



21世纪高职高专规划教材·机电系列

电工电子 技术实用教程

孙琳 主编
胡立荣 张 淼 副主编



清华大学出版社
<http://www.tup.com.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

21 世纪高职高专规划教材·机电系列

电工电子技术实用教程

孙 琳 主 编

胡立荣 张 森 副主编

清华大学出版社

北京交通大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书涉及电工、模拟、数字三门课程内容,共分十一章,介绍了直流电路、正弦交流电路、磁路与变压器、异步电动机、工业企业供配电及安全用电、常用半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源、逻辑代数与组合逻辑电路、时序逻辑电路等内容。每章配有相关内容的实验及一定量的习题,书末附有部分习题的参考答案,便于教师教学与读者自学。

本书内容覆盖面广、深浅度适中、实用性强,可作为高职高专院校非电类专业电工电子技术类课程的教材,也适用于应用型本科、成人高等学校师生使用。同时也可供其他相关专业师生及工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实用教程/孙琳主编. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社, 2007.12

(21世纪高职高专规划教材·机电系列)

ISBN 978-7-81123-162-5

I. 电… II. 孙… III. ① 电工技术-高等学校:技术学校-教材 ② 电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 185336 号

责任编辑:韩 乐

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京瑞达方舟印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:21.5 字数:537千字

版 次:2008年1月第1版 2008年1月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-162-5/TM·18

印 数:1~4 000册 定价:29.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

21 世纪高职高专规划教材·机电系列

编审委员会成员名单

主任委员	李兰友	边奠英			
副主任委员	周学毛	崔世钢	王学彬	丁桂芝	赵 伟
	韩瑞功	汪志达			
委 员	(按姓名笔画排序)				
	马春荣	马 辉	万志平	万振凯	王一曙
	王永平	王建明	尤晓晔	丰继林	尹绍宏
	左文忠	叶 华	叶 伟	叶建波	付晓光
	付慧生	冯平安	江 中	佟立本	刘 炜
	刘建民	刘 晶	刘 颖	曲建民	孙培民
	邢素萍	华铨平	吕新平	陈国震	陈小东
	陈月波	陈跃安	李长明	李 可	李志奎
	李 琳	李源生	李群明	李静东	邱希春
	沈才梁	宋维堂	汪 繁	吴学毅	张文明
	张宝忠	张家超	张 琦	金忠伟	林长春
	林文信	罗春红	苗长云	竺士蒙	周智仁
	孟德欣	柏万里	宫国顺	柳 炜	钮 静
	胡敬佩	姚 策	赵英杰	高福成	贾建军
	徐建俊	殷兆麟	唐 健	黄 斌	章春军
	曹豫莪	程 琪	韩广峰	韩其睿	韩 劼
	裘旭光	童爱红	谢 婷	曾瑶辉	管致锦
	熊锡义	潘玫玫	薛永三	操静涛	鞠洪尧

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,它的根本任务是培养生产、建设、管理和
服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型专门人才,所培养的学生在掌握必
要的基础理论和专业知识的基础上,应重点掌握从事本专业领域实际工作的基本知识和职业
技能,因而与其对应的教材也必须有自己的体系和特色。

为了适应我国高职高专教育发展及其对教学改革和教材建设的需要,在教育部的指导下,
我们在全中国范围内组织并成立了“21 世纪高职高专教育教材研究与编审委员会”(以下简
称“教材研究与编审委员会”)。“教材研究与编审委员会”的成员单位皆为教学改革成效较大、办
学特色鲜明、办学实力强的高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二
级职业技术学院,其中一些学校是国家重点建设的示范性职业技术学院。

为了保证规划教材的出版质量,“教材研究与编审委员会”在全国范围内选聘“21 世纪高
职高专规划教材编审委员会”(以下简称“教材编审委员会”)成员和征集教材,并要求“教材编
审委员会”成员和规划教材的编著者必须是从事高职高专教学第一线的优秀教师或生产第一
线的专家。“教材编审委员会”组织各专业的专家、教授对所征集的教材进行评选,对列选教材
进行审定。

目前,“教材研究与编审委员会”计划用 2~3 年的时间出版各类高职高专教材 200 种,范
围覆盖计算机应用、电子电气、财会与管理、商务英语等专业的主要课程。此次规划教材全部
按教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”编写,其中部分教材是教育部《新世纪
高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》的研究成果。此次规划教
材编写按照突出应用性、实践性和针对性的原则编写并重组系列课程教材结构,力求反映高职
高专课程和教学内容体系改革方向;反映当前教学的新内容,突出基础理论知识的应用和实践
技能的培养;适应“实践的要求和岗位的需要”,不依照“学科”体系,即贴近岗位群,淡化学科;
在兼顾理论和实践内容的同时,避免“全”而“深”的面面俱到,基础理论以应用为目的,以必需、
够用为度;尽量体现新知识、新技术、新工艺、新方法,以利于学生综合素质的形成和科学思维
方式与创新能力的培养。

此外,为了使规划教材更具广泛性、科学性、先进性和代表性,我们希望全国从事高职高专
教育的院校能够积极加入到“教材研究与编审委员会”中来,推荐“教材编审委员会”成员和有
特色、有创新的教材。同时,希望将教学实践中的意见与建议及时反馈给我们,以便对已出版
的教材不断修订、完善,不断提高教材质量,完善教材体系,为社会奉献更多更新的与高职高专
教育配套的高质量教材。

此次所有规划教材由全国重点大学出版社——清华大学出版社与北京交通大学出版社联
合出版,适合于各类高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业
技术学院使用。

21 世纪高职高专教育教材研究与编审委员会
2007 年 12 月

前 言

随着科学技术与国民经济的不断发展,各学科与专业不断渗透,许多复合型工程专业都广泛应用电工电子技术相关知识,如数控技术、机械设计与制造、机电一体化等专业对电工电子技术的需求越来越迫切,本书贯彻以培养高职学生实践技能为重点、基础理论与实际应用相结合的指导思想,力求体现“精练”与“实用”,内容上反映电工电子技术必须的基础知识和在机电领域的基础应用,体系上贯穿应用实例,重点阐明器件、电路、系统的工作原理,强调分析与应用、实践技能的提高。

本书根据高职高专教育的特点和要求及编者多年高职高专教育的经验积累,本着保证基础、掌握基本概念、结合生产实际、注重能力培养的原则,在内容安排上,以应用为目的,注重实用性,先进性,尽量删繁就简,遵循由浅入深,循序渐进的认知规律,将基本知识的学习重点放在器件的外部特性和使用上,使教材重点突出,概念清楚,实用性强,注重综合应用能力和基本技能的培养。

电工电子技术是一门应用性很强的专业基础课,课程内容涉及电工、模拟电路、数字电路三门课程,实践性较强,这就要求学习者既要掌握基础理论知识,又要结合生产实际,注重能力的培养,学习起来有较大的难度。在教学中要根据高职学生的知识基础及就业岗位需求组织教学内容,同时应采用适宜的教学方法,教、学、练一体化,注意理论教学与实践教学的融合。本教材在编写过程中充分考虑了高职学生的学习特点及实际工作需要,注重教材的应用性、先进性、可读性,适用于高职二年制及三年制非电类专业学生使用,也适用于应用型本科、成人高等学校学生使用。全书共分十一章,介绍了直流电路、正弦交流电路、磁路与变压器、异步电动机、工业企业供配电及安全用电、常用半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源、逻辑代数与组合逻辑电路、时序逻辑电路等内容。每章配有相关内容的实验实训及一定量的习题,书末附有部分习题的参考答案,便于教师教学与读者自学。

本书编写时在基础理论方面避免内容偏多、偏难、偏深的倾向,注重分析问题和解决问题能力的培养,理论与实践相结合,在理论讲授中注重传授实用知识和实用技术,各节内容安排相对独立,便于不同专业、不同学时的课程根据需要选学。

本书由孙琳主编,制定了编写大纲,撰写了前言,负责全书的修改及通稿,并编写了第10、11章。张森编写了第1、3章,唐静编写了第2章,赵娜编写了第4、5章,姜洪雁编写了第6、9章,胡立荣编写了第7、8章。辽宁信息职业技术学院电子信息系领导和教师在本书的编写过程中提供了有价值的参考意见及参考资料,在此表示感谢,也向为本书出版提供帮助的其他朋友表示感谢。

在本书编写过程中,编者参考了目前国内比较优秀的电工电子技术方面的有关资料,在此谨向有关作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中错误及不足在所难免,热忱欢迎广大专家及读者对本书提出宝贵意见。

编 者
2008年1月

目 录

第 1 章 直流电路	1
1.1 电路模型	1
1.1.1 电路	1
1.1.2 电路模型	2
1.2 电路的基本物理量	2
1.2.1 电流	2
1.2.2 电压	3
1.2.3 电动势	3
1.2.4 电功率	4
1.3 电阻元件	4
1.3.1 欧姆定律	4
1.3.2 线性电阻、非线性电阻	5
1.3.3 电阻元件的连接	6
1.4 基尔霍夫定律	7
1.4.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	8
1.4.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	9
1.4.3 基尔霍夫定律的应用——支路电流法	9
1.5 电压源、电流源及其等效变换	10
1.5.1 电压源	10
1.5.2 电流源	11
1.5.3 电压源与电流源的等效变换	12
1.6 叠加定理	13
1.7 戴维南定理概论	14
1.7.1 有源二端网路	14
1.7.2 戴维南定理	15
1.8 节点电压法	16
1.9 实验	17
1.9.1 实验一:直流电路电位的测量	17
1.9.2 实验二:基尔霍夫定律的验证	18
小结	20
习题	20
第 2 章 正弦交流电路	24
2.1 正弦量与正弦电路	24

2.1.1	正弦量的基本概念	24
2.1.2	正弦量的相量表示法	27
2.2	正弦交流电路的分析	29
2.2.1	单一参数的正弦交流电路	29
2.2.2	正弦交流电路的分析与计算	35
2.3	谐振	40
2.3.1	串联谐振	40
2.3.2	并联谐振	42
2.4	三相正弦交流电路	43
2.4.1	三相电源及连接	44
2.4.2	三相负载的连接	46
2.4.3	三相电路的功率及其测量	52
2.5	电路的过渡过程	54
2.5.1	过渡过程的产生与换路定律	54
2.5.2	一阶电路的零输入响应	56
2.5.3	一阶电路的零状态响应	59
2.5.4	一阶电路的全响应	62
2.5.5	一阶电路的三要素法	63
2.6	实验	64
2.6.1	实验三:日光灯电路及功率因数的提高	64
2.6.2	实验四:RLC 串联电路实验	67
	小结	69
	习题	71
第 3 章	磁路与变压器	75
3.1	磁路的基本知识	75
3.1.1	磁场的基本物理量	75
3.1.2	铁磁材料	77
3.1.3	磁路及磁路欧姆定律	80
3.2	变压器	82
3.2.1	单相变压器	83
3.2.2	三相变压器	87
3.2.3	特殊变压器	88
3.3	实验五:变压器特性测试	91
	小结	93
	习题	94
第 4 章	异步电动机	95
4.1	三相异步电动机的结构和工作原理	95
4.1.1	三相异步电动机基本结构	95
4.1.2	三相异步电动机的工作原理	97

4.2	三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	102
4.3	三相异步电动机的铭牌和选择	105
4.4	三相异步电动机的使用	107
4.4.1	三相异步电动机的启动	107
4.4.2	三相异步电动机的调速	109
4.4.3	三相异步电动机的制动	110
4.5	其他电动机	111
4.5.1	单相异步电动机	111
4.5.2	直流电动机	113
4.5.3	控制电动机	117
4.6	实验六:三相异步电动机的使用	119
	小结	120
	习题	122
第5章	工业企业供配电与安全用电	123
5.1	工业企业供配电系统	123
5.2	安全用电技术	124
5.3	电气火灾	127
	小结	130
	习题	131
第6章	常用半导体器件	132
6.1	二极管及其应用	132
6.1.1	半导体的基本知识	132
6.1.2	二极管的结构和类型	135
6.1.3	二极管的特性及参数	136
6.1.4	特殊二极管	138
6.2	三极管及其应用	140
6.2.1	三极管的结构和类型	140
6.2.2	三极管的放大特性	141
6.2.3	三极管的特性曲线	143
6.2.4	三极管的主要参数	144
6.3	场效应管及其应用	146
6.3.1	结型场效应管	146
6.3.2	绝缘栅场效应管	148
6.3.3	场效应管的主要参数	150
6.3.4	场效应管的作用	151
6.3.5	场效应管与三极管的比较	151
6.4	实验七:半导体器件的测量与判别	151
	小结	153
	习题	154

第7章 基本放大电路	156
7.1 共射极单管放大电路	156
7.1.1 共射极单管放大电路的组成和工作原理	156
7.1.2 直流通路和交流通路	157
7.1.3 静态分析	158
7.1.4 动态分析	160
7.2 分压式偏置放大电路	162
7.2.1 分压式偏置放大电路的组成	163
7.2.2 稳定静态工作点的原理	163
7.2.3 电路定量分析	164
7.3 共集电极放大电路	166
7.3.1 电路组成及各元件的作用	166
7.3.2 电路分析	167
7.4 多级放大电路	169
7.4.1 多级放大电路的组成	169
7.4.2 多级放大电路的性能分析	170
7.4.3 多级放大电路的耦合方式	170
7.5 功率放大电路	172
7.5.1 功率放大电路的特点与主要要求	172
7.5.2 功率放大电路的分类	173
7.5.3 互补对称功率放大电路	174
7.6 实验八:共射级单管放大电路	175
小结	178
习题	179
第8章 集成运算放大器	183
8.1 集成运算放大器	183
8.1.1 集成运算放大器的组成	183
8.1.2 差动放大电路的组成和抑制零点漂移的原理	184
8.1.3 差动放大电路的输入、输出方式	185
8.1.4 差动放大电路的主要技术指标	186
8.1.5 集成运放的性能指标	186
8.1.6 理想运算放大器	188
8.2 集成运算放大器的应用	189
8.2.1 比例运算	189
8.2.2 加法运算	192
8.2.3 减法运算	193
8.2.4 积分运算电路	194
8.2.5 微分运算电路	195
8.3 放大电路中的负反馈	197

8.3.1	反馈的概念	197
8.3.2	反馈的分类和作用	197
8.3.3	反馈的类型判断	198
8.3.4	负反馈放大器的四种组态	198
8.4	电压比较器	200
8.4.1	基本电压比较器	200
8.4.2	滞回电压比较器	203
8.5	实验九:集成运算放大器的基本应用——模拟运算电路	204
	小结	208
	习题	209
第9章	直流稳压电源	214
9.1	直流稳压电源的组成	214
9.2	整流电路	215
9.2.1	整流电路的性能指标	215
9.2.2	单相半波整流电路	215
9.2.3	单相桥式整流电路	216
9.3	滤波电路	218
9.3.1	电容滤波电路	218
9.3.2	电感滤波电路	220
9.3.3	复式滤波电路	220
9.4	稳压电路	221
9.4.1	硅稳压管稳压电路	221
9.4.2	串联型三极管稳压电路	222
9.4.3	集成稳压器	223
9.4.4	稳压电源的主要技术指标	224
9.5	实验十:稳压电路的测试	225
	小结	228
	习题	229
第10章	逻辑代数与组合逻辑电路	230
10.1	数字电路概述	230
10.1.1	数字信号与数字电路	230
10.1.2	数制与码制	231
10.2	基本逻辑关系与逻辑门电路	236
10.2.1	基本逻辑关系	236
10.2.2	常用复合逻辑	239
10.2.3	基本公式和基本定理	241
10.2.4	逻辑函数及其化简	242
10.3	逻辑集成门电路	248
10.3.1	常用 TTL 集成门电路	248

10.3.2	TTL 集成门电路的主要参数	250
10.3.3	OC 门和三态门	251
10.3.4	集成逻辑门使用中应注意的问题	254
10.4	组合逻辑电路的分析与设计	256
10.4.1	组合逻辑电路的分析	256
10.4.2	组合逻辑电路的设计	257
10.5	编码器	259
10.5.1	普通编码器	260
10.5.2	优先编码器	260
10.6	译码器	262
10.6.1	二进制译码器	262
10.6.2	二-十进制译码器	264
10.6.3	数字显示译码器	265
10.7	数据选择器和数据分配器	267
10.7.1	数据选择器	267
10.7.2	数据分配器	269
10.8	数值比较器	269
10.9	加法器	271
10.9.1	半加器	271
10.9.2	全加器	271
10.9.3	多位加法器	272
10.9.4	加法器的应用	272
10.10	实验十一:组合逻辑电路的测试与设计	273
10.11	实验十二:译码及译码显示电路	277
	小结	282
	习题	283
第 11 章	时序逻辑电路	288
11.1	触发器	288
11.1.1	基本 RS 触发器	288
11.1.2	同步(钟控)RS 触发器	290
11.1.3	边沿 JK 触发器	292
11.1.4	D 触发器	293
11.1.5	T 和 T' 触发器	294
11.1.6	触发器的相互转换	294
11.2	计数器	295
11.2.1	异步二进制计数器	296
11.2.2	异步十进制计数器 74LS90	297
11.2.3	同步二进制计数器 74LS161	299
11.2.4	十进制可逆集成计数器 74LS192	302

11.3 寄存器.....	303
11.3.1 锁存器.....	304
11.3.2 基本寄存器	304
11.3.3 移位寄存器	305
11.3.4 移位寄存器的应用	306
11.4 实验十三:计数器	309
小结.....	312
习题.....	314
习题答案.....	317
参考文献.....	328

第 1 章 直流电路

本章主要内容

本章主要讨论电路模型、电路的基本物理量和电路的基本元件。引入了电流、电压的参考方向的概念。应用欧姆定律、基尔霍夫定律等电路的基本定律对直流电路进行分析计算。

本章要求

- ◇ 了解电路的基本概念并理解电路的基本物理量及其参考方向的概念。
- ◇ 掌握基尔霍夫定律及其应用,学会运用支路电流法分析计算复杂直流电路。
- ◇ 掌握两种实际电源模型之间的等效变换方法并应用其解决复杂电路问题。
- ◇ 掌握用叠加定理、戴维南定理分析计算电路的方法。
- ◇ 了解节点电压法。

1.1 电路模型

1.1.1 电路

电路是为了实现和完成某种需要而将电气器件按一定方式连接起来的总体,它提供了电流通过的闭合路径。图 1-1 所示为一个最简单的实际电路,图 1-2 所示为其电路模型。

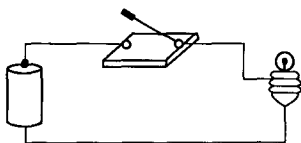


图 1-1 实际电路

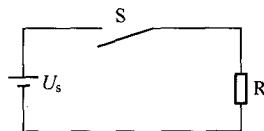


图 1-2 图 1-1 的电路模型

电路主要由电源、负载和中间环节三部分组成,电源是电路中能量的提供装置(如电池、发电机等);负载是取用电能的装置,它把电能转换为其他形式的能量(如灯泡等用电器);中间环节用来连接电源和负载,为电流提供通路,把电源的能量供给负载,并根据负载需要接通和断开电路(如各种铜、铝电缆线和开关等)。

电路的功能和作用有两类:第一类功能是进行能量的转换、传输和分配,典型的电路是电力系统,如图 1-3 所示;第二类功能是进行信号的传递与处理,例如,扩音机的输入是由声音转换而来的电信号,通过晶体管组成的放大电路,输出的便是放大的电信号,从而实现了放大功能,如图 1-4 所示;电视机可将接收到的信号,经过处理转换成图像和声音等。

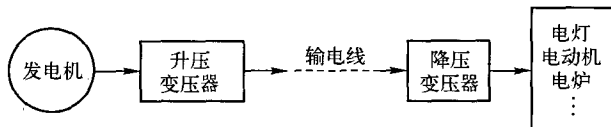


图 1-3 电力系统

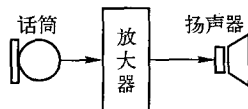


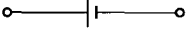
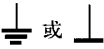
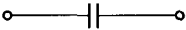
图 1-4 扩音机电路

1.1.2 电路模型

电路是由电特性相当复杂的元器件组成的,为了便于使用数学方法对电路进行分析,可将电路实体中的各种电器设备和元器件用一些能够表征它们主要电磁特性的理想元件(模型)来代替,而对它的实际上的结构、材料、形状等非电磁特性不予考虑。理想元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件、电源元件等。表 1-1 给出了常用理想元件及符号。

由理想元件构成的电路叫做实际电路的电路模型(如图 1-2 所示),今后分析的都是电路模型,简称电路。

表 1-1 常用理想元件及符号

名 称	符 号	名 称	符 号
电阻		电压表	
电池		接地	
电灯		熔断器	
开关		电容	
电流表		电感	

1.2 电路的基本物理量

1.2.1 电流

电流是由电荷的定向运动形成的。在导体中,带负电的自由电子在电场力的作用下,逆着电场方向作定向移动形成电流。大小和方向均不随时间变化的电流叫恒定电流,简称直流。

电流的强弱用电流强度来表示,直流电流强度 I 用单位时间内通过导体截面的电量 Q 来表示,电流的单位是 A(安[培]),即

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

计算微小电流时,电流的单位用 mA(毫安)、 μ A(微安)或 nA(纳安),其换算关系为:

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

习惯上把正电荷运动方向规定为电流的实际方向。在外电路,电流由正极流向负极;在内电路,电流由负极流向正极。在简单电路中,电流的实际方向可由电源的极性确定,在复杂电路中,电流的方向有时事先难以确定,此时可借助参考方向来解决。

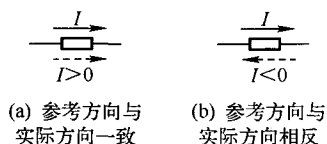


图 1-5 电流的方向

在进行电路计算时,先任意选定某一方向作为待求电流的方向,并根据此方向进行计算,若计算得到的结果为正值,说明电流的实际方向与选定的方向相同;若计算得到的结果为负值,说明电流的实际方向与选定的方向相反。这个假定的电流方向称作参考方向。图 1-5 表示电流的参考方向(图

中实线所示)与实际方向(图中虚线所示)之间的关系。

1.2.2 电压

电场力把单位正电荷从电场中 A 点移到 B 点所做的功 W_{AB} 称为 A 与 B 两点间的电压, 用 U_{AB} 表示, 即

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1-2)$$

电压的单位为: V(伏[特])。如果电场力把 1C 电量从 A 点移到 B 点所做的功是 1J(焦耳), 则 A 与 B 两点间的电压就是 1V。

计算较大的电压时用 kV(千伏), 计算较小的电压时用 mV(毫伏)。其换算关系为:

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

电压的实际方向规定为从高电位点指向低电位点, 即由“+”极指向“-”极, 因此, 在电压的方向上电位是逐渐降低的, 即电压降方向。

电压总是相对两点之间的电位而言的, 所以用双下标表示, 一个下标(如 A)代表起点, 另一个下标(如 B)代表终点。电压的方向则由起点指向终点, 有时用箭头在图上标明。当标定的参考方向与电压的实际方向相同时(图 1-6(a)), 电压为正值; 当标定的参考方向与实际电压方向相反时(图 1-6(b)), 电压为负值。

电流、电压的参考方向可以任意规定而不影响实际结果, 当规定的参考方向与实际电压方向相反时, 计算出来的量值相差一个负号。参考方向一经规定, 在整个电路的分析计算中就必须以此为准, 不能变动。电压和电流的参考方向可以分别独立规定, 但是, 一般规定同一个元件的电压和电流的参考方向相同, 即电流的参考方向为从电压的正极性端流入该元件, 而从它的负极性端流出(图 1-7(a))。此时, 该元件的电压、电流参考方向为关联参考方向; 反之, 则称为非关联方向(图 1-7(b))。

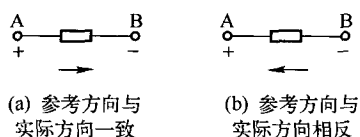


图 1-6 电压的方向

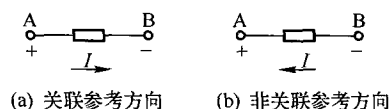


图 1-7 电压、电流参考方向的关联与非关联

1.2.3 电动势

为了维持电路中有持续不断的电流, 必须有一种外力, 把正电荷从低电位处(如负极 B)移到高电位处(如正极 A)。在电源内部就存在着这种外力。如图 1-8 所示, 外力克服电场力把单位正电荷由低电位 B 端移到高电位 A 端, 所做的功称为电动势, 用 E 表示。电动势的单位也是 V。如果外力把 1C 的电量从点 B 移到点 A, 所做的功是 1J, 则电动势就等于 1V。

电动势的方向规定为从低电位指向高电位, 即由“-”极指向“+”极。

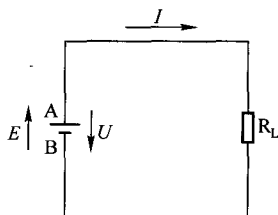


图 1-8 电动势

1.2.4 电功率

在直流电路中,根据电压的定义,电场力所做的功是 $W = QU$ 。把单位时间内电场力所做的功称为电功率(简称功率),则有:

$$P = \frac{QU}{T} = UI \quad (1-3)$$

功率的单位是 W(瓦[特])。对于大功率,采用 kW(千瓦)或 MW(兆瓦)作单位,对于小功率则用 mW(毫瓦)或 μ W(微瓦)作单位。

一个电路最终的目的是电源将一定的电功率传送给负载,负载将电能转换成工作所需要的一定形式的能量,即电路中存在发出功率的器件(供能元件)和吸收功率的器件(耗能元件)。习惯上,通常把耗能元件吸收的功率写成正数,把供能元件发出的功率写成负数,而储能元件(如理想电容、电感元件)既不吸收功率也不发出功率,其功率 $P = 0$ 。通常所说的功率 P 又叫做有功功率或平均功率。

对于直流电路,若电压和电流为关联参考方向,则功率的计算公式为:

$$P = UI \quad (1-4)$$

若电压和电流为非关联参考方向,则功率的计算公式为:

$$P = -UI \quad (1-5)$$

在分析计算时,无论用的是哪个公式,只要 $P > 0$,则表明该元件吸收功率或消耗功率,为负载; $P < 0$,则表明该元件为发出功率或产生功率,为电源。

当已知设备的功率为 P 时,在 t 秒内消耗的电能为 $W = Pt$,电能就等于电场力所做的功,单位是 J(焦[耳])。在电工技术中,往往直接用 $W \cdot s$ (瓦特秒)作单位,实际上则用 $kW \cdot h$ (千瓦小时)作单位,1 $kW \cdot h$ 的电能俗称 1 度电。1 $kW \cdot h = 3.6 \times 10^6 W \cdot s$ 。

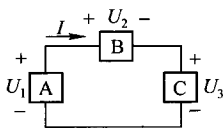


图 1-9 例题 1-1 图

例 1-1 如图 1-9 所示: $I = 1 A$, $U_1 = 10 V$, $U_2 = 6 V$, $U_3 = 4 V$ 。求各元件功率,并分析电路的功率平衡关系。

解: 元件 A: 非关联方向, $P_1 = -U_1 I = -10 \times 1 = -10 W$, $P_1 < 0$, 产生 10 W 功率, 为电源。

元件 B: 关联方向, $P_2 = U_2 I = 6 \times 1 = 6 W$, $P_2 > 0$, 吸收 6 W 功率, 为负载。

元件 C: 关联方向, $P_3 = U_3 I = 4 \times 1 = 4 W$, $P_3 > 0$, 吸收 4 W 功率, 为负载。

$P_1 + P_2 + P_3 = -10 + 6 + 4 = 0$, 功率平衡。

1.3 电阻元件

1.3.1 欧姆定律

电阻元件是一种实际电路中的耗能元件,如电炉、电灯等。欧姆定律指出:导体中的电流 I 与加在导体两端的电压 U 成正比,与导体的电阻 R 成反比。

1. 一段电路的欧姆定律

图 1-10 所示电路,是不含电动势,只含有电阻的一段电路。