4.1	共射极放大电路	188
5.4.2	共集电极放大电路	198
第 6 章	集成运算放大器	211
6.1	集成运算放大器概述	211
6.1.1	集成运放的符号及参数	211
6.1.2	集成运放的电压传输特性	214
6.2	模拟信号运算电路	216
6.2.1	比例运算电路	216
6.2.2	加法运算电路	218
6.2.3	减法运算电路	221
6.2.4	积分运算电路	222
6.2.5	微分运算电路	223
6.3	电压比较电路	224
6.3.1	基本电压比较电路	225
6.3.2	具有限幅作用的电压比较电路	227
6.4	集成运放应用实例	229
第 7 章	逻辑门电路及组合逻辑电路	240
7.1	逻辑代数及逻辑门电路	240
7.1.1	逻辑代数及逻辑函数	240
7.1.2	逻辑运算及逻辑门	241
7.2	逻辑代数运算及逻辑函数化简	251
7.2.1	逻辑代数运算法则	251
7.2.2	逻辑函数的化简	252
7.3	组合逻辑电路	257
7.3.1	组合逻辑电路的分析	258
7.3.2	组合逻辑电路的设计	259
7.4	组合逻辑电路的应用	262

7.4.1 加法器	262
7.4.2 编码器	264
7.4.3 译码器	268
第 8 章 触发器及时序逻辑电路	278
8.1 双稳态触发器	278
8.1.1 基本 RS 触发器	278
8.1.2 同步 RS 触发器	280
8.1.3 JK 触发器	281
8.1.4 D 触发器	283
8.2 时序逻辑电路	285
8.2.1 寄存器	285
8.2.2 计数器	287
8.3 555 定时器电路及其应用	295
8.3.1 555 定时器芯片简介	295
8.3.2 CC7555 组成的单稳态触发器	297
8.3.3 CC7555 组成的多谐振荡器	298
8.4 时序逻辑电路应用实例	300
8.4.1 模拟声响发生器	300
8.4.2 多芯电缆测试仪电路	300
8.4.3 电风扇的自然风控制电路	301
第 9 章 电路仿真软件 Multisim 的应用	310
9.1 Multisim 14.0 的使用方法	310
9.1.1 Multisim 的安装	311
9.1.2 Multisim 的基本界面	313
9.1.3 用户界面与环境参数自定义	315
9.2 Multisim 元件库与仿真仪器	316
9.2.1 Multisim 的元件库	316
9.2.2 常用仪表	316
9.2.3 其他仪器	324
9.3 Multisim 仿真分析方法	324
9.3.1 直流工作点分析(DC Operating Point Analysis)	324
9.3.2 交流扫描分析(AC Sweep Analysis)	325



9.3.3	瞬态分析(Transient Analysis)·····	327
9.3.4	单频交流分析(Single Frequency AC)·····	327
9.3.5	傅里叶分析(Fourier Analysis)·····	328
9.4	电路仿真软件 Multisim 应用实例·····	329
9.4.1	直流电路仿真实例·····	329
9.4.2	正弦交流电路仿真实例·····	330
9.4.3	三相交流电路仿真实例·····	332
9.4.4	三相异步电动机正反转控制电路仿真实例·····	335
9.4.5	共射极放大电路仿真实例·····	338
9.4.6	同相加法运算电路仿真实例·····	340
9.4.7	电压比较器电路仿真实例·····	342
9.4.8	竞赛抢答器电路仿真实例·····	345
9.4.9	NE555 定时器仿真实例·····	346

第1章 直流电路

本章提要 电路是电工和电子技术的基础。本章以直流电路为分析对象, 主要介绍电路和电路模型的概念、电压和电流的参考方向、电路元件、电路的工作状态、电路的分析方法等, 重点讨论电路计算的基本定律和复杂电路的分析方法如基尔霍夫定律、支路电流法、节点电压法、叠加原理、戴维南定理等, 这些内容都是分析与计算电路的基础, 所得结论不仅适用于直流电路, 也同样适用于交流电路。

本章重点 电压和电流的参考方向、关联方向; 理想电路元件的电压-电流关系; 电路的功率平衡; 电源与负载的判别; 基尔霍夫定律; 复杂电路的分析方法。

本章难点 电源与负载的判别; 戴维南定理。

1.1 电路及其基本物理量

1.1.1 电路

电路是电流的通路, 是由若干个电气设备或元件按一定的方式组合起来的。电路也称为电网络, 简称网络。

电路的结构形式是多种多样的, 根据功用主要分为两类:

一类电路用以实现电能的生产、传输、转换和分配, 其中最典型的例子是电力供电设备与各用电设备组成的电力系统, 如图 1-1a 所示。发电机是电源, 是供应电能的设备, 在发电厂内可将热能、水能或核能等转换为电能。电灯、电动机、电炉等都是负载, 是取用电能的设备, 分别将电能转换为光能、机械能、热能等。变压器和输电线路是中间环节, 是连接电源和负载的部分, 起传输和分配电能的作用。

另一类电路用于电信号的产生、传递和处理, 常见的例子如扩音机, 如图 1-1b 所示, 先由传声器将语言或音乐信息转换为相应的电压和电流等电信号, 而后通过电路传递到扬声器, 将电信号还原为语言或音乐。由于传声器输出的电信号比较微弱, 不足以推动扬声器发音, 因此中间还要用放大器将电信号放大。

通常, 将由非电能或非电信号转换为电能或电信号的供电设备和器件称为电源(或信号源)。将用电设备和器件称为负载。一个完整的电路总是由电源、负载以及连接导线、开关等电气设备或器件组成。

不论电能的传输和转换, 还是信号的传递和处理, 在实际电路中, 电压和电流都是在电源的作用下产生的, 因此, 电源又称为激励。由激励在电路中产生的

电压和电流称为响应。有时,根据激励和响应之间的因果关系,将激励称为输入,响应称为输出。所谓电路分析,就是在已知电路结构和元件参数的条件下,讨论电路的激励与响应之间的关系。

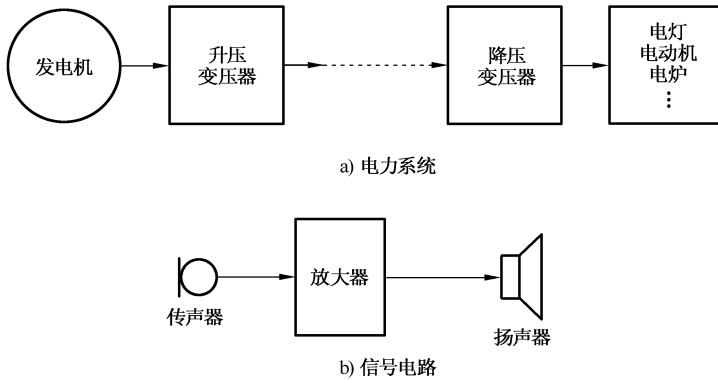


图 1-1 电路示意图

1.1.2 电路模型

电气设备和器件种类繁多,实际电路都是由一些实际电气设备或器件所组成,如发电机、变压器、电动机、晶体管以及各种电阻器和电容器等。即便是很简单的电气设备,在工作时所发生的物理现象也是很复杂的,直接使用实际器件组成的接线图来进行电路分析和研究往往是困难的甚至是不可能的。但这些复杂的物理现象是由一些基本的物理现象综合而成的。例如,一个实际的绕线式电阻器,当电流通过时,除了对电流呈现阻力外,还会产生微弱的磁场,因而兼有电感的性质,但电感微小,在电路分析中可忽略不计。因此,在电路理论中提出了用各种电路模型对实际电路进行分析和数学描述,从而进行电路分析的方法。将实际电路抽象为电路模型,就是将实际元件理想化(或称模型化),即在一定条件下突出主要的电磁性质,忽略次要因素,从而将其近似地看作理想电路元件。由一些理想电路元件所组成的电路模型是对实际电路电磁性质的科学抽象和概括。

理想电路元件是组成电路模型的最小单元,具有单一电磁特性,主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等,分别由相应的参数来表征。理想电阻元件是仅具有消耗电能特性的元件;理想电感元件是仅具有储存磁场能量特性的元件;理想电容元件是仅具有储存电场能量特性的元件;理想电源元件(包括电压源、电流源)是仅具有产生电能特性的元件。各元件的表示符号如图 1-2 所示。

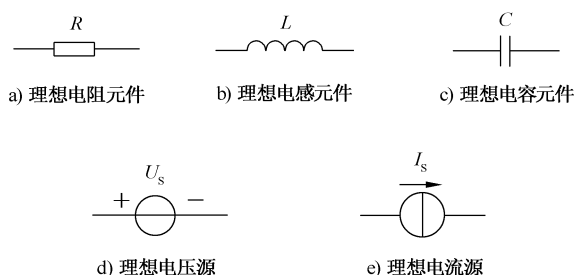


图 1-2 理想电路元件

实际电气设备或器件在一定的条件下都可以用相应的电路模型近似描述。图 1-3a 所示为含有一个电源即干电池、一个负载即电灯和两根连接导线的简单电路,其电路模型如图 1-3b 所示,电阻元件 R 作为电灯的电路模型,理想电压源 U_s 和电阻元件 R_0 的串联组合作为干电池的电路模型,理想导线(其电阻忽略不计)作为连接导线的电路模型。

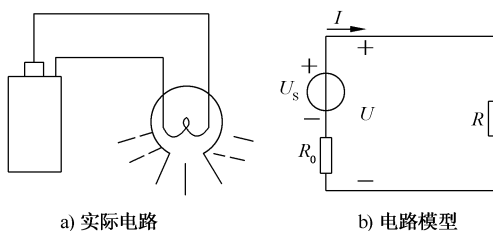


图 1-3 实际电路与电路模型

电路模型可简称电路,今后的电路分析都是指电路模型的分析。在电路图中,各种电路元件用规定的图形符号和文字符号表示。电路的分类方式有很多种,按电源来分,电源本身的电流通路为内电路,电源以外的电流通路为外电路;按电流方向变化来分,当电流的方向不随时间变化时,为直流电路,当电流的方向随时间变化时,为交流电路。

1.1.3 电流

电荷在电场作用下做有规则的定向运动就形成电流。单位时间内通过导体横截面的电荷量称为电流强度,简称电流,用以衡量电流的大小。国家标准规定,不随时间变化的物理量用大写字母表示,随时间变化的物理量用小写字母表示。因此,在直流电路中电流用大写的 I 表示,它与电荷量 Q 、时间 t 的关系为

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

随时间变化的电流用小写的 i 表示,等于电荷量 q 对时间 t 的变化率,即

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

在国际单位制中,电流的单位是 A(安培,简称安), $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ (库仑/秒)。根据实际需要,电流的大小可以用 A(安)、mA(毫安)和 μA (微安)度量,它们之间的关系为 $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$, $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$ 。

在分析电路时,不仅要计算电流的大小,还要知道电流的方向。习惯上规定正电荷运动的方向或负电荷运动的相反方向为电流的实际方向。通常在电路图中用箭头“ \rightarrow ”表示电流的方向。

1.1.4 电压、电位和电动势

1. 电压

电压是描述电场力对电荷做功大小的物理量,即为电场力将单位正电荷由一点移动到另一点所释放的电能。直流电压用大写的 U 表示,与电能 W 、电荷 Q 的关系为

$$U = \frac{W}{Q} \quad (1-3)$$

随时间变化的电压用小写的 u 表示,等于电能 w 对电荷 q 的变化率,即

$$u = \frac{dw}{dq} \quad (1-4)$$

在国际单位制中,电压的单位是 V(伏特,简称伏), $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ (焦耳/库仑)。根据实际需要,电压的大小可以分别用 kV(千伏)、V(伏)、mV(毫伏)和 μV (微伏)度量,它们之间的关系为 $1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$, $1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$, $1 \mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V}$ 。

电压的实际方向规定为从高电位指向低电位的方向,即电位降低的方向。通常在电路图中用“+”(高电位端)、“-”(低电位端)表示。

2. 电位

电位是衡量电荷在电路中某点所具有能量的物理量。在数值上,电路中某点的电位,等于单位正电荷由该点移动到参考点(即零电位点)时电场力所做的功。电位的单位也是 V(伏)。电位是相对的,电位的大小与参考点的选择有关。计算电位时,必须选定电路中某一点(只能选定一点)作为参考点,其电位称为参考电位,通常设参考电位为零,则参考点又称为零电位点,习惯上就叫作“地”,在电路图中用符号“ \perp ”表示。例如图 1-4 中,选定 b 点为参考点。电位的表示符号为 V_a ,下角标 a 表示此电位为 a 点相对地的电位。

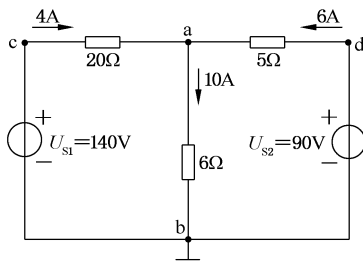


图 1-4 电位的概念

电路中某一点的电位等于该点与参考点之间的电压。参考点选定以后,电路中其他各点的电位都与其比较,比它高的为正,比它低的为负,正数值愈大则电位愈高,负数值愈大则电位愈低。所选定的参考点不同,电路中各点电位的数值也不同。

两点间的电压就是两点的电位差。它说明某一点的电位高,另一点的电位低,以及两点的电位相差多少。电压的表示符号为 U_{ab} , 下角标 ab 表示此电压为 a 点相对 b 点的电位差,即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-5)$$

参考点选得不同,电路中各点的电位值随之改变,但是任意两点间的电压值是不变的。所以各点电位的高低是相对的,而两点间的电压值是绝对的。

3. 电动势

电动势是描述电源力对电荷做功大小的物理量,即电源力将单位正电荷从电源负极经过电源内部移动到正极所做的功。直流电动势用大写的 E 表示,随时间变化的电动势用小写的 e 表示。电动势的单位也是 V (伏)。电动势的方向为在电源内部从低电位指向高电位的方向,即电位升高的方向,与电压方向相反。

1.1.5 电压和电流的参考方向

在电路分析中,当涉及某个元件或部分电路的电流或电压时,有必要指定电流或电压的参考方向。这是因为电流或电压的实际方向可能是未知的,也可能是随时间变动的,所以在电路图上用箭标或“+”“-”来标出它们的方向或极性,才能正确列出电路方程。对于电压和电流的方向,有实际方向和参考方向之分,要加以区别。

电流的方向是客观存在的。但在分析较为复杂的电路时,往往难以事先判断某支路中电流的实际方向;对交流而言其方向随时间变化,在电路图上也无法用一个箭标来表示它的实际方向。为此,在分析与计算电路时,有必要指定电流的参考方向,可任意选定某一方向作为电流的参考方向,在电路图中用箭头表示。所选电流的参考方向并不一定与电流的实际方向一致。当电流的参考方向与其实际方向一致时,则电流为正值(见图 1-5a);反之,当电流的参考方向与其实际方向相反时,则电流为负值(见图 1-5b)。图中,虚线箭头表示电流的实际方向,实线箭头表示电流的参考方向。显然,在参考方向选定之后电流之值才有正负之分。

同理,对电路中两点之间的电压也可以任意指定参考方向或参考极性,在电路图中用“+”(高电位端)、“-”(低电位端)表示。电压的参考方向规定为由“+”端指向“-”端,即为电位降低的方向。当电压的参考方向与其实际方向一

致时,则电压为正值(见图 1-6a);反之当电压的参考方向与其实际方向相反时,则电压为负值(见图 1-6b)。图中,“(+)”“(−)”表示电压的实际方向,“+”“(−)”表示电压的参考方向。

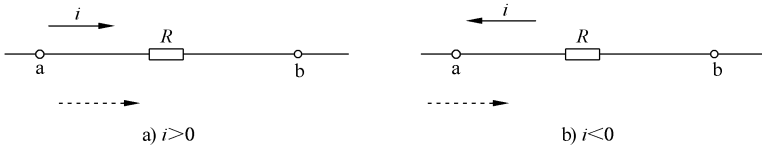


图 1-5 电流的参考方向

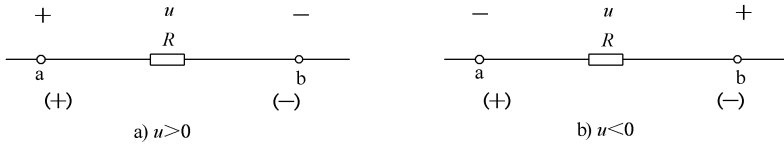


图 1-6 电压的参考方向

电压的参考方向除用极性“+”“(−)”表示外,也可用双下标表示。例如 a、b 两点之间的电压 U_{ab} ,它的参考极性是由 a 指向 b,也就是说 a 点的参考极性为“+”,b 点的参考极性为“−”。如果参考方向选为由 b 指向 a,则为 U_{ba} , $U_{ab} = -U_{ba}$ 。可知在图 1-6a 中,电压 u_{ab} 为正值, u_{ba} 则为负值。

在电路图上所标的电流和电压方向,一般都是参考方向,而不是实际方向。当参考方向与实际方向相同时,其值为正,否则为负。它们是正值还是负值,视选择的参考方向而定。

在标定电路中无源元件(如电阻、电感、电容等元件)的电压和电流参考方向时,两者常采用一致的参考方向,称为关联方向;对于电源元件(电压源、电流源),常采用电压与电流不一致的参考方向,称为非关联方向。图 1-7 中电阻元件 R 上电压与电流的参考方向为关联方向,电压源 U_s 上电压与电流的参考方向为非关联方向。

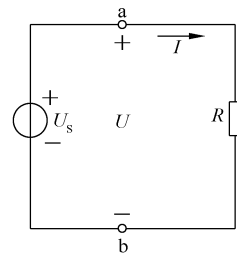


图 1-7 电压与电流的关联方向

1.1.6 电功率和能量

电能是电场力在一定时间内将正电荷从电路的一点移动到另一点所做的功,也就是该段电路所消耗或释放的电能。由电压与电流的定义,可将电路中的电能 W (或 w) 表示为

$$W = UQ = UI t \quad (1-6)$$

或

$$w = uq = uit \quad (1-7)$$

电功率是单位时间内电路各部分所转换的电能,电功率可简称为功率,用 P 或 p 表示

$$P = W/t \text{ 或 } p = \frac{dW}{dt} \quad (1-8)$$

图 1-7 所示是由电源(即电压源)与负载(即电阻)串联组成的最简单电路的能量转换。电源 U_s 提供功率,负载 R 则消耗功率。然而情况往往是复杂的。蓄电池、发电机等有源元件有可能提供功率,但也有可能像蓄电池充电那样消耗功率;电阻、电感、电容等无源元件有可能消耗功率,也有可能像储能元件电感和电容放电那样提供功率。为了反映元件在电路中的不同工作状态,在功率的量值前面标以“+”“-”符号加以区别。任何元件功率值为正值时规定为消耗功率,负值时则规定为提供功率。

电功率与电压和电流密切相关。当正电荷从元件上电压的“+”极性端经元件运动到电压的“-”极性端时,与此电压相应的电场力要对电荷做正功,这时,元件吸收电能;反之,正电荷从电压的“-”极性端经元件运动到电压“+”极性端时,电场力做负功,元件向外释放电能。

元件采用关联参考方向时,其功率可写为

$$P = UI \text{ 或 } p = ui \quad (1-9)$$

若采用非关联参考方向时,则

$$P = -UI \text{ 或 } p = -ui \quad (1-10)$$

式中,当 P 或 $p > 0$ 时,元件吸收(消耗)功率;当 P 或 $p < 0$ 时,元件发出(释放)功率。

在国际单位制中,功率的单位是 W(瓦特,简称瓦),根据实际需要,功率的大小可以分别用 MW(兆瓦)、kW(千瓦)、W(瓦)和 mW(毫瓦)来度量,它们之间的关系为 $1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$, $1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$, $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ 。

电能的单位是 J(焦耳,简称焦)。在工程上常用 kW·h(千瓦时)作为电能的计量单位,1 千瓦时即为 1 度电。千瓦时与焦耳的换算关系为 $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ 。

[思考题]

1. 电路一般由哪几部分组成? 它们分别在电路中起什么作用?
2. 电压与电动势两个概念有何共同和不同之处?
3. 有一元件接于某电路的 a、b 两点之间,已知 $U_{ab} = -5 \text{ V}$, 请问 a、b 两点哪点电位较高?

1.2 电路元件

理想电路元件(以下简称电路元件)具有单一的物理特性和严格的数学定