

全国高职高专电子信息类专业规划教材

电工与电子技术

DIANGONG YU DIANZI JISHU

侯继红 侯 涛 主 编
刘敬平 李春杰 刘金魁 副主编
李向东 主 审



ELECTRONIC
FORMATION

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

全国高职高专电子信息类专业规划教材

电工与电子技术

侯继红	侯 涛	主 编
刘敬平	李春杰	副主编
温铭丽	郭艳红	参 编
	李向东	主 审

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书是全国高职高专电子信息类专业规划教材,具有较强的可读性和适用性。全书共分为 14 章,主要内容包括电路的基本概念与基本定律、电路的基本分析方法和基本定理、正弦交流电路、三相交流电路、线性电路的暂态分析、磁路与变压器、异步电动机、可编程控制器、半导体二极管和晶体三极管、基本放大电路、集成运算放大电路、直流稳压电源、门电路、触发器。每章后附有小结、习题,帮助学生巩固所学知识。

本书突出当前高等职业教育的特点,结构合理,层次分明,条理清晰,内容翔实,通俗易懂,重点突出,概念阐述清楚、准确,例题丰富、讲解详细。

本书可作为高职院校制造大类、电子信息大类相关专业的教材,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/侯继红,侯涛主编. —北京:中国铁道出版社,2012.8

全国高职高专电子信息类专业规划教材

ISBN 978-7-113-14680-1

I. ①电… II. ①侯… ②侯… III. ①电工技术—高等职业教
育—教材 ②电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 186090 号

书 名: 电工与电子技术

作 者: 侯继红 侯 涛 主编

策 划: 秦绪好 胡冰艳

读者热线: 400—668—0820

责任编辑: 祁 云 吴 飞

封面设计: 付 巍

封面制作: 白 雪

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

版 次: 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15.5 字数: 371 千

印 数: 1~3000 册

书 号: ISBN 978-7-113-14680-1

定 价: 30.00 元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签,无标签者不得销售

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

随着科技的发展,很多新技术被应用到工业生产中,这些都离不开自动化技术及其应用。本书增加了新技术的引入,以满足当前高职教育的需求。本书的编者都是长期从事电工与电子技术教学和实践的一线教师,有着丰富的教学和实践经验。

针对目前全国许多院校采取的理实一体化教学、精品课程建设等多项教学改革措施和目前的生源情况,编者对教材的内容作了进一步梳理,努力做到贴合实际,深入浅出,通俗易懂。同时对每章起始部分进行了提炼加工,做到开门见山地引入问题。对每章后面的小结内容进行了精简,突出重点和难点,有助于学生复习时抓住重点,巩固所学的知识。

本书由侯继红、侯涛任主编,刘敬平、李春杰、刘金魁任副主编。具体编写分工为:焦作大学侯涛编写第3章,焦作大学刘敬平编写第5章、第6章和第7章,焦作大学李春杰编写第9章和第10章,河南工程技术学校刘金魁编写第11章和第14章,平高集团有限公司温铭丽编写第2章和第4章,焦作大学郭艳红编写第1章和第8章,河南工程技术学校焦强编写第12章和第13章。全书由焦作大学李向东副教授主审。

由于编者的水平有限,书中难免存在疏漏与不足之处,欢迎广大读者和同行提出宝贵意见。为便于教学,书中习题答案和电子课件可向作者索取,邮箱:dgydzjz@126.com。

编 者

2012年5月

第一章 电路的基本概念与基本定律 ··· 1

1.1 电路和电路模型	1
1.1.1 电路的作用	1
1.1.2 电路的组成	2
1.1.3 电路模型	2
1.2 电路的基本物理量及参考方向	3
1.2.1 电流	3
1.2.2 电压	3
1.2.3 电流和电压的参考方向	4
1.2.4 功率	5
1.2.5 电位	6
1.2.6 电动势	7
1.3 电阻元件和欧姆定律	7
1.3.1 电阻元件	7
1.3.2 欧姆定律	8
1.3.3 电阻的串联、并联和混联	8
1.4 有源元件	12
1.4.1 理想电源	12
1.4.2 实际电源	13
1.4.3 实际电源的等效	14
1.5 电路的工作状态	16
1.5.1 有载工作状态及额定工作状态	16
1.5.2 断路	17
1.5.3 短路	17
1.6 基尔霍夫定律	17
1.6.1 基尔霍夫电流定律	18
1.6.2 基尔霍夫电压定律	19
1.7 受控源	20
1.7.1 受控源及其种类	20
1.7.2 受控源和独立源的异同	21
1.7.3 受控源电路的计算	21

小结 ··· 22

习题一 ··· 22

第二章 电路的基本分析方法和基本定理 ··· 27

2.1 支路电流法	27
2.1.1 定义	27
2.1.2 解题步骤	27
2.1.3 应用举例	27
2.1.4 注意事项	28
2.2 节点电位法	29
2.2.1 定义	29
2.2.2 节点电压方程和弥尔曼定理	29
2.2.3 应用举例	30
2.2.4 注意事项	31
2.3 叠加定理	32
2.3.1 定理内容	32
2.3.2 应用举例	32
2.3.3 注意事项	34
2.4 齐次定理	36
2.5 戴维南定理	37
2.5.1 定理内容	38
2.5.2 解题步骤	38
2.5.3 应用举例	38
2.5.4 注意事项	39
小结	41

习题二 ··· 41

第三章 正弦交流电路 ··· 45

3.1 正弦量的三要素	45
3.2 复数及其运算	48
3.2.1 复数的形式	48
3.2.2 复数的运算	50
3.3 正弦量的相量表示法	51
3.3.1 相量简介	51

3.3.2 相量图	52	4.1.4 对称三相电源的连接 ...	90
3.3.3 基尔霍夫定律的相量形式	53	4.2 三相负载及对称三相电路	92
3.4 电阻、电感和电容元件伏安关系的相量形式及功率	54	4.2.1 三相负载的连接	92
3.4.1 电阻元件伏安关系的相量形式及功率	54	4.2.2 对称三相电路	92
3.4.2 电感元件伏安关系的相量形式及功率	57	4.3 不对称三相电路	96
3.4.3 电容元件伏安关系的相量形式及功率	60	4.3.1 不对称三相电路的分析与计算	96
3.5 RLC 串联电路和阻抗	63	4.3.2 不对称三相电路分析的注意事项	97
3.5.1 RLC 串联电路中电压与电流的关系	63	4.4 三相电路的功率	98
3.5.2 阻抗	64	4.4.1 三相电路的瞬时功率 ...	98
3.5.3 RLC 串联电路的性质	66	4.4.2 三相负载的有功功率和无功功率	98
3.5.4 阻抗串联的交流电路 ...	68	4.4.3 三相负载的视在功率 ...	99
3.6 RLC 并联电路和导纳	69	小结	100
3.6.1 RLC 并联电路中电压与电流的关系	69	习题四	100
3.6.2 导纳	70	第五章 线性电路的暂态分析	102
3.6.3 导纳的并联	72	5.1 暂态过程和换路定律	102
3.7 交流电路的功率	74	5.1.1 暂态过程	102
3.7.1 瞬时功率	74	5.1.2 换路定律	103
3.7.2 有功功率	74	5.2 RC 电路暂态分析	104
3.7.3 无功功率	75	5.2.1 RC 电路的零输入响应	104
3.7.4 视在功率	75	5.2.2 RC 电路的零状态响应	106
3.7.5 功率因数及其提高 ...	78	5.2.3 RC 电路的全响应 ...	107
3.8 电路中的谐振	79	5.3 RL 电路暂态分析	107
3.8.1 串联谐振	79	5.3.1 RL 电路的零输入响应	107
3.8.2 并联谐振	81	5.3.2 RL 电路的零状态响应	109
小结	83	5.4 一阶线性电路暂态分析	109
习题三	85	5.4.1 一阶电路暂态分析的“三要素”法	109
第四章 三相交流电路	88	5.4.2 电路响应中“三要素”的确定	110
4.1 三相正弦交流电源	88	小结	111
4.1.1 三相正弦交流电动势的产生	88	习题五	111
4.1.2 三相电源的表示法 ...	89	第六章 磁路与变压器	113
4.1.3 三相电源的特征 ...	89	6.1 磁路	113

6.1.1 铁磁材料简介	113	习题七	139
6.1.2 铁磁材料的种类	114	第八章 可程序控制器	140
6.1.3 磁路的概念	115	8.1 可程序控制器简介	140
6.1.4 磁路基本定律	116	8.1.1 可程序控制器的组成	140
6.2 交流铁心线圈电路	116	8.1.2 可程序控制器的基本工作过程	141
6.2.1 电磁关系	116	8.1.3 可程序控制器与继电器控制的异同	142
6.2.2 功率损耗	117	8.2 可程序控制器的特点	142
6.3 变压器	118	8.3 可程序控制器的指令系统	143
6.3.1 变压器的作用	118	8.3.1 可程序控制器的“软继电器”及其编号	143
6.3.2 变压器的结构	118	8.3.2 可程序控制器的指令系统	143
6.3.3 变压器的原理及作用	119	小结	148
6.3.4 变压器的参数	121	习题八	148
6.3.5 变压器的选择	122	第九章 半导体二极管和晶体三极管	149
6.3.6 特殊变压器	123	9.1 半导体基础知识	149
小结	126	9.1.1 本征半导体	149
习题六	126	9.1.2 杂质半导体	150
第七章 异步电动机	128	9.1.3 PN 结	151
7.1 三相异步电动机的结构及参数	128	9.2 半导体二极管	153
7.1.1 三相异步电动机的结构	128	9.2.1 二极管的特性	153
7.1.2 三相异步电动机的参数	130	9.2.2 二极管的主要参数	154
7.2 三相异步电动机的工作原理	131	9.2.3 稳压二极管	155
7.2.1 旋转磁场的产生	131	9.3 晶体三极管	156
7.2.2 旋转磁场的转速和转向	132	9.3.1 晶体管的基本结构和主要参数	156
7.2.3 转子的转动原理	133	9.3.2 晶体管的特性曲线	159
7.3 三相异步电动机的使用	134	小结	160
7.3.1 三相异步电动机的启动	134	习题九	161
7.3.2 三相异步电动机的调速	136	第十章 基本放大电路	164
7.3.3 三相异步电动机的反转	136	10.1 基本放大电路简介	164
7.3.4 三相异步电动机的制动	136	10.1.1 放大的概念	164
7.3.5 三相异步电动机的选择	138	10.1.2 放大电路的性能指标	164
小结	138	10.2 基本共射放大电路的组成	165

10.3 静态工作情况分析	166	12.2.2 单相全波整流电路 ...	200
10.4 动态工作情况分析	167	12.2.3 单相桥式整流电路 ...	201
10.5 静态工作点与输出波形失真的 关系	171	12.3 滤波电路	202
10.6 静态工作点的稳定	172	12.3.1 电容滤波电路	202
10.7 共集电极放大电路	174	12.3.2 电感滤波电路	204
10.7.1 静态分析	175	12.3.3 LC 滤波电路	204
10.7.2 动态分析	175	12.3.4 π 型滤波电路	204
小结	177	12.4 直流稳压电路	205
习题十	177	小结	206
第十一章 集成运算放大电路	180	习题十二	206
11.1 集成运算放大电路简介	180	第十三章 门电路	208
11.1.1 集成电路	180	13.1 逻辑门电路	208
11.1.2 集成运算放大器及其 组成	181	13.2 逻辑代数	210
11.2 差动放大电路	182	13.2.1 逻辑代数基本公式和 定律	210
11.2.1 直接耦合放大电路的特殊 问题——零点漂移 ...	182	13.2.2 逻辑函数的化简	211
11.2.2 差动放大器的基本 电路和工作原理	183	13.3 集成逻辑门电路	212
11.2.3 差动放大电路的输入 输出方式	184	13.3.1 典型 TTL“与非” 门电路	212
11.3 集成运算放大器的应用	187	13.3.2 TTL“与非”门电路的 特性与主要参数	213
11.3.1 集成运算放大器的 模型和主要参数	187	13.3.3 改进型 TTL“与非”门 电路	218
11.3.2 比例运算电路	189	小结	218
11.3.3 加法运算电路	190	习题十三	218
11.3.4 减法运算电路	190	第十四章 触发器	220
11.3.5 积分运算电路	191	14.1 基本 RS 触发器	220
11.3.6 微分运算电路	191	14.1.1 基本 RS 触发器的电路 构成和逻辑符号	220
11.4 反馈	191	14.1.2 基本 RS 触发器的逻辑 功能描述	220
11.4.1 反馈的基本概念	191	14.1.3 集成基本 RS 触发器 ...	222
11.4.2 反馈的分类	192	14.2 时钟控制的触发器	222
11.4.3 反馈的判断	194	14.2.1 RS 触发器	222
小结	194	14.2.2 JK 触发器	224
习题十一	195	14.2.3 D 触发器	225
第十二章 直流稳压电源	198	14.2.4 T 触发器	226
12.1 直流稳压电源的组成	198	14.2.5 集成 D 锁存器	227
12.2 单相整流电路	199	14.3 主从触发器	228
12.2.1 单相半波整流电路 ...	199	14.3.1 逻辑电路图和逻辑	

符号	228	14.5.1 JK 触发器转换成 D 、 T	
14.3.2 逻辑功能描述	229	触发器	231
14.4 集成边沿触发器	229	14.5.2 D 触发器转换成 JK 、 T	
14.4.1 维持阻塞触发器	229	和 T' 触发器	232
14.4.2 边沿触发器	229	小结	232
14.4.3 集成边沿触发器		习题十四	233
举例	230	参考文献	235
14.5 不同触发器的转换	231		

第一章

➡ 电路的基本概念与基本定律



本章要点

本章介绍电路模型,电压、电流参考方向,电路基本物理量和计算方法,电压源和电流源,受控源等基本概念。电路的基本定律——欧姆定律和基尔霍夫定律是本课程的重要内容之一,应很好掌握。

1.1 电路和电路模型

电路是电流所通过的路径。由金属导线和电气以及电子部件组成的导电回路,称为电路。直流电通过的电路称为“直流电路”;交流电通过的电路称为“交流电路”。

1.1.1 电路的作用

电路的作用是实现电能的传输和转换。根据其基本作用,可以分为两大类:

(1) 能量的传输、分配和转换。图 1-1 所示为电力系统的示意图。发电厂将自然界的一次能源通过发电动力装置(主要包括锅炉、汽轮机、发电机及电厂辅助生产系统等)转化成电能,再经输、变电系统及配电系统将电能供应到各负荷中心,通过各种设备再转换成动力、热、光等不同形式的能量。发电机是电源,是供应电能的设备;电灯、电动机、电炉等是负载,是取用电能的设备;变压器、输电线是中间环节,是连接电源和负载的部分,起传输和分配电能的作用。



图 1-1 电力系统示意图

(2) 信号的传递和处理。图 1-2 所示为扩音机电路,通过传声器把语言或音乐(通常称为信息)转换为微弱的电压和电流(它们就是电信号),经过放大器,电信号被放大,而后通过电路



图 1-2 扩音机电路

传递到扬声器,扬声器再把电信号还原为语言或音乐。信号的这种转换和放大,称为信号的处理。

不论电能的传输和转换,还是信号的传递和处理,其中电源或信号源的电压或电流均称为激励。由于激励而在电路各部分产生的电压或电流称为响应。

电路分析的主要内容是在给定电路结构、元件参数的条件下,求取由输入(激励)所产生的输出(响应)。

1.1.2 电路的组成

从前面的电路作用不难分析出,不管是复杂电路还是简单电路,其组成都可以分为电源、负载和中间环节三部分。

(1) 电源。把其他形式的能转换成电能的装置及向电路提供能量的设备称为电源,如干电池、蓄电池、发电机等。

(2) 负载。把电能转换成为其他能的装置称为负载,也就是通常所说的用电器,即各种用电设备,如电灯、电动机、电热器等。

(3) 中间环节。传递、分配和控制电能的装置称为中间环节,如常用的铜导线和铝导线、开关、熔断器、继电器等。

1.1.3 电路模型

由理想元件组成,与实际电器元件相对应,并用统一规定的符号表示而构成的电路,就是实际电路的模型,称为电路模型。手电筒的实际电路和电路模型如图 1-3 所示。其中,理想电路元件是指忽略实际元件的次要物理性质,反映其主要物理性质,把实际元件理想化的电路元件(见图 1-4)。常用的理想元件有:电压源和电流源产生电能的元件;电阻耗能元件;电容和电感(储能元件)。

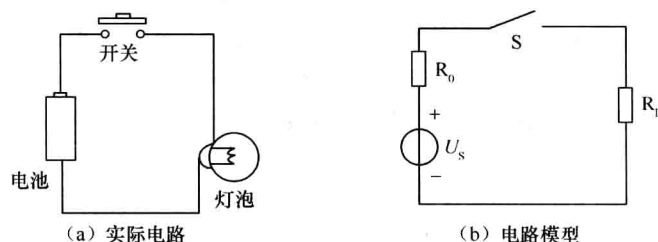


图 1-3 手电筒的实际电路和电路模型

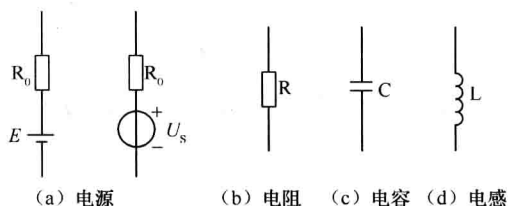


图 1-4 理想电路元件

1.2 电路的基本物理量及参考方向

电路的基本物理量是电流、电压和功率,下面分别介绍电路基本物理量的概念、定义及有关表达式,重点介绍电流和电压的参考方向、功率的计算问题。

1.2.1 电流

1. 定义

电荷或带电粒子有规则地定向运动形成电流。电流在数值上等于单位时间内通过某导体横截面的电荷量,用符号 I 或 i 表示。

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{或} \quad i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中: Q, q ——电荷量;

t ——时间。

在直流电路中,电流是不随时间而变化的,即大小和方向均不随时间而变化,直流电路电流用大写英文字母 I 表示;而在交流电路中,电流的大小和方向均随时间而变化,交流电路电流用小写英文字母 i 表示。

2. 单位和测量

电流的单位是安培(A),简称安。在实际生产中,有时要表示较小的电流,如三级管电路中的电流,常用毫安(mA)和微安(μ A)作单位;要表示较大的电流,如电力系统中的电流,常用千安(kA)作单位。它们之间的换算关系为

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

电流通常采用电流表测量,也可以用万用表的电流挡测量。测量时,电流表应串联在电路中,直流电流表有正负端子。正负接线柱的接法要正确,使电流从正接线柱流入,从负接线柱流出。

1.2.2 电压

1. 定义

电场力把单位正电荷从 a 点移动到 b 点所做的功称为 a, b 两点之间的电压。用符号 U 或 u 表示。

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \quad \text{或} \quad u_{ab} = \frac{dW_{ab}}{dq} \quad (1-2)$$

式中: Q, q ——电荷量;

W_{ab}, W_{ab} ——电场力做的功。

直流电路电压用大写英文字母 U 表示,交流电路电压用小写英文字母 u 表示。

2. 单位和测量

电压的单位是伏特(V),简称伏。在实际生产中,有时要表示较小的电压,常用毫伏(mV)和微伏(μ V)作单位;要表示较大的电压,可用千伏(kV)作单位。它们之间的换算关系为

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

电压通常采用电压表测量,也可以用万用表的电压挡测量。测量时,电压表应并联在电路中,直流电压表有正负端子之分。

1.2.3 电流和电压的参考方向

1. 实际方向

习惯上规定电流的方向为正电荷运动的方向,电压的方向为高电位点指向低电位点的方向。电源内部的电位差称为电动势,方向为低电位点指向高电位点。

2. 参考方向

以电流为例,在复杂直流电路中,某一段电路里的电流真实方向很难预先确定;在交流电路中,电流的大小和方向都是随时间变化的。这时,为了分析和计算电路的需要,引入了电流参考方向的概念。电流的参考方向又叫假定正方向,简称正方向。

所谓正方向,就是在一段电路里,在电流两种可能的真实方向中,任意选择一个作为参考方向(即假定正方向)。如图 1-5 所示,当实际的电流方向与假定的正方向相同时,电流是正值(见图 1-5(a));当实际的电流方向与假定正方向相反时,电流就是负值(见图 1-5(b))。

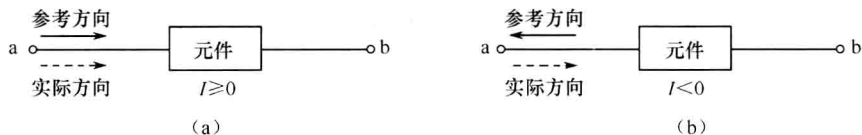


图 1-5 电流的参考方向与实际方向

如图 1-6 所示,电流的正方向常用箭头或双下标表示。用 I_{AB} 表示其参考方向为由 A 指向 B,用 I_{BA} 表示其参考方向为由 B 指向 A。显然,两者相差一个负号,即

$$I_{AB} = -I_{BA}$$

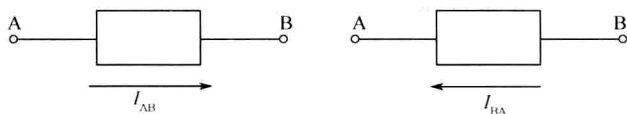


图 1-6 电流的参考方向表示

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 1-7(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。

(2) 采用实线箭头表示,如图 1-7(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。

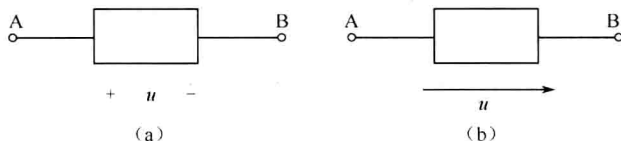


图 1-7 电压的参考方向表示

3. 关联参考方向

如图 1-8 所示,一个元件或者一段电路中电压和电流的方向均可以任意选定,两者可以一致,也可以不一致。如果一致,称为关联参考方向(见图 1-8(a)、(b));如果不一致,称为非关联方向(见图 1-8(c)、(d))。关联参考方向也可以描述为电流的参考方向从电压参考方向的“+”极流入,“-”极流出。

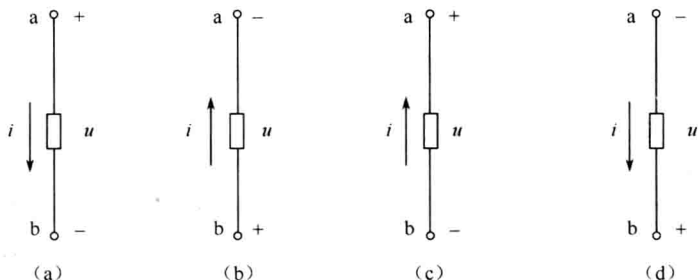


图 1-8 关联参考方向与非关联参考方向

根据上面的介绍,在对电路进行分析计算前需要注意以下几点:

(1) 参考方向的设定对电路分析没有影响,但电压和电流参考方向一经确定,计算过程中不得改变。电路图中标出的方向均为参考方向。

(2) 电路分析必须设定参考方向,按设定的参考方向求解出的值为正,说明实际方向和参考方向相同,为负则相反。

(3) 电流和电压的参考方向关联与否原则上可以任意选定,习惯上在电阻等无源元件上选择关联方向,而在电源等有源元件上选择非关联方向。

1.2.4 功率

1. 定义

理想状态下,单位时间内消耗的电能即为电场力所做的功。下面分别是直流电路中和交流电路中功率的定义式

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{或} \quad p(t) = \frac{dw}{dt} \quad (1-3)$$

元件的功率的计算式在电压、电流取关联和非关联参考方向时具有不同形式。

$$\text{关联参考方向时:} \quad P = UI \quad (1-4)$$

$$\text{非关联参考方向时:} \quad P = -UI \quad (1-5)$$

根据上面的计算式,若 $P > 0$,表明该元件吸收功率,是负载(或是起到负载作用);若 $P < 0$,表明该元件产生功率,是电源(或是起到电源作用)。若整个电路中吸收功率等于产生功率,说明整个电路中功率平衡。

【例 1-1】 图 1-9 所示为直流电路, $U_1 = 4 \text{ V}$, $U_2 = -8 \text{ V}$, $U_3 = 6 \text{ V}$, $I = 4 \text{ A}$,求各元件吸收或发出的功率 P_1 、 P_2 和 P_3 ,判断各元件的性质,并求整个电路的功率 P 。

解: 元件 1 的电压参考方向与电流参考方向相关联,故

$$P_1 = U_1 I = 4 \times 4 = 16 \text{ (W)} \quad (\text{吸收功率 } 16 \text{ W})$$

元件 2 和元件 3 的电压参考方向与电流参考方向非关联,故

$$P_2 = -U_2 I = -(-8) \times 4 = 32 \text{ (W)} \quad (\text{吸收功率 } 32 \text{ W})$$

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

设吸收功率为正,发出功率为负,整个电路的功率 P 为

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

从上面的分析可知,元件 1、2 为负载,元件 3 为电源。

2. 单位和测量

功率的单位是瓦特(W),简称瓦。在实际生产中,对于大功率电路,常用千瓦(kW)或兆瓦(MW)作单位;对于小功率电路,常用毫瓦(mW)或微瓦(μ W)作单位。功率用功率表测量。

1.2.5 电位

电路中某点至参考点的电压即为该点的电势,记为“ U_x ”。电位的单位是伏特。通常设参考点的电位为零,在电路图中用“ $\perp$ ”表示。某点电位为正,说明该点电位比参考点高;某点电位为负,说明该点电位比参考点的低。

电路中任意两点之间的电位差就是两点之间的电压,即 $U_{ab} = U_a - U_b$ 。

【例 1-2】 如图 1-10 所示,若分别以设 a、b 点为参考点,求 a、b、c、d 各点的电位和任意两点间的电压。

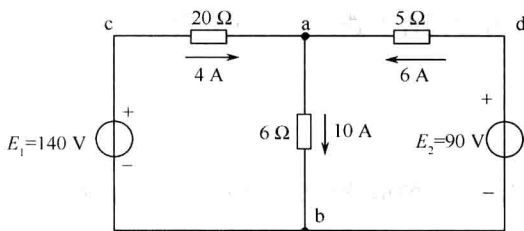


图 1-10 例 1-2 图

解: (1) 设 a 为参考点,即 $U_a = 0$, 有

$$U_b = U_{ba} = -10 \times 6 = -60 \text{ (V)}$$

$$U_c = U_{ca} = 4 \times 20 = 80 \text{ (V)}$$

$$U_d = U_{da} = 6 \times 5 = 30 \text{ (V)}$$

(2) 设 b 为参考点,即 $U_b = 0$, 有

$$V_a = U_{ab} = 10 \times 6 = 60 \text{ (V)}$$

$$V_c = U_{cb} = E_1 = 140 \text{ (V)}$$

$$V_d = U_{db} = E_2 = 90 \text{ (V)}$$

(3) 求两点间的电压。

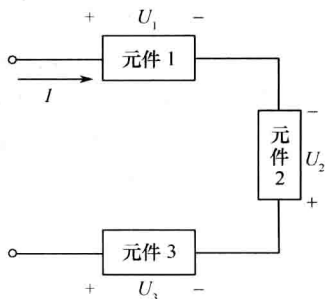


图 1-9 例 1-1 图

$$U_{ab} = 10 \times 6 = 60 \text{ (V)}$$

$$U_{cb} = E_1 = 140 \text{ (V)}$$

$$U_{db} = E_2 = 90 \text{ (V)}$$

根据上面的分析可以知道：

(1) 电位值是相对的，参考点的选取不同，电路中各点的电位也将随之改变；

(2) 电路中两点间的电压值是固定的，不会因参考点的不同而变，即与零电位参考点的选取无关。

在研究同一电路系统时，只能选取一个电位参考点。电位概念的引入，给电路分析带来了方便，因此，在电子线路中往往不再画出电源，而改用电位标出。图 1-11 所示为电路的一般画法与电子线路的习惯画法示例。

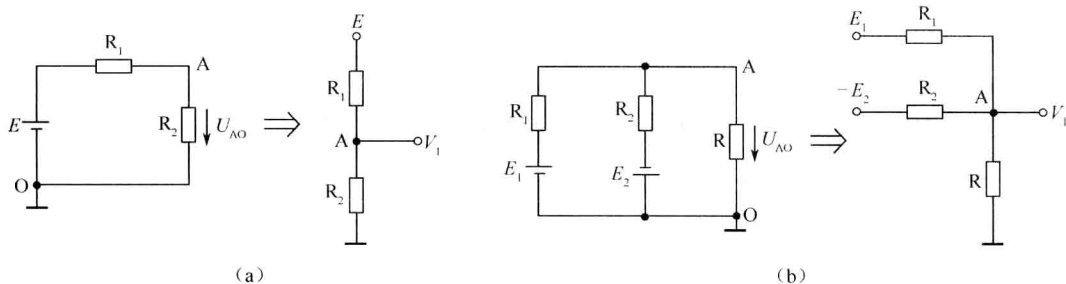


图 1-11 电路的一般画法与电子线路的习惯画法

1.2.6 电动势

电动势是用来衡量电源力大小的物理量。电动势在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的负极板移到正极板所做的功，用 E 表示。电动势的方向是电源力克服电场力移动正电荷的方向，从低电位到高电位。对于一个电源设备，若其电动势 E 与其端电压 U 的参考方向相反，当电源内部没有其他能量转换（如不计内阻）时，根据能量守恒定律，应有 $U = E$ ；若参考方向相同，则 $U = -E$ 。本书在以后论及电源时，一般用其端电压 U 来表示。

1.3 电阻元件和欧姆定律

1.3.1 电阻元件

在物理学中，用电阻来表示导体对电流阻碍作用的大小。导体的电阻越大，表示导体对电流的阻碍作用越大。不同的导体，电阻一般不同。电阻是导体本身的一种性质。电阻元件是对电流呈现阻碍作用的耗能元件。

导体的电阻通常用字母 R 表示，电阻的单位是欧姆，简称欧，符号是 Ω 。比较欧大的单位有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。

如果把电阻元件的电压取为纵坐标（或横坐标），电流取为横坐标（或纵坐标），可绘出 $I - U$ 平面（或 $U - I$ 平面）上的曲线，称为电阻元件的伏安特性曲线。根据电阻的伏安特性曲线，可将电阻分为线形电阻和非线形电阻。线性电阻的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的

直线,阻值 R 为常数;非线性电阻的伏安特性曲线是一条曲线,阻值 R 为变量。本书的电工部分,除特别指明外,一般所说的电阻都是线性电阻。

1.3.2 欧姆定律

欧姆定律反映电阻元件上电压和电流的约束关系。1826 年,德国科学家欧姆通过科学实验总结得出:导体中的电流,跟导体两端电压成正比,跟导体的电阻成反比。

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-6)$$

式(1-6)为电流与电压关联参考方向下(即电流和电压的参考方向一致)欧姆定律的表达式。若电阻元件上电流、电压参考方向非关联,则欧姆定律的表达式为

$$I = -\frac{U}{R} \quad (1-7)$$

在电路分析中,正电阻元件上电压与电流的真实方向必然关联。

上式中电阻的倒数称为电导(Conductance),它是表征元件导电能力强弱的电路参数,用符号 G 表示,即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-8)$$

电导的国际标准单位是西门子,简称西,用符号 S 表示。当用电导表示电阻元件时,欧姆定律可表示为

$$I = GU \quad (1-9)$$

【例 1-3】 已知图 1-12 所示电路中变量的参考方向,求电流 I 。

解: 图 1-12(a)中电阻两端电压与流过电阻电流为关联参考方向,据欧姆定律,有

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6}{2} = 3 \text{ (A)}$$

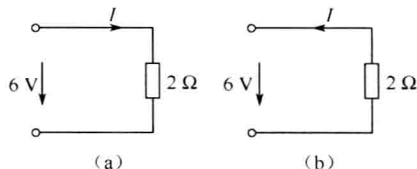


图 1-12 例 1-3 图

图 1-12(b)中电压与电流为非关联参考方向,欧姆定律的表达式为

$$I = -\frac{U}{R} = -\frac{6}{2} = -3 \text{ (A)}$$

结论:图 1-12(a)中解得 I 为正,表明电流的实际方向与所设参考方向一致;而图 1-12(b)中解得 I 为负,表明电流的实际方向与所设参考方向相反。

1.3.3 电阻的串联、并联和混联

1. 电阻串联

电阻的串联就是几个元件依次按顺序首尾相接,中间没有分岔的一种连接形式。图 1-13(a)所示是 2 个电阻串联的模型,它可以等效为图 1-13(b)所示,简化电路。

电阻的串联电路有以下特点:

(1) 通过各电阻的电流为同一电流。