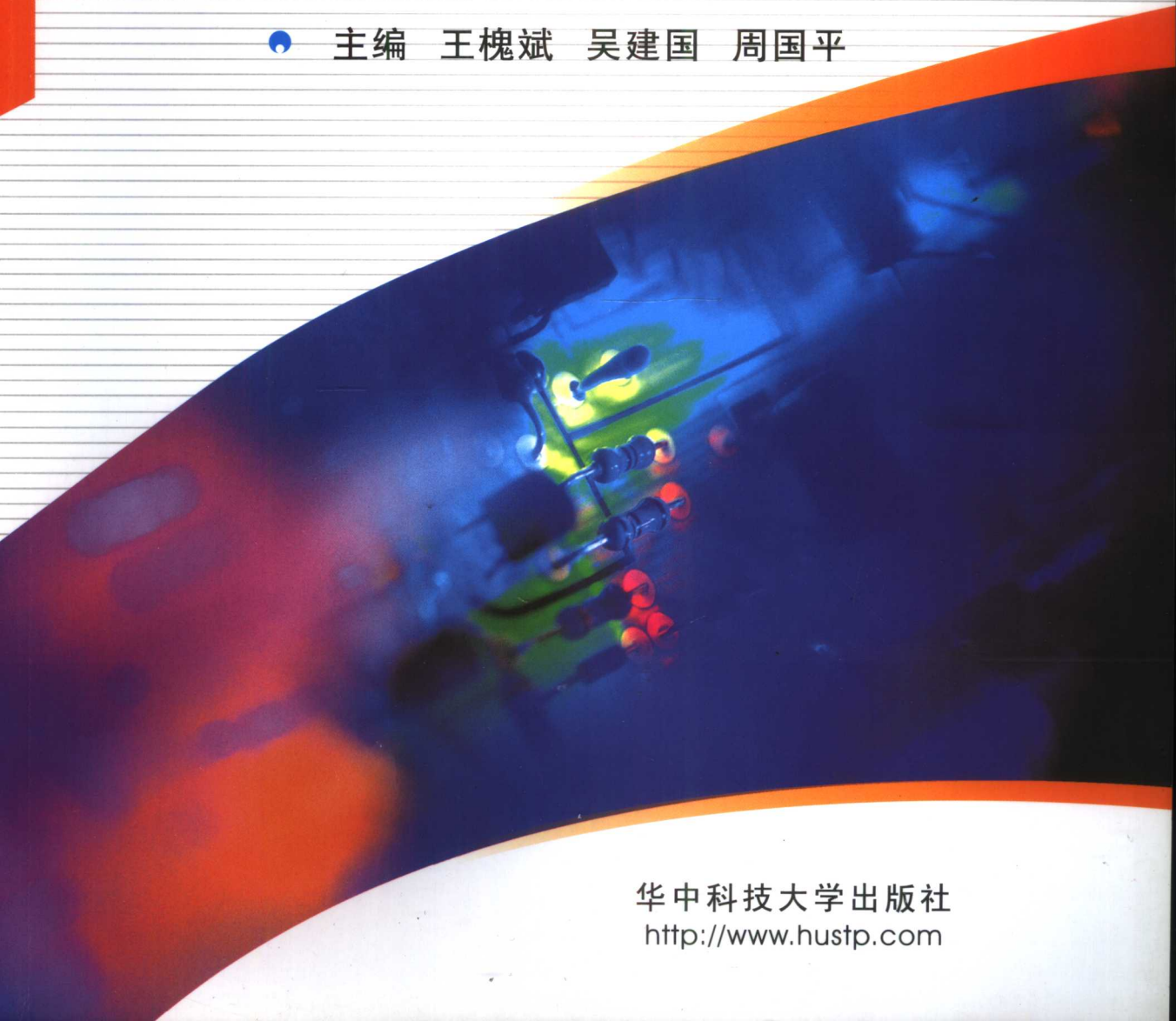




21世纪电气信息学科立体化系列教材

电路与电子 简明教程

● 主编 王槐斌 吴建国 周国平



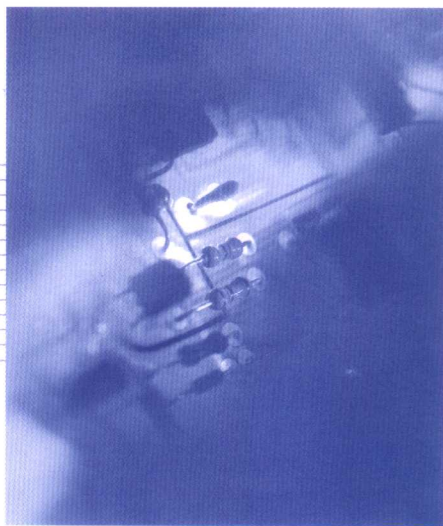
华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



21世纪电气信息学科立体化系列教材

电路与电子简明教程

主 编	王槐斌	吴建国	周国平
副主编	张军颖	曲晓丽	曹 阳
	刘 琼	张 彦	涂玲英



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子简明教程/王槐斌 吴建国 周国平 主编
武汉:华中科技大学出版社,2006年8月
ISBN 7-5609-3813-2

- I. 电…
II. ①王 ②吴… ③周…
III. 电工技术-高等学校-教材
IV. TM1

电路与电子简明教程

王槐斌 吴建国 周国平 主编

责任编辑:王红梅
责任校对:胡金贤

封面设计:秦 茹
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华大图文设计室
印 刷:湖北新华印务有限公司

开本:787×960 1/16

印张:21.5 插页:2

字数:448 500

版次:2006年8月第1版

印次:2006年8月第1次印刷

定价:32.80元(含1 CD)

ISBN 7-5609-3813-2/TM·84

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)



21世纪电气信息学科立体化系列教材

编审委员会

顾问：

潘 垣（中国工程院院士，华中科技大学）

主任：

吴麟章（湖北工业大学）

委员：（按姓氏笔画排列）

王 斌（三峡大学电气信息学院）

余厚全（长江大学电子信息学院）

陈铁军（郑州大学电气工程学院）

吴怀宇（武汉科技大学信息科学与工程学院）

陈少平（中南民族大学电子信息工程学院）

罗忠文（中国地质大学信息工程学院）

周清雷（郑州大学信息工程学院）

谈宏华（武汉工程大学电气信息学院）

钱同惠（江汉大学物理与信息工程学院）

普杰信（河南科技大学电子信息工程学院）

廖家平（湖北工业大学电气与电子工程学院）

内容简介

本书是根据教育部最新颁布的理工类高等院校“电工学”课程教学基本要求,并考虑到教学内容和体系改革的需要而编写的。在教材的内容及编排体例上对传统教材作了较大幅度的调整与更新。

全书内容包括电路的基本定律和分析方法,电路的暂态分析,正弦交流电路,三相电路,半导体器件,基本放大电路,集成运算放大器及其应用,电子电路中的反馈,直流稳压电源,数字电路基础,组合逻辑电路,触发器和时序逻辑电路等。

本书体系新颖,结构合理,文句精练,题例丰富。与教材配套的教学光盘,内容包括教学大纲、电子课堂、单元自测、模拟试卷,便于教师理论教学和学生自学、自测。

本书可作为理工类高等院校非电类专业电工技术、电子技术课程的教材,也可供工程技术人员自学或参考。

前 言

电工电子技术是高等院校非电类专业的技术基础课程。设置本课程的主要目的是使学生获得必要的电工电子技术的基本理论、基本知识和基本技能,了解电工电子技术的应用和我国电工电子事业发展的概况,为学生今后学习相关专业知识和从事与专业有关的工程技术工作打下一定的基础。

然而,随着教学改革不断深化,各专业为了适应形势的需要都开设了一些新的课程,对原有课程的内容和学时多有精简和压缩。为此,本教材在内容上力求贯彻少而精的原则,更新了知识结构,加强了理论联系实际。既覆盖了教育部对电工电子技术教学基本要求所规定的全部内容,又增添了一些拓宽和加深的内容。在阐述上由浅入深,循序渐进,使之符合人们认识客观事物的规律,便于自学。在体系上注意各章节的有机联系,根据编者的教学实践和体会,加强了各重点内容的逻辑性。本教材的本科教学参考学时数为60~70学时,不同专业和不同层次可按课程学时数的多少和实际需求,由任课教师根据具体情况对教材内容,尤其是对标有星号(*)的部分内容进行适当取舍。

本教材由武汉科技大学、河南科技大学和湖北工业大学合作编写并使用。全书由武汉科技大学王槐斌主编和统稿。其中,第1章由张军颖编写;第2章由曲晓丽编写;第3、4章由周国平编写;第5、6章由吴建国编写;第7、8章由曹阳编写;第9章、附录由刘琼编写;第10、11、12章由王槐斌编写。

为满足课堂教学和学生自学的需要,本教材还有配套的教学光盘。光盘内容包括教学大纲、电子课堂、单元自测、模拟试卷等。既便于教师的备课和授课,也便于学生在学习过程中的自我检测,满足自学的需要。教学光盘由王槐斌任主编,刘琼、张彦、鄂华新任副主编。胡月华、宋慧、柳利军、张彦参加了电子课堂的制作,吴建国、王槐斌、涂玲英提供了模拟试卷的内容,参与教材编写的人员提供了相关章节的单元自测题。

在本教材的编写过程中,得到了武汉科技大学信息科学与工程学院的领导和同事的许多关心,陈和平教授、宋玉阶教授为本书的出版给予了大力支持,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中有些内容可能不够妥善,甚至可能还会有错误之处,恳请使用本书的教师、同学以及广大读者批评指正。

编 者
2006年8月

目 录

第 1 章 电路的基本定律与分析方法	(1)
1.1 电路的基本概念	(1)
1.2 电阻元件	(3)
1.3 电源有载工作、开路与短路	(6)
1.4 基尔霍夫定律	(8)
1.5 电阻的串联与并联	(11)
1.6 电源的两种模型及其等效变换	(15)
1.7 支路电流法	(19)
1.8 节点电压法	(21)
1.9 叠加原理	(25)
1.10 戴维宁定理	(27)
习题 1	(30)
第 2 章 电路的暂态分析	(35)
2.1 储能元件	(35)
2.2 暂态过程初始值的计算	(39)
2.3 一阶电路的暂态响应	(41)
2.4 一阶线性电路暂态分析的三要素法	(48)
2.5 微分电路与积分电路	(50)
习题 2	(52)
第 3 章 正弦交流电路	(57)
3.1 正弦交流电的基本概念	(57)
3.2 正弦量的相量表示法	(62)
3.3 单一参数的正弦交流电路	(66)
3.4 正弦交流电路的相量模型	(73)
3.5 正弦交流电路的功率	(77)
3.6 电路中的谐振	(83)
3.7 周期性非正弦电路	(89)
习题 3	(94)

第4章 三相电路	(99)
4.1 三相电源	(99)
4.2 三相负载的星形连接	(102)
4.3 三相负载的三角形连接	(105)
4.4 三相电路的功率	(107)
4.5 安全用电	(109)
习题4	(114)
第5章 半导体器件	(117)
5.1 半导体的基本知识	(117)
5.2 半导体二极管	(121)
5.3 稳压二极管	(124)
5.4 晶体管	(126)
5.5 光电器件	(133)
习题5	(134)
第6章 基本放大电路	(137)
6.1 放大电路概述	(137)
6.2 放大电路的静态分析	(139)
6.3 放大电路的动态分析	(141)
6.4 静态工作点的稳定	(149)
6.5 射极输出器	(153)
6.6 频率特性及多级放大电路	(156)
6.7 互补对称功率放大电路	(161)
6.8 场效应晶体管及其放大电路	(164)
习题6	(170)
第7章 集成运算放大器及其应用	(173)
7.1 直接耦合放大电路的主要特点	(173)
7.2 差动放大电路	(174)
7.3 集成运算放大器的简单介绍	(179)
7.4 运算放大器在信号运算方面的应用	(182)
7.5 运算放大器在信号处理方面的应用	(186)
习题7	(190)
第8章 电子电路中的反馈	(193)
8.1 反馈的基本概念	(193)
8.2 放大电路中的负反馈	(195)
8.3 振荡电路中的正反馈	(199)
习题8	(202)
第9章 直流稳压电源	(205)
9.1 变压器	(206)

9.2 整流电路	(209)
9.3 滤波电路	(213)
9.4 稳压电路	(215)
习题 9	(221)
第 10 章 数字电路基础	(225)
10.1 数字电路概述	(225)
10.2 数制与码制	(227)
10.3 基本门电路及其组合	(231)
10.4 TTL 门电路	(236)
10.5 CMOS 门电路	(242)
10.6 逻辑代数	(244)
习题 10	(253)
第 11 章 组合逻辑电路	(257)
11.1 组合逻辑电路的分析和设计	(257)
11.2 加法器	(261)
11.3 编码器	(263)
11.4 译码器和数字显示电路	(266)
11.5 数据分配器和数据选择器	(272)
习题 11	(276)
第 12 章 触发器和时序逻辑电路	(279)
12.1 双稳态触发器	(279)
12.2 寄存器	(289)
12.3 计数器	(291)
* 12.4 555 定时器及其应用	(301)
习题 12	(305)
附录	(311)
附录 A 电阻器标称阻值	(311)
附录 B 半导体分立器件型号命名方法	(311)
附录 C 常用半导体分立器件的参数	(312)
附录 D 半导体集成器件型号命名方法	(314)
附录 E 常用半导体集成电路的参数和符号	(314)
附录 F 数字集成电路各系列型号分类表	(315)
附录 G 组合逻辑电路各器件品种型号	(315)
附录 H 中英文名词对照与索引	(316)
附录 I 部分习题答案	(320)
参考文献	(336)

第1章

电路的基本定律与分析方法

本章以电阻电路为例,介绍电路的基本定律和分析方法。首先讨论电压和电流的参考方向、基尔霍夫定律和电路的三种基本工作状态。在应用基本定律的基础上,再讨论几种复杂电路常用的分析方法,如等效变换法、支路电流法、节点电压法、叠加原理、戴维宁定理。本章介绍的基本定律和分析方法,不仅适用于直流电路,还适用于交流电路、电子电路等,必须给予充分的重视。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路的组成部分和作用

电路是为了某种需要由各种元器件按一定方式用导线连接而成的,它是电流的通路。电路一般由电源(或信号源)、负载和中间环节组成。电源是产生电能的装置,如蓄电池、发电机等。负载是取用电能并将电能转换成其他形式能量(如机械能、光能和热能等)的装置,例如电动机、照明灯、电炉等。中间环节是连接电源和负载的部分,如连接导线、控制开关和保护装置等,主要起传输、控制和分配电能的作用。

电路的作用之一是实现能量的传输与转换。如电力系统,这类电路由于电压较高,电流和功率较大,习惯上常称为“强电”电路。这类电路要求在电能的输送和转换中,电路的能量损耗尽可能小,效率尽可能高。

电路的另一个作用是电信号的传递和处理。如收音机,收音机的天线接收从空中传来的载有声音信息的无线电波(信号源),通过选频电路选出所需要的信号,再经过放大和处理(中间环节),最后由扬声器(负载)播出声音。这类电路由于电压低,电流和功率较小,习惯上常称为“弱电”电路。对这类电路主要考虑如何改善电路传递和处理信号的性能,如失真、稳定性、放大倍数、级间配合等问题。

1.1.2 电路模型

实际应用的电路元件就是构成电路的电工、电子元器件或设备,如电池、电灯和电动机等。用实际电路元件构成的电路称为实际电路,如手电筒电路。

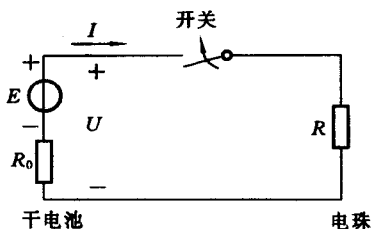


图 1.1.1 手电筒电路模型

一个实际电路往往很复杂,为了便于对实际电路进行分析和用数学描述,将实际电路元件理想化,即在一定条件下抓住其主要性质、忽略次要因素,把它近似地看作理想电路元件。理想元件(简称元件)主要有电阻元件、电容元件、电感元件和电源等。由理想元件组成的电路,就是实际电路的电路模型。也就是说,电路模型是为了某种需要由一些理想元件相互连接而构成的整体,

是实际电路的一种等效表示,也称为等效电路。对一个实际电路建立电路模型给分析和研究电路问题带来很大方便,是电路分析常用的方法。手电筒电路模型如图 1.1.1 所示,干电池为电源,用电动势 E 和内阻 R_0 表示;电珠为负载,用电阻元件 R 表示;筒体为中间环节,用导线和开关表示。

1.1.3 电压和电流的参考方向

关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。

电路中带电粒子在电源作用下有规则的定向运动形成电流,其大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1.1)$$

在国际单位制中,电流的单位是安培(库仑/秒),简称安,用符号“A”表示。另外还有毫安(mA)、微安(μA),它们的换算关系如下。

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

若电流的大小和方向都不随时间变化,称为直流电流,用符号“ I ”表示;若电流的大小和方向都随时间变化,称为交流电流,用符号“ i ”表示。

既然电流是由带电粒子有规则的定向运动形成的,那么电流就是一个既有大小,又有方向的物理量。

习惯上规定正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向为电流的实际方向,用“ $\rightarrow$ ”表示。但分析复杂电路时很难确定电流的实际方向,这就要求先任意设定一个方向作为电流的参考方向。当电流的实际方向与所选定的电流参考方向一致时,则电流为正值;当电流的实际方向与所选定的电流参考方向相反时,则电流为负值。如图 1.1.2 中,实线箭头表示电流参考方向,虚线箭头表示电流实际方向。可见,在参考方向选定后,电流就有正负之分。分析与计算电路时,一定要在电路中标出电流的参考方向。

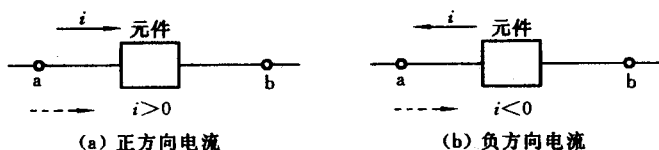


图 1.1.2 电流的参考方向

电压是描述电场力对电荷做功的物理量。 a, b 两点之间的电压 U_{ab} , 在数值上就等于电场力将单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功。

电动势是用来表示电源移动电荷做功的物理量。电源的电动势 E_{ab} , 在数值上等于电源把单位正电荷从负极 b (低电位) 经由电源内部移到电源的正极 a (高电位) 所做的功。

在国际单位制中, 电压和电动势的单位都是伏特, 简称伏, 用大写字母 “V” 表示。另外还有千伏 (kV)、毫伏 (mV) 和微伏 (μV), 它们的换算关系如下。

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

电压的实际方向规定为由高电位 (“+” 极性) 端指向低电位 (“-” 极性) 端, 即为电位降低的方向。电源电动势的实际方向规定为在电池内部由低电位 (“-” 极性) 端指向高电位 (“+” 极性) 端, 即为电位升高的方向。和电流一样, 在较为复杂的电路中, 往往也无法先确定它们的实际方向 (或者极性)。因此, 在电路图上所标出的也都是电压和电动势的参考方向。电压的参考方向用 “+”、“-” 极性表示, 从 “+” 端指向 “-” 端; 或用双下标表示, 如 U_{ab} , 它的参考方向是从 “a” 端指向 “b” 端。若参考方向与实际方向一致, 则其值为正; 若参考方向与实际方向相反, 则其值为负。

在分析电路时, 原则上参考方向是可以任意选择的, 如果设电流的参考方向与电压的参考方向一致时, 这样设定的参考方向称为相关联参考方向, 如图 1.1.3(a) 所示, 电流的参考方向是由电压的高电位流向低电位的。

如果设电流的参考方向与电压的参考方向不一致时, 这样设定的参考方向称为非关联参考方向, 如图 1.1.3(b) 所示。

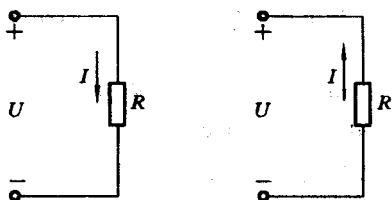


图 1.1.3 电压、电流的参考方向

图 1.1.3 电压、电流的参考方向

1.2 电阻元件

1.2.1 线性电阻

电阻元件是表征电路中电能消耗的理想元件。一个电阻器有电流通过时, 若只考虑它的主要因素——热效应, 忽略它的次要因素——磁效应, 即成为一个理想电阻元件。电阻元件上电压和电流之间的关系称为伏安特性。如果电阻元件的伏安特性曲线在 $u-i$ 平

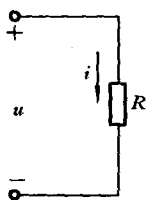


图 1.2.1 电阻元件
欧姆定律可用下式表示

面上是一条通过坐标原点的直线,则称为线性电阻,简称为电阻。线性电阻的图形符号、电阻上电压与电流的参考方向如图 1.2.1 所示。

1.2.2 欧姆定律

欧姆定律是电路的基本定律之一,它的内容是:流过线性电阻的电流与电阻两端的电压成正比。如图 1.2.2(a)所示的电路,欧姆定律可用下式表示

$$I = \frac{1}{R}U \quad \text{或} \quad U = IR \quad (1.2.1)$$

式中 R 即为线性电阻的阻值。

由式(1.2.1)可知,在电压 U 一定的情况下,电阻 R 越大,则电流越小。可见,电阻具有对电流起阻碍作用的物理性质。

在图 1.2.2 中,由于电阻元件的端电压和电流的参考方向不同,在欧姆定律的表达式中有正、负号之分。

当电压和电流的参考方向一致时,如图 1.2.2(a)、(d)所示,则

$$U = IR$$

当电压和电流的参考方向相反时,如图 1.2.2(b)、(c)所示,则

$$U = -IR \quad (1.2.2)$$

由以上分析可知,欧姆定律的表达式中包含了两套正负号,一是表达式前面的正负号,由 U 与 I 的参考方向是否相同决定;另外,电压 U 和电流 I 本身的价值还有正负之分。所以在使用欧姆定律进行计算时,必须注意这一点。

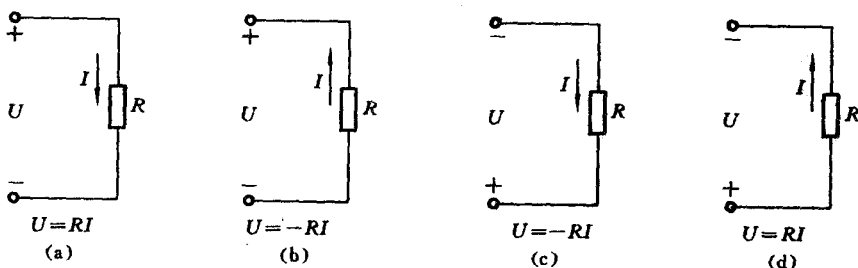


图 1.2.2 欧姆定律

在国际单位制中,电阻的单位为欧姆,简称欧,用符号“ Ω ”表示。当电路两端的电压是 1 V,通过的电流为 1 A 时,则该段电路的电阻为 1 Ω 。计量高电阻时,则以千欧(k Ω)或兆欧(M Ω)为单位。它们的换算关系为

$$1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$$

1.2.3 电功率与电能

电气设备在单位时间内消耗(实际是转换)的电能称为电功率,简称功率。用“ P ”表示, $P=UI$ 。

在直流电路中,如果 U 与 I 的参考方向一致,则

$$P = UI \quad (1.2.3)$$

如果 U 与 I 的参考方向相反,则

$$P = -UI \quad (1.2.4)$$

可见,功率有正负之分。功率的正负表示元件在电路中的作用不同。若功率为正值,则表明该元件是负载(如电阻),在电路中吸收功率(即将电能转换成其他形式的能量);若功率为负值,则表明该元件为电源,在电路中发出功率(即将其他形式的能量转换成电能)。

在同一个电路中,电源发出的总功率 P_E 和电路吸收的总功率 P_L 在数值上是相等的,这就是电路的功率平衡,即

$$P_E + P_L = 0 \quad (1.2.5)$$

在国际单位制中,功率的单位是瓦特(焦耳/秒),简称瓦,用“W”表示,还有千瓦(kW)、毫瓦(mW)等单位。换算关系为

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

在 t 时间内消耗的电能

$$W = Pt \quad (1.2.6)$$

电能的单位是焦耳,简称焦,用符号“J”表示。工程上电能的计量单位为千瓦时(kW·h),1千瓦时即1度电,1度电与焦的换算关系为

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

电阻消耗的电能全部转化为热能,是不可逆的能量转换过程。

【例 1.2.1】在图 1.2.3 所示电路中,方框代表电路元件(电源或负载)。各元件的电压、电流方向如图所示。已知 $I_1 = -4 \text{ A}$, $I_2 = 5 \text{ A}$, $I_3 = 9 \text{ A}$, $U_1 = -6 \text{ V}$, $U_2 = 10 \text{ V}$, $U_4 = -4 \text{ V}$ 。试求:

- (1) 各元件的功率大小,并判断各元件性质;
- (2) 该电路功率是否平衡?

解 (1) 由于 U_1 和 I_1 参考方向一致,则

$$P_1 = U_1 I_1 = -6 \times (-4) \text{ W} = 24 \text{ W}$$

(元件 1 为负载)

U_2 和 I_2 参考方向一致,则

$$P_2 = U_2 I_2 = 10 \times 5 \text{ W} = 50 \text{ W} \quad (\text{元件 2 为负载})$$

U_2 和 I_3 参考方向相反,则

$$P_3 = -U_2 I_3 = -10 \times 9 \text{ W} = -90 \text{ W} \quad (\text{元件 3 为电源})$$

U_4 和 I_1 参考方向一致,则

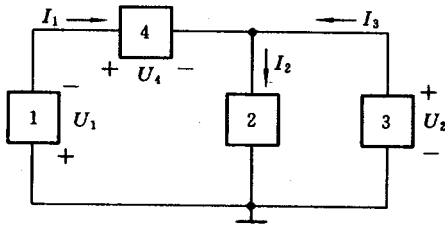


图 1.2.3 例 1.2.1 的图

$$P_4 = U_4 I_1 = -4 \times (-4) \text{ W} = 16 \text{ W} \quad (\text{元件 4 为负载})$$

(2) 负载消耗的功率为

$$P_L = P_1 + P_2 + P_4 = 90 \text{ W}$$

电路产生的功率

$$P_E = P_3 = -90 \text{ W}$$

$$P_E + P_L = 0 \quad (\text{功率平衡})$$

练习与思考

1.2.1 图 1.2.4 所示电路中, $R=5 \text{ k}\Omega$, $U_{ab}=-10 \text{ V}$, 求电流 I 。

1.2.2 图 1.2.5 所示电路中, $I_1=12 \text{ A}$, $I_2=7 \text{ A}$, 说明哪个电源是起电源作用, 哪个电源是起负载作用。

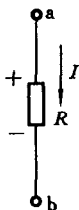


图 1.2.4 练习与思考 1.2.1 的图

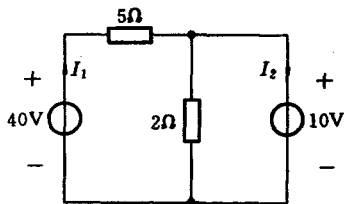


图 1.2.5 练习与思考 1.2.2 的图

1.2.3 一个电源的功率,也可用其电动势 E 和电流 I 相乘求得。试说明采用此方法计算的电源功率的正负值的意义。

1.2.4 图 1.2.6 所示电路中, $U=-100 \text{ V}$, $I=2 \text{ A}$, 试问哪些方框是电源,哪些方框是负载?

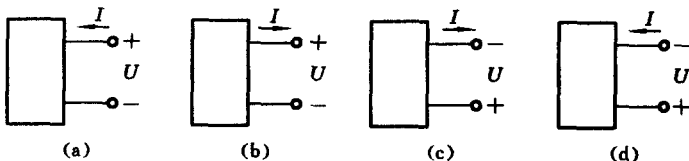


图 1.2.6 练习与思考 1.2.4 的图

1.3 电源有载工作、开路与短路

1.3.1 电源有载工作

在图 1.3.1 所示电路中, 开关 S 闭合, 电源连接上负载电阻 R_L 组成闭合回路, 这就叫电源的有载工作。电源输出的电流即为流经负载的电流, 其大小为

$$I = \frac{E}{R_0 + R_L} \quad (1.3.1)$$

式中, E 、 R_0 分别为电源的电动势和内阻; R_L 为负载电阻。

当 E 、 R_0 一定时, 电流 I 的大小由负载电阻 R_L 决定。 R_L 越小, 则电流 I 越大。

电源端电压 U 等于负载电阻两端的电压, 由式(1.3.1)可得

$$U = IR_L = E - IR_0 \quad (1.3.2)$$

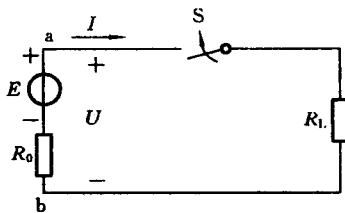


图 1.3.1 电源有载工作

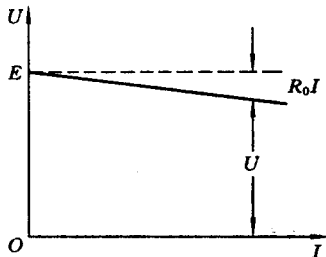


图 1.3.2 电源的外特性曲线

式(1.3.2)表明在有载工作状态时, 由于电源内阻有压降, 因而电源端电压 U 总是小于 E 。当 E 和 R_0 一定时, U 随着电流 I 的增加而下降。电源端电压与输出电流之间的关系曲线, 称为电源的外特性曲线, 如图 1.3.2 所示, 其斜率与电源内阻 R_0 有关。当 $R_0 \ll R_L$ 时, 则

$$U \approx E$$

这说明电源带负载能力强, 当电流(负载)变动时, 电源的端电压变动不大。

式(1.3.2)各项乘以电流 I , 则得功率平衡式

$$UI = EI - I^2 R_0$$

或

$$P = P_E - \Delta P \quad (1.3.3)$$

式中, $P_E = EI$ 为电源发出的功率, $\Delta P = I^2 R_0$ 为电源内阻上损耗的功率, $P = UI$ 为负载消耗的功率。

1.3.2 电源开路

当图 1.3.1 中的开关 S 断开时, 电源处于开路状态, 也称为空载状态。开路时外电路的电阻对电源来说等于无穷大, 因此电路中电流为零。这时电源的端电压(称为开路电压, 用 U_0 表示)等于电源电动势, 电源不输出电能。

如上所述, 电源开路时, 主要特征可用下列各式表示

$$\begin{cases} I = 0 \\ U = U_0 = E \\ P = 0 \end{cases}$$

1.3.3 电源短路

如图 1.3.3 所示, 当电源的两端由于某种原因而连接在一起时, 称为电源短路。电源短路时, 外电路的电阻可视为零, 这时电路中的电流为短路电流, 用 I_s 表示。

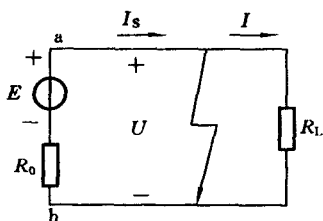


图 1.3.3 电源短路

电源短路时,主要特征可用下列各式表示

$$\begin{cases} U = 0 \\ I = I_s = \frac{E}{R_0} \\ P_E = \Delta P = I^2 R \\ P = 0 \end{cases}$$

由上述可知,电源被短路时的电流 I_s 很大,电源产生的功率 P_E 全部消耗在内阻上,易造成电源过热而损坏。此时负载上没有电流,负载的功率 $P=0$ 。

短路通常是一种严重事故,应尽力避免。通常采取的保护措施是在电路中接入熔断器(俗称保险丝)或自动断路器,以便在发生短路时迅速将故障电路断开。

1.4 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是对电路进行分析和计算的又一基本定律,它分为基尔霍夫电流定律和电压定律。基尔霍夫电流定律应用于节点,基尔霍夫电压定律应用于回路。

电路中的每一分支称为支路,一条支路流过同一电流,称为支路电流。图 1.4.1 所示电路中有三条支路,相应的支路电流为 I_1 、 I_2 和 I_3 。

电流中三条或三条以上支路的交点称为节点。图 1.4.1 中有 a 和 c 两个节点。

电路中由一条或多条支路组成的闭合电路称为回路。图 1.4.1 中有 adcb、abca 和 adca 三个回路。

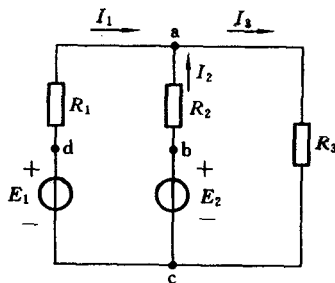


图 1.4.1 电路举例

1.4.1 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律(Kirchhoff's Current Law, 简称 KCL)用来确定电路中任意一个节点上各支路电流之间的关系。由于电流的连续性,电路中任何一点(包括节点)均不能堆积电荷。因此,该定律指出:在任一瞬间,流入电路中任一节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。

在图 1.4.1 所示电路中,对节点 a 有

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1.4.1)$$

或将式(1.4.1)改写为

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$\sum I = 0 \quad (1.4.2)$$

式(1.4.2)表明,在任一瞬间,流入电路中任一节点上电流的代数和恒等于零。如