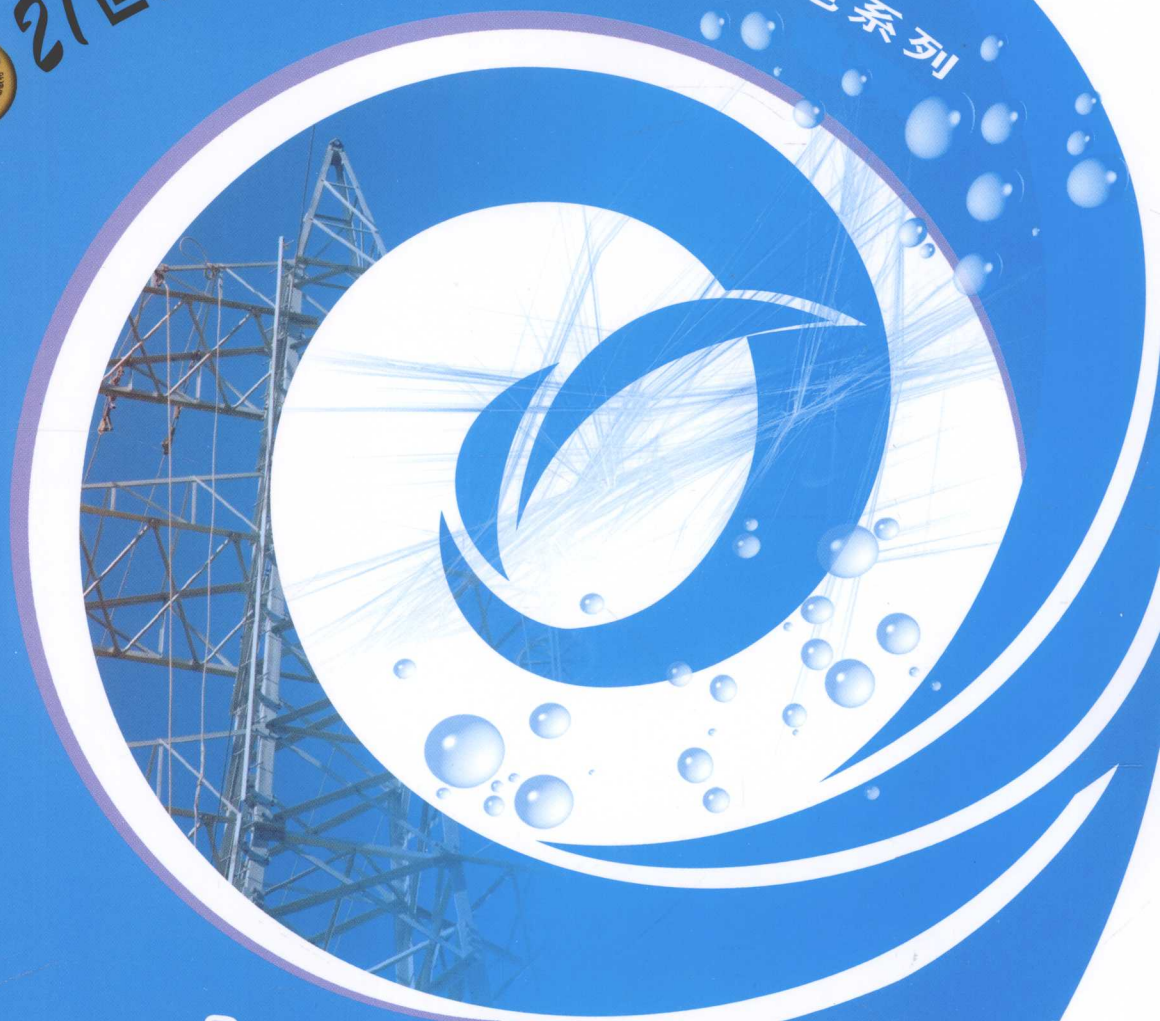




21世纪高职高专规划教材·机电系列



电工技术基础

陆建遵 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

电工技术基础

陆建遵 主编

清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是为了落实教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神,以我国高职教育培养面向生产第一线的实用型、技术型人才为目标编写而成的。

全书共分10章,包括直流电路、单相和三相交流电路、电路暂态分析、变压器和交流电动机、继电器-接触器控制电路基本环节等内容。

本书力求内容和编排的可选择性,适合不同学时要求的高职高专强电、弱电、计算机及机电一体化等专业选用,同时可作为非电类专业电工学一体化教学的教材,同样适用于中职学校选用。

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

电工技术基础 / 陆建遵主编. — 北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2010.8
(21世纪高职高专规划教材·机电系列)

ISBN 978-7-5121-0247-7

I. ①电… II. ①陆… III. ①电工技术-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第161816号

策划编辑:解 坤 刘 辉

责任编辑:解 坤

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:北京交大印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:13.25 字数:331千字

版 次:2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-0247-7/TM·29

印 数:1~4 000册 定价:24.00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。

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，对所列选教材进行审定。

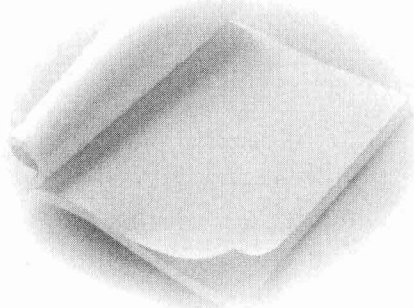
目前，“教材研究与编审委员会”计划用 2~3 年的时间出版各类高职高专教材 200 种，范围覆盖计算机应用、电子电气、财会与管理、商务英语等专业的主要课程。此次规划教材全部按教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”编写，其中部分教材是教育部《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》的研究成果。此次规划教材按照突出应用性、实践性和针对性的原则编写并重组系列课程教材结构，力求反映高职高专课程和教学内容体系改革方向；反映当前教学的新内容，突出基础理论知识的应用和实践技能的培养；适应“实践的要求和岗位的需要”，不依照“学科”体系，即贴近岗位，淡化学科；在兼顾理论和实践内容的同时，避免“全”而“深”的面面俱到，基础理论以应用为目的，以必要、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”成员和有特色的、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

2010 年 8 月



前 言

为了落实教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神，适应我国高职教育培养面向生产第一线的实用型、技术型人才的需要，编者根据多年的教学实践和职业技能培训经验编写了本教材。

本教材立足高职高专教育培养目标，遵循社会和发展需求，突出职业岗位应用性和针对性的职业教育特色，注重培养创新精神、创业能力和实践能力。

本书以国家维修电工技能鉴定标准为依据，舍去一些不必要的、烦琐的理论推导过程。既注重实用技术的传授，以适用性培养为主线，重点突出电工基本技能，培养学生分析和解决问题的能力；又遵循循序渐进的原则，由浅入深，确保教学的质量。

本课程教学时数为120～160学时。各校各专业可按自身条件和实际情况取舍教学内容。教学方式可采用与《电工技能实训指导》配合进行，理论课和实训课穿插进行，最后进行两周的综合实训。

本书第1、2、3章由陆建遵编写；第4、5、6章由胡静编写；第7、8章由梁苏芬编写；第9、10章由何亚平编写。陆建遵担任主编，负责内容的组织和统稿工作，并担任本书的主审。

由于时间仓促和编者水平有限，书中难免有不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者
2010年7月

目 录

第1章 电路模型和基本定律	(1)
1.1 电路与电路模型	(1)
1.1.1 电路	(1)
1.1.2 电路模型	(1)
1.2 电流、电压和参考方向	(2)
1.2.1 电流	(2)
1.2.2 电位、电压与参考方向	(3)
1.3 电功率	(5)
1.4 电阻元件和欧姆定律	(6)
1.4.1 电阻元件	(6)
1.4.2 欧姆定律	(8)
1.5 基尔霍夫定律	(9)
1.5.1 电路名词	(9)
1.5.2 基尔霍夫电流定律	(10)
1.5.3 基尔霍夫电压定律	(10)
1.6 电位的计算	(12)
1.6.1 电位的计算方法	(12)
1.6.2 等电位点的概念	(13)
本章小结	(13)
课后习题	(14)
第2章 电路的一般分析方法	(17)
2.1 电阻的串联与并联	(17)
2.1.1 等效网络的概念	(17)
2.1.2 电阻的串联及其分压	(17)
2.1.3 电阻的并联及其分流	(19)
2.1.4 复杂混联电路的化简	(20)
2.2 电压源、电流源和受控源	(22)
2.2.1 电压源	(22)
2.2.2 电流源	(23)
2.2.3 受控源	(23)
2.3 电源的串并联及等效变换	(24)
2.4 节点电位法和回路电流法	(26)
2.4.1 节点电位法	(26)

2.4.2 回路电流法	(29)
2.5 叠加定理	(30)
2.6 戴维南定理和诺顿定理	(32)
2.6.1 戴维南定理	(32)
2.6.2 诺顿定理	(34)
本章小结	(36)
课后习题	(37)
第3章 正弦交流电路	(42)
3.1 正弦交流量的基本概念	(42)
3.1.1 正弦交流量的定义	(42)
3.1.2 正弦交流量的三要素	(43)
3.1.3 正弦交流量的相位差	(46)
3.1.4 正弦交流量的有效值	(48)
3.2 正弦交流量的表示	(50)
3.2.1 正弦交流量的相量表示法	(51)
3.2.2 基尔霍夫定律在正弦交流电路中的表达形式	(52)
3.2.3 相量表示的正弦交流量的简单计算	(53)
3.3 电容元件和电感元件	(55)
3.3.1 电容元件及其伏安特性	(55)
3.3.2 电感元件及其伏安特性	(57)
3.4 单一参数的正弦交流电路	(59)
3.4.1 纯电阻正弦交流电路	(59)
3.4.2 纯电容正弦交流电路	(62)
3.4.3 纯电感正弦交流电路	(64)
3.4.4 阻抗及阻抗表示方法	(66)
本章小结	(67)
课后习题	(68)
第4章 三相正弦交流电路	(70)
4.1 三相电源与三相负载	(70)
4.1.1 三相电源	(70)
4.1.2 三相电源的连接	(71)
4.1.3 三相负载的连接	(73)
4.2 三相电路的功率	(76)
4.2.1 有功功率	(76)
4.2.2 无功功率	(77)
4.2.3 视在功率	(77)
4.2.4 三相负载的功率因数	(78)

4.2.5 对称三相电路的瞬时功率	(78)
4.3 对称三相电路的分析与计算	(79)
4.4 不对称三相电路的特点及分析	(82)
本章小结	(85)
课后习题	(86)
第5章 互感电路	(88)
5.1 互感与互感电压	(88)
5.1.1 互感	(88)
5.1.2 互感系数	(88)
5.1.3 耦合系数	(89)
5.1.4 互感电压	(89)
5.2 同名端及其判定	(89)
5.2.1 同名端	(89)
5.2.2 同名端的测定	(91)
5.3 具有互感电路的计算	(91)
5.3.1 两耦合线圈的串联	(92)
5.3.2 两耦合线圈的并联	(94)
5.4 理想变压器及其电路的计算	(95)
本章小结	(98)
课后习题	(98)
第6章 非正弦周期性电路	(101)
6.1 非正弦周期信号的谐波分析	(101)
6.1.1 产生非正弦周期电压、电流的原因	(101)
6.1.2 非正弦信号的谐波分析	(102)
6.2 有效值、平均值和平均功率	(107)
6.2.1 有效值	(107)
6.2.2 平均值	(108)
6.2.3 平均功率	(108)
6.3 非正弦周期电流电路的分析	(110)
本章小结	(113)
课后习题	(114)
第7章 电路暂态分析	(115)
7.1 换路定则	(115)
7.2 RC 电路的充放电过程	(117)
7.2.1 RC 电路的放电过程 (零输入响应)	(117)
7.2.2 RC 电路的充电过程	(119)

7.3 分析一阶电路暂态过程的三要素法	(122)
7.4 RC 电路暂态的应用	(124)
7.4.1 微分电路	(124)
7.4.2 积分电路	(125)
7.5 RL 电路的暂态过程	(126)
7.5.1 RL 电路和直流电源接通	(126)
7.5.2 RL 电路的短接与断开	(128)
本章小结	(129)
课后习题	(130)
第8章 变压器和交流电动机	(133)
8.1 变压器	(133)
8.1.1 变压器的分类及基本结构	(133)
8.1.2 变压器的工作原理	(134)
8.1.3 变压器的运行特性和额定值	(137)
8.1.4 特殊用途的变压器	(140)
8.1.5 三相变压器	(142)
8.2 三相异步电动机	(143)
8.2.1 三相异步电动机的结构	(143)
8.2.2 三相异步电动机的工作原理	(145)
8.2.3 三相异步电动机的转矩和机械特性	(148)
8.2.4 三相异步电动机的铭牌数据	(151)
8.2.5 三相异步电动机的起动	(152)
8.2.6 三相异步电动机的调速	(156)
8.2.7 电动机的制动	(158)
8.3 单相异步电动机	(159)
8.3.1 单相电容式异步电动机	(160)
8.3.2 罩极式电动机	(160)
本章小结	(161)
课后习题	(161)
第9章 常用低压电器	(164)
9.1 低压电器的基础知识	(164)
9.1.1 低压电器的分类	(164)
9.1.2 电磁式低压电器的基本知识	(165)
9.2 刀开关	(167)
9.2.1 刀开关的结构	(167)
9.2.2 常用的刀开关	(167)
9.2.3 胶盖刀开关	(167)

9.2.4	熔断器式刀开关	(167)
9.2.5	刀开关的选用	(168)
9.3	熔断器	(168)
9.3.1	熔断器的结构和工作原理	(168)
9.3.2	熔断器的分类	(169)
9.3.3	熔断器的选择	(169)
9.4	接触器	(170)
9.4.1	接触器的作用与分类	(170)
9.4.2	接触器的结构与工作原理	(170)
9.4.3	接触器的主要技术数据	(171)
9.4.4	接触器的选用	(172)
9.5	低压断路器	(173)
9.5.1	低压断路器的工作原理	(173)
9.5.2	低压断路器的主要技术参数	(174)
9.5.3	低压断路器的选用	(174)
9.6	继电器	(174)
9.6.1	电磁式继电器的结构、特性	(175)
9.6.2	继电器的主要参数	(175)
9.6.3	电磁式电压继电器和电流继电器	(176)
9.6.4	电磁式中间继电器	(176)
9.6.5	时间继电器	(177)
9.6.6	热继电器	(179)
9.7	主令电器	(181)
9.7.1	控制按钮	(181)
9.7.2	行程开关	(182)
	本章小结	(183)
	课后习题	(183)
第10章	继电器-接触器控制电路基本环节	(184)
10.1	电气图中的图形符号和文字符号	(184)
10.1.1	图形符号	(184)
10.1.2	文字符号	(185)
10.2	电气控制系统图	(185)
10.2.1	电气原理图	(185)
10.2.2	电器元件布置图	(187)
10.2.3	电气接线图	(187)
10.3	交流电动机的基本控制电路	(188)
10.3.1	自锁与互锁的控制	(188)
10.3.2	点动与连续运转的控制	(189)

10.3.3	多地点与多条件控制	(190)
10.3.4	顺序控制	(191)
10.3.5	自动往复循环控制	(192)
10.4	三相笼型异步电动机的起动控制电路	(193)
10.4.1	Y- Δ 降压起动控制电路	(194)
10.4.2	自耦变压器(补偿器)减压起动控制电路	(195)
10.5	三相异步电动机的运行控制电路	(196)
10.5.1	变极调速原理	(196)
10.5.2	双速电动机变速控制	(197)
本章小结		(197)
课后习题		(198)
参考文献		(199)

第1章 电路模型和基本定律



学习目标

学习“电路基础”主要是掌握电路的基本规律和分析、计算方法。本章从建立电路模型、认识电路变量等最基本的问题出发，重点讨论了欧姆定律、基尔霍夫定律、电阻的联结、电源模型等。

1.1 电路与电路模型

1.1.1 电路

实际电路是由各种电器按一定的方式互相连接而成的电流通路。它的主要功能是实现电能或电信号的产生、传输、转换和处理。

在科技发达的今天，无论是日常生活还是各种生产实践、科学研究，都广泛地使用着种类繁多的电路。如为采光而使用的照明电路、为把电信号放大而设计的放大电路、为实现各种自动化生产而设计的自动控制电路，还有日常用到的种种家用电器等。

图1-1所示为一个简单的照明电路。它由三部分组成：一是作为电源的干电池，提供电能；二是作为负载的灯泡，它将电能转换成光能和热能；三是作为中间环节的导线和开关，起连接、控制干电池和灯泡的作用。

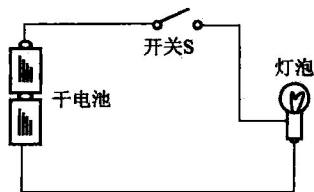


图1-1 手电筒电路图

一般来说，不管电路复杂与否，都可将它分为三部分：一是提供电能（或信号）的电源；二是消耗或转换电能的负载；三是连接和控制电源与负载的中间环节。这三部分在任何电路中都是缺一不可的。

1.1.2 电路模型

在实际电路中使用各种各样的电气元器件，如电阻器、电容器、电感器、灯泡、电池、晶体管、变压器等。即使最简单的元器件，在工作时所发生的物理现象也可能是很复杂的。例如，一个有电流通过的线绕电阻器，除了对电流呈现阻碍作用之外，还在导线周围产生磁场，因而兼有电感器的性质；同时还会在各匝线圈之间存在电场，因而又兼有电容器的性

质。一个实际的直流电压源总有一定的内阻,要使用时就不能保证其端电压是严格的恒定。所以直接对实际元件或设备构成的电路进行分析和研究往往比较困难,有时甚至不可能。因此,对各种实际元件根据它们在电路中表现出来的电磁特性进行分类,并加以理想化,在一定的条件下忽略其次要特征,突出其主要特征,用一个能表征其主要电磁特征的模型——理想元件来表示。

理想元件具有两个特点:一是它反映的电磁特性可以用数学表达式进行精确的描述,也就是可用数学的方法对电路进行分析和计算;二是实际电气元件中发生的电磁现象可用理想元件或它们的适当组合来表示。

在引入了理想元件的概念后,实际的电路元件都可以用能够反映其主要电磁特性的理想元件来代替,即实际电路都可用各种理想元件构成的抽象电路来表示,称抽象电路为“电路模型”。电路模型反映了各种理想元件在电路中的作用和相互之间的连接方式,并不表示元件之间的真实几何关系和实际位置,而且,对电路的分析和计算是对电路模型而言。另外,在电路模型中,连接各元件的导线也被认为是理想元件,其电阻忽略不计。

但是,将一个电气元件理想化是有条件的。也就是说,在不同的条件下如果电气元件表现出不同的特性,那么它的模型也不一样,构成的电路模型也就不同。除特别说明外,在本教材后面提到的电路,都指电路模型,其中的元件都是理想元件。对于一个电气元件,可能会有不同的模型,如图 1-2 所示是部分常用电气元件模型。

电阻		电压源		PNP三极管	
				NPN三极管	
可变电阻		电流源		二极管	
				晶体	
电容		受控电压源		扬声器	
电感		受控电流源		麦克风	
开关		电池		灯泡	
		脉冲信号		插座	
延时		地		保险丝	

图 1-2 常用电气元件模型

1.2 电流、电压和参考方向

在分析一个电路的过程中,要分析电路中的许多变量,其中电流、电压、功率是电路的三个基本变量。认识这些变量,对分析电路将有着重要的意义。

1.2.1 电流

电荷的定向移动形成电流。人们把单位时间内通过导体横截面的电荷定义为电流强度,以表征电流的大小,电流强度又简称为电流,用符号 i 表示。设在一段时间 Δt 内,通过导体横截面的电荷量为 Δq , 则电流 i 为

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (1-1)$$

在国际单位制中, q 为电荷量, 单位为库仑 (用 C 表示); t 是时间, 单位是秒 (用 s 表示); i 为电流, 单位为安培 (用 A 表示)。在实际应用中, 电流经常还会用到小一些的单位: 毫安 (mA) 和微安 (μA), 它们之间的关系如下:

$$1 \text{ A} = 1\,000 \text{ mA}$$

$$1 \text{ mA} = 1\,000 \mu\text{A}$$

根据电流的大小、方向与时间之间的关系, 可将电流分成三种。

(1) 直流

大小、方向都不随时间的变化而变化的称为恒定电流, 简称直流 (常用字母 DC 来表示), 电流强度用 I 表示。显然, 对于直流, 在任意相同时间间隔内通过导体横截面的电荷量都是相同的, 所以式 (1-1) 可简化为

$$I = \frac{Q}{t}$$

(2) 脉动直流

大小随时间变化, 而方向不变的称为脉动直流。

(3) 变动电流

大小、方向都随时间变化的称为变动电流。在变动电流中, 有一种大小和方向都呈周期性变化且一个周期内的平均值为零的电流称为交变电流, 简称交流 (常用字母 AC 来表示)。正弦交流电是一种常见、典型的交变电流。

从图 1-3 可以看出直流、脉动直流、变动电流、交流的区别。

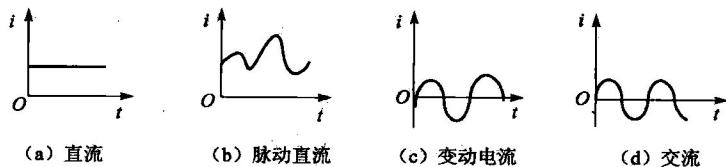


图 1-3 电流的分类

电流的大小可以用数值来表示, 那电流的方向该如何确定呢?

人们规定, 正电荷的移动方向为电流的实际方向。在分析电路时, 有些电流的实际方向往往事先难以确定。为解决这一难题, 可以根据需要任意假定某一方向为电流的正方向, 或称为参考方向, 并用箭头在电路中标示出来。当参考方向与实际电流方向一致时电流为正值, 与实际电流方向相反时电流为负值。因此, 只有在标出了电流的参考方向后, 电流数值的正负才有意义。

1.2.2 电位、电压与参考方向

1. 电位

电荷能在电场中移动是因为受到了存在于导体中的电场力的作用, 即电场力对电荷做功。如果在电路中任意选定一个电位参考点 O , 那么就可以定义空间某点 A 的电位 V_A 在数值上等于将单位正电荷从 A 点移到 O 点电场力所做的功。

显然, V_A 是一个相对量, 其量值与所选参考点有关。如图 1-4 所示, 对于参考点选为 B 点或选为 O 点, A 点的电位就可能不同。在一个电场中, 如果参考点选定以后, 那么电场中各点的电位也就确定下来了。

电路中某一点的电位也与参考点的位置有关。如图 1-4 所示, 当选 O 为参考点时, A 点的电位为 V_A , B 点的电位为 V_B ; 当选 B 点为参考点时, A 点的电位为 V'_A , 显然 V_A 和 V'_A 不同, B 点电位此时已变为 0。

因此, 在电路中如果不指定参考点而谈论电位是没有意义的。另外, 参考点本身的电位为零, 所以参考点也称零电位点。

2. 电压

电压与电位联系紧密。电路中两点间的电压即为这两点间的电位差。如图 1-5 所示, A、B 两点间的电压 U_{AB} 为

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

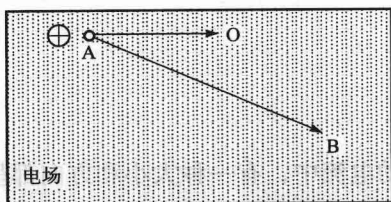


图 1-4 电场和电位

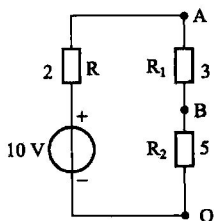


图 1-5 电位和电压

显然, U_{AB} 在数值上等于电场力把单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功。设正电荷 Δq 在电场力的作用下, 从 A 点移到 B 点, 电场力做功 Δw , 则 A、B 两点的电压为

$$u_{AB} = \frac{\Delta w}{\Delta q}$$

在国际单位制中, w 表示功, 单位为焦耳 (用 J 表示); u_{AB} 是 A、B 两点间的电压, 单位为伏特 (用 V 表示), 与电位的单位完全一样。在实际应用中, 电压经常还会用到较大一点的单位——千伏 (kV), 以及较小的单位——毫伏 (mV) 和微伏 (μV), 它们之间的换算关系如下:

$$1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V}$$

$$1 \text{ V} = 1\,000 \text{ mV}$$

$$1 \text{ mV} = 1\,000 \mu V$$

电压与电位的根本区别在于, 电压与参考点的选取无关。如图 1-5 所示, 当选取 O 点为参考点时, A 点电位 $V_{A1} = 8 \text{ V}$, B 点电位 $V_{B1} = 5 \text{ V}$, A、B 间电压为 $U_{AB} = V_{A1} - V_{B1} = 8 \text{ V} - 5 \text{ V} = 3 \text{ V}$; 当选取 B 点为参考点时, A 点电位 $V_{A2} = 3 \text{ V}$, B 点电位 $V_{B2} = 0 \text{ V}$, A、B 间电压为 $U_{AB} = V_{A2} - V_{B2} = 3 \text{ V} - 0 \text{ V} = 3 \text{ V}$ 。可见, 参考点不同, A、B 两点的电位都发生了变化, 但两点间的电压却不变。

为了能方便地分析实际电路, 在电路中也对电压的方向作了规定: 在电场力作用下正电荷移动的方向 (即电位降低的方向) 为电压的实际方向。在实际处理中, 可以根据需要任意选定某一方向为电压的参考方向, 当电压的数值为正时, 表明其实际方向与参考方向一

致；当数值为负时，则与参考方向相反。只有在标出了电压的参考方向后，其数值的正负才有意义。

3. 电动势

在一个电路中，要维持电流的不断流动，就必须有电源的存在。电源的作用是，把从高电位端移到低电位端的电荷通过非电场力的作用又从低电位端搬回到高电位端。所以这里用电动势来衡量电源这种将正电荷从电源负端搬到正端的能力。电源的电动势在量值上等于电源将单位正电荷从电源的低电位端通过电源内部搬到高电位端所做的功。

电动势的单位和电位、电压的单位完全一致。它们具有相同的量纲，但是却有本质的区别。电动势是一个描述电源的物理量，是针对一个电源而言，它可以离开电路独立存在；而电压是电路的一个变量，在所处的电路中随电路参数的变化而变化。

1.3 电 功 率

一个电路中有电源也有负载，电路能实现特定的能量、信号的转换。为了描述电路中各部分消耗或提供电能的速度，引进了一个新概念——电功率。

单位时间内电能的变化率，简称功率，并用字符 p 表示，其数学定义可表示为

$$p = \frac{\Delta w}{\Delta t}$$

在国际单位制中，功率的单位为瓦（用 W 表示）；功率为 1 瓦就是每秒做功或消耗能量为 1 焦耳，即 $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ 。

在电路分析中，一般更关注功率与电流、电压之间的关系。下面就以图 1-6 (a) 所示电路为例进行讨论。图中方框代表任意一段电路，其内部可以是一个电阻或电源，或多个元件的组合。电流的参考方向设为从 a 到 b，电压的参考方向设 a 为高电位端，b 为低电位端，这样所设的电压、电流参考方向称为与参考方向关联或一致。

下面就来推导 ab 这段电路消耗的电功率与其上的电压 u 、电流 i 之间的关系。由电压定义：

$$u = \Delta w / \Delta q$$

得

$$\Delta w = u \Delta q$$

由电流定义：

$$i = \Delta q / \Delta t$$

得

$$\Delta t = \Delta q / i$$

再由功率定义可得

$$p(t) = ui$$

即在电压、电流参考方向关联的条件下，一段电路所消耗（吸收）的电功率为这段电路两端的电压、电流的乘积。

如果一段电路的电压、电流的参考方向不一致，如图 1-6 (b) 所示，则这段电路消耗（吸收）的功率为 $p(t) = -ui$ 。

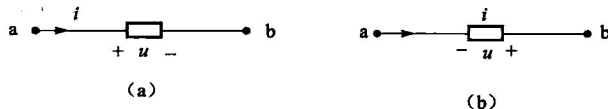


图 1-6 电压和电流的参考方向关联

对于直流电, 则相应的变量符号均为大写: 参考方向关联时吸收功率为 $P = UI$, 非关联时为 $P = -UI$ 。当计算出一段电路的吸收功率大于零时, 称这段电路是消耗 (吸收) 功率; 如果吸收功率小于零, 这段电路是供出功率。

要计算一段电路产生的功率 (供出功率), 无论 u 、 i 参考方向是否关联, 所用公式都与计算吸收功率时所用公式相反。即 u 、 i 参考方向关联时, 产生功率为 $-ui$; 当 u 、 i 参考方向非关联时, 产生功率用 ui 计算。因为“吸收”与“供出”是相反的含义, 所以计算公式用正、负符号来表示。

有了功率的概念, 再来讨论一下实际应用中电器 (元件) 的额定值问题。电器的额定值, 是为了保证安全、正常使用电器, 制造厂家给出的对电压、电流或功率的限制数值。例如, 一只灯泡上标明 220 V、60 W, 就表示: 这只灯泡接 220 V 电压、消耗功率 60 W 是正常使用; 若接到 380 V 电压上, 则属于不安全使用, 灯泡将被烧坏; 若接到 110 V 电压上, 也是不正常使用, 此时灯泡消耗功率小于 60 W, 会比较暗。

例 1-1 试求图 1-7 中各框图所代表元件的功率。

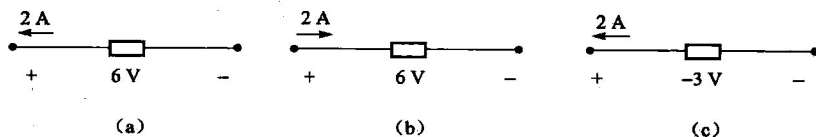


图 1-7 例 1-1 图

解 图 1-7 (a) 中, 电压、电流参考方向非关联, $P = -UI = -6 \text{ V} \times 2 \text{ A} = -12 \text{ W}$ ($P < 0$, 元件提供电能);

图 1-7 (b) 中, 电压、电流参考方向关联, $P = UI = 6 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 12 \text{ W}$ ($P > 0$, 元件消耗电能);

图 1-7 (c) 中, 电压、电流参考方向非关联, $P = -UI = -(-3 \text{ V}) \times 2 \text{ A} = 6 \text{ W}$ ($P > 0$, 元件消耗电能)。

1.4 电阻元件和欧姆定律

1.4.1 电阻元件

1. 导体电阻

电流通过导体会受到一种阻碍作用, 最明显的表现就是导体要消耗能量而发热。导体对电流的这种阻碍作用称为电阻, 用 R 表示。导体的电阻与其本身的长度成正比, 与其截面积成反比, 并与导体材料性质有关。材质均匀一致的导体, 其电阻的数学表达式为