



卓越系列·

21世纪高等职业教育精品规划教材

电工技术基础

主 编 魏连荣
副主编 李 新

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS



卓越系列·21 世纪高等职业教育精品规划教材

电工技术基础

主 编 魏连荣

副主编 李 新



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书内容包括:电路的基本概念和基本定律、直流电阻电路、电容和电感、正弦交流电路、互感、谐振、非正弦周期波、瞬态过程、磁路与铁芯线圈及电工知识,并配有实训内容。本书可作高职高专院校机电类专业通用教材,也可作专业培训教材,并可供机电类技术人员选用。本书力求编出新意,具有一定深度和广度,既便于各类不同学校根据需要选择不同的讲授内容,又便于学生实践。其任务是使学生具备从事电气、电子工作的高素质专门人才所必需的电工基本知识、基本理论和基本实践技能,并为学习后续课程和培养学生的创新能力打下坚实基础。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础/魏连荣主编. —天津:天津大学出版社,
2008.9

(卓越系列)

21 世纪高等职业教育精品规划教材

ISBN 978-7-5618-2722-2

I. 电… II. 魏… III. 电工技术—高等学校:技术学校—
教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 109555 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 www.tjup.com

短信网址 发送“天大”至 916088

印 刷 天津泰宇印务有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 169mm × 239mm

印 张 18.25

字 数 389 千

版 次 2008 年 9 月第 1 版

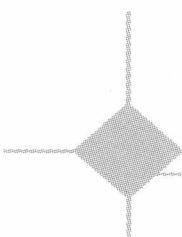
印 次 2008 年 9 月第 1 次

印 数 1—4 000

定 价 29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究



前言

本书是根据教育部高职高专自动化类专业建设与教学改革研讨会精神编写的“电工技术基础”课程教学用书。“电工技术基础”课程是机电类专业的一门重要的技术基础课。为适应职业技术教育的迅速发展,根据原国家教委对高等职业技术学院的教学要求,在教学实践中,我们对教材内容不断地进行调整、提炼和更新,逐渐形成了一定的教学特色,本书正是在此基础上编写而成的。

“电工技术基础”作为机电类专业的基础课程,要求教材对电工的基础理论、基本概念、元件、定律、定理等做一定介绍。因此本书涉及的面比较宽,从直流到交流,从稳态到暂态,从理论到技能,我们从不同角度、不同侧面组织材料,针对高职学生特点使本书做到基础理论够用为度,针对生产生活中遇到的知识进行探讨,使教材难度适中,体现实用性,突出高等职业技术学院的办学特点。

“电工技术基础”是与实际联系比较密切的一门课程,因此在编写过程中尽可能贴近实际。在实训教学上,探索创新部分实训内容,包括电工材料的使用、功率因数的提高、万用表的使用、电工仪器的应用及电工安全知识等,使学生的操作技能水平提高,达到学有所用,为学生今后在生产生活中的应用打下基础。为帮助学生进一步理解本书内容,本书每一小节后都安排有思考与练习题,每章后还配有大量的习题。

本书由魏连荣老师担任主编。该书的编写分工为:第1~3章、第10章由魏连荣编写,第5章、第7章由徐霁堂编写,第8章、第9章由李新编写,第4章由魏弢编写,第6章及实训由王爱博编写。全书由魏连荣负责统稿。

由于编者水平有限,书中的错误和不妥之处在所难免,敬请使用本书的老师和同学批评指正。

本书编写过程中参阅了部分院校的教材及资料,对原作者表示感谢。

本书可作为高等职业学校机电类专业或相近专业的教材,也可供中等专业学校及有关专业的工程技术人员参考。

编 者

2008年4月

目 录

1 电路的基本概念和基本定律	(1)
1.1 电路与电路模型	(1)
1.2 电路中的基本物理量	(3)
1.3 电阻元件和欧姆定律	(7)
1.4 基尔霍夫定律	(12)
本章小结	(16)
习题1	(17)
实训1 基尔霍夫定律的验证	(20)
2 线性电阻电路	(22)
2.1 等效电路的概念及等效电阻	(22)
2.2 等效电阻的串联与并联	(23)
2.3 等效电阻的混联	(26)
2.4 电阻星形连接与三角形连接的等效变换	(27)
2.5 电压源与电流源的简化和等效变换	(31)
2.6 电路的3种状态	(34)
2.7 用电位的概念分析电路	(39)
本章小结	(43)
习题2	(44)
实训2 电位、电压的测定	(48)
实训3 电压源与电流源的等效变换	(50)
实训4 最大功率传输条件测定	(53)
3 线性网络的基本分析方法和定理	(56)
3.1 支路电流法	(56)
3.2 回路电流法	(59)
3.3 节点电压法	(61)
3.4 叠加定理	(64)
3.5 戴维南定理	(67)
3.6 含受控源电路的分析	(70)
本章小结	(74)
习题3	(75)
实训5 叠加原理的验证	(79)
实训6 戴维南定理的验证——有源二端网络等效参数的测定	(81)

实训 7 受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实训研究	(85)
4 正弦交流电路的基本概念和基本定律	(90)
4.1 正弦交流电的基本概念	(90)
4.2 正弦交流电的相量表示	(96)
4.3 正弦交流电路中的电阻、电容和电感	(101)
4.4 阻抗的串联	(111)
4.5 导纳的并联	(117)
4.6 复杂交流电路分析	(123)
4.7 正弦交流电路的功率	(126)
4.8 功率因数的提高	(130)
4.9 谐振电路	(134)
本章小结	(137)
习题 4	(138)
实训 8 RLC 元件阻抗特性的测定	(142)
实训 9 用三表法测量电路等效参数	(144)
实训 10 正弦稳态交流电路相量的研究	(147)
实训 11 RLC 串联谐振电路的研究	(150)
5 互感电路	(154)
5.1 互感电压	(154)
5.2 同名端	(156)
5.3 互感电路的计算	(157)
5.4 空芯变压器	(161)
本章小结	(161)
习题 5	(162)
实训 12 互感电路观测	(163)
6 三相电路	(167)
6.1 三相交流电源	(167)
6.2 负载的星形连接	(169)
6.3 负载的三角形连接	(173)
6.4 三相电路的功率	(176)
本章小结	(179)
习题 6	(180)
实训 13 三相交流电路电压、电流的测量	(181)
实训 14 三相电路功率的测量	(184)
7 非正弦周期电流电路	(189)
7.1 非正弦周期信号及分解	(189)

7.2 非正弦周期信号的有效值、平均值和平均功率	(195)
7.3 非正弦周期电路的计算	(199)
本章小结	(202)
习题 7	(203)
实训 15 典型电信号的观察与测量	(204)
8 电路的暂态分析	(208)
8.1 换路定律及初始值的计算	(208)
8.2 零输入响应	(212)
8.3 零状态响应	(216)
8.4 全响应及其分析	(220)
8.5 一阶电路暂态分析的三要素法	(223)
8.6 RLC 电路的暂态分析过程	(225)
本章小结	(228)
习题 8	(229)
实训 16 一阶电路	(231)
9 磁路和铁芯线圈电路	(233)
9.1 磁场的基本物理量及其相互关系	(233)
9.2 铁磁材料的磁性能	(235)
9.3 磁路与磁路的基本定律	(237)
9.4 直流磁路的计算	(239)
9.5 交流磁路与交流铁芯线圈	(240)
9.6 变压器	(243)
本章小结	(248)
习题 9	(249)
实训 17 单相变压器	(250)
10 电工知识简介	(254)
10.1 工业企业输电和配电	(254)
10.2 安全用电	(257)
10.3 常用电工材料	(261)
10.4 电工常用仪表	(267)
参考文献	(281)

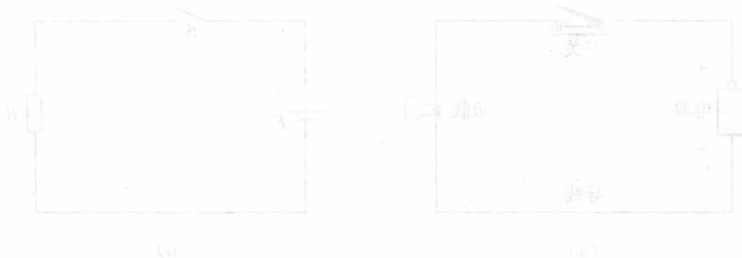


图 1-1 手电筒的实物电路 (a) 和原理电路 (b)

1

电路的基本概念和基本定律

电工技术基础是一门专业基础课,它是为学习后续专业课打基础的课程。

本章主要讨论电压和电流的参考方向、欧姆定律以及基尔霍夫定律等,并介绍几个基本电路元件。这些内容都是分析与计算电路的基础,也是全书的基础。为便于读者学习,本章仅就直流电路进行讨论。

1.1 电路与电路模型

1. 电路的组成

电路是电流的通路,它是由一些电气设备和元器件按一定的方式连接而成的。在电力系统、自动控制、计算机等技术领域中,人们广泛使用各种电路来完成多种多样的任务。例如,可以提供电能的供电电路、信号放大电路、测量所用的仪表电路以及存储信息的存储电路。

电路中可以供给电能、电信号的设备或器件叫做电源,使用电能的设备或器件称为负载。手电筒电路就是一个简单的实用电路,如图 1-1(a)所示。这个电路是由一个电源(电池)、一个负载(小灯泡)、一个开关和连接导线(金属外壳)所组成。此外,电路中还可能包括控制与保护设备等。

为了画电路图时方便,人们用一些图形符号来代表各种电气设备和元器件,连接起来后就成为原理电路图。图 1-1(b)是图 1-1(a)的原理电路图,它清晰地表明了各器件之间的连接关系,与实际电路的形状、大小、相对位置无关。

2. 电路模型

实际电路都是由一些像电池、电阻器、电容器、电感器等实际器件组成的,人们使用某种器件,就是想要利用它的某一主要电磁特性。例如,使用电池,就是要利用它

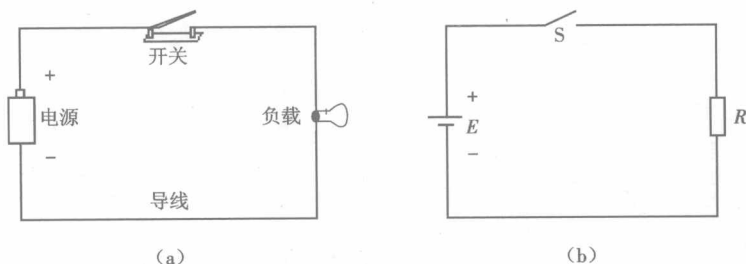


图 1-1 模型化电路的概念

(a) 电路的组成; (b) 电路模型

正、负极之间能保持一定电压这一性质;使用电阻器,就是要利用它能将电能转化为热能或光能的性质。但是,实际器件的电磁性能往往不是单一的。比如,一个电池总有一定的内阻,工作时它要消耗一些电能;当电流通过实际电阻器时还会产生磁场,因而有微小的电感。各种电磁现象交织起来,往往给电路的分析和计算造成一些困难。

为了便于对实际电路进行分析和用数学方式描述,可以对实际元器件进行科学的抽象,即在一定条件下突出其主要的电磁特性,忽略其次要性能,把它近似地看成一个理想元件。例如,忽略内阻后,电池就可以看成电压恒定的理想电压源;忽略微小电感时,电阻器就可看成一个理想电阻元件。实际的电路元器件经过理想化以后,便成为只有某种单一电磁性能的元件,它是实际器件的近似,称为理想电路元件,今后常简称为电路元件。

由理想电路元件构成的电路称为实际电路的“电路模型”。这样,手电筒的实际电路可以用电路的模型图 1-1(b)表示。值得注意的是,用理想电路元件或它们的组合模拟实际元件的过程,就是建立其模型的过程(简称建模)。建模时必须考虑工作条件,并按不同的精度要求把给定工作情况下的主要物理现象及功能反映出来。

3. 电路的功能

电路的功能主要有两种:一是进行能量的传送和转换;二是对输入信号进行传递和处理,输出所需的信号。在这两种功能中,电源或信号源的电压或电流是电路的输入,它推动电路工作,故又称为激励;负载或终端装置的电压、电流是电路的输出,又称为响应,如图 1-2 所示。

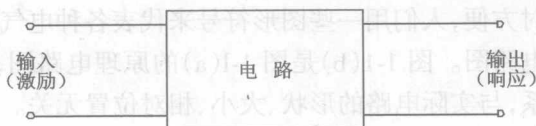


图 1-2 电路的激励和响应

练习与思考

1-1-1 什么叫电路模型? 建立电路模型时应注意什么问题?

1-1-2 电路的功能是什么?

1-1-3 电路基础课程研究的主要对象是什么?

1.2 电路中的基本物理量

1.2.1 电流

1. 定义

我们知道,电荷的定向移动形成电流。电流的方向习惯上指正电荷运动的方向,电流的大小常用电流强度来衡量。人们把单位时间内通过导体横截面的电荷量定义为电流强度,简称为电流,用符号 i 表示。

设在极短的时间 dt 内,通过导体横截面的电荷量为 dq ,则电流

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

一般情况下,电流 i 是时间 t 的函数。如果 dq/dt 不随时间变化,即任意时刻,通过导体横截面的电量,其大小和方向都不随时间发生变化,则这种电流称为恒定电流,简称直流,常简写为 dc 或 DC,其强度用符号 I 表示。很显然

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2)$$

式中: q 为电荷量; t 为时间; I 为在单位时间 t 内通过导体横截面电荷量 q 的大小。

电荷量值和方向随着时间周期性变化的电流称为交流电流,常用英文小写字母 i 表示。在图 1-3 中,给出了几种不同的电流形式。

在国际单位制(SI)中,电流的单位是安[培],符号为 A。常用的电流单位有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)等,它们之间的换算关系是

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

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$$

2. 方向

在复杂电路的分析中,电路中电流的实际方向很难预先判断出来,有时电流的实际方向还会不断改变,因此很难在电路中标明电流的实际方向。为此,在分析与计算电路时,常可任意规定某一方向作为电流的参考方向或正方向,并用箭头表示在电路图上。规定了参考方向以后,电流就是一个代数量了,若电流的实际方向与参考方向

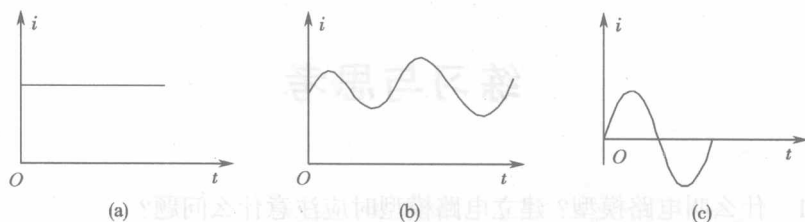


图 1-3 几种不同的电流形式

(a) 恒定电流; (b) 非恒定电流; (c) 交流电流

一致(如图 1-4(a)所示),则电流为正值;若两者相反(如图 1-4(b)所示),则电流为负值。这样,就可以利用电流的参考方向和正、负值来判断电流的实际方向。应当注意,在未规定参考方向的情况下,电流的正、负号是没有意义的。

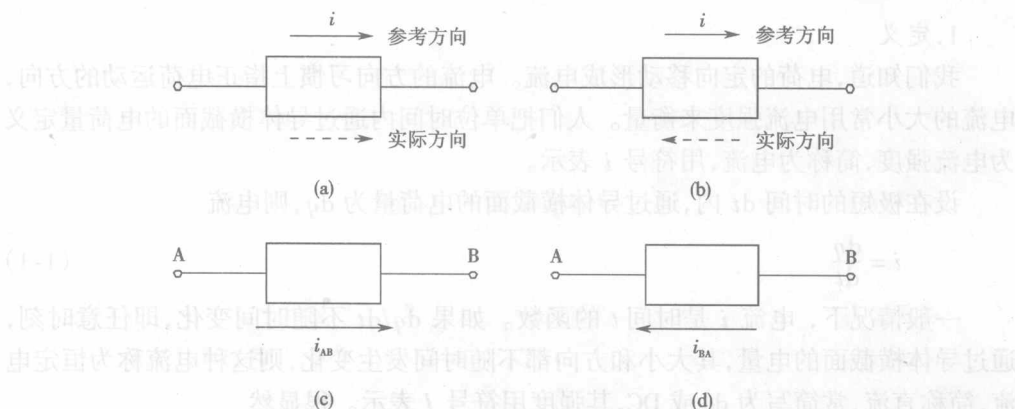


图 1-4 电流的参考方向

(a) 电流的实际方向与参考方向一致; (b) 电流的实际方向与参考方向相反;

(c) 双下标 AB 表示电流的参考方向; (d) 双下标 BA 表示电流的参考方向

电流的参考方向除用箭头在电路图上表示外,还可用双下标表示,如对某一电流,用 i_{AB} 表示其参考方向为由 A 指向 B,如图 1-4(c)所示;用 i_{BA} 表示其参考方向为由 B 指向 A,如图 1-4(d)所示。显然,两者相差一个负号,即

$$i_{AB} = -i_{BA}$$

1.2.2 电位、电压和电动势

1. 电位

电路从本质上讲是一个有限范围的电场,在电路内的电场中,每一个电荷 q 都具有一定的电位能 W (又叫电势能)。用物理量 V 来表征电场中任一点的特征,称为电位,它定义为

$$V = \frac{dW}{dq} \quad (1-3)$$

V 在数值上等于单位正电荷在电场中某一点所具有的电位能,也可理解为电场力将单位正电荷从该点沿任意路径移到参考点所做的功,其单位为伏特,简称伏,用 V 表示。 dW 表示电场力把 dq 从一点移到另一点所做的功,单位为焦耳,用 J 表示。

要注意,电位是一个相对的物理量,它的大小和极性与所选取的参考点有关。参考点的选取是任意的,但通常规定参考点的电位为 0 ,故参考点又称为零电位点(通常取大地为零电位点,用符号“ $\perp$ ”表示)。

2. 电压

电路中任意两点的电位差称为电压,它是衡量电场力做功的物理量,用 u 或 U 表示,单位为 V 。在数值上,电压等于单位正电荷在电场力的作用下从电场中的一点移到另一点时电场力所做的功。电压有实际方向和参考方向之分。实际方向是指在电场力作用下,正电荷移动的方向。实际方向定义为从高电位指向低电位,即电位降低的方向。参考方向的选取具有任意性,在实际分析电路时,若难以判断电压的实际方向,则可任意选取一端为高电位,另一端为低电位。这样由假定的高电位指向低电位的方向,即为电压的正方向(参考正方向)。电压的正方向有 3 种表示方式(见图 1-5 所示):①用箭头指向表示,由假定的高电位到低电位;②用符号“+”和“-”表示假定的正负极性;③用双下标的表示法,如图 1-5 中的 U_{ab} ,它的前一个下标表示起点,后一个下标表示终点。这 3 种方法通用,实际使用时可任选一种。

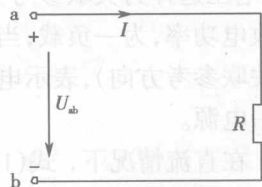


图 1-5 电压参考方向的 3 种表示法

3. 电动势

电动势是度量电源内非静电力(化学力、电磁力等)做功能力的物理量,在数值上等于非静电力把单位正电荷从负极移到正极所做的功。其实际方向为使电位能升高的方向,即由低电位指向高电位。故电动势和电压的实际方向相反。

电动势的符号用 E 表示,单位和电位、电压的单位一样,都为伏特(V)。

通常用图 1-6(a)所示的符号表示电池,用图 1-6(b)所示的符号表示一般电源或信号源(在实际使用中,不用画出 E 、 U 的方向)。通常用符号上标的正、负极表示假定正方向。

1.2.3 功和功率

电量 q 在电场力作用下从一点移到另一点,电场力所做的功即为电功,用 W 表示。

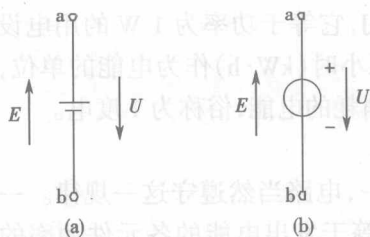


图 1-6 电源的符号

(a) 电池的符号;

(b) 一般电源或信号源的符号

单位时间里电场力所做的功称为电功率,简称功率,用 p 表示,即

$$p = \frac{dW}{dt} \quad (1-4)$$

由式 $dW = u dq$, $i = dq/dt$, 可得

$$p = ui \quad (1-5)$$

式中,字母 u 和 i 表示任一时刻电压和电流的瞬时值。当 $p > 0$, 即 $u > 0$, $i > 0$ 时(电流、电压选择为关联参考方向),表示电流由实际的高电位端流向低电位端,该段电路吸收电功率,为一负载;当 $p < 0$, 即 $u > 0$, $i < 0$ 时,或 $u < 0$, $i > 0$ 时(电流、电压选择非关联参考方向),表示电流由实际的低电位端流向高电位端,该段电路放出电功率,为一电源。

在直流情况下,式(1-5)可表示为

$$P = UI \quad (1-6)$$

在国际单位制(SI)中,电压的单位为 V,电流的单位为 A,则功率的单位为瓦特,简称瓦,符号为 W, $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$ 。常用功率的单位有千瓦(kW)、兆瓦(MW)和毫瓦(mW)等。

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}; 1 \text{ W} = 10^3 \text{ mW}; 1 \text{ MW} = 10^3 \text{ kW}$$

根据式(1-4),从 t_0 到 t 时间段内,电路吸收(消耗)的电能

$$W = \int_{t_0}^t p dt \quad (1-7)$$

直流时,有

$$W = P(t - t_0) \quad (1-8)$$

电能的国际单位制(SI)单位是焦[耳],符号为 J,它等于功率为 1 W 的用电设备在 1 s 内所消耗的电能。在实际生活中还采用千瓦小时($\text{kW} \cdot \text{h}$)作为电能的单位,它等于功率为 1 kW 的用电设备在 1 h(3 600 s)内所消耗的电能,俗称为 1 度电。

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1 \times 10^3 \times 3\,600 = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

能量转换与守恒定律是自然界的基本规律之一,电路当然遵守这一规律。一个电路中,每一瞬间,接受电能的各元件功率的总和等于发出电能的各元件功率的总和;或者说,所有元件接受的功率的代数和为零。这个结论叫做“电路的功率平衡”。

【例 1-1】 图 1-7 所示为直流电路, $U_1 = 4 \text{ V}$, $U_2 = -8 \text{ V}$, $U_3 = 6 \text{ V}$, $I = 4 \text{ A}$, 求各元件接受或发出的功率 P_1 、 P_2 和 P_3 , 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关联, 故

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

元件 2 和元件 3 的电压参考方向与电流参考方

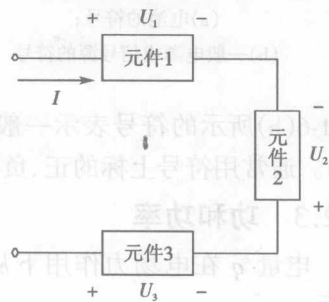


图 1-7

向非关联,故

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

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

整个电路的功率(设接受功率为正,发出功率为负)

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

电路分析基础电路 8-1 图

练习与思考

1-2-1 为什么要在电路图上规定电流的参考方向?请说明参考方向与实际方向的关系。

1-2-2 电压参考方向有哪些表示方法?

1-2-3 电动势的方向与电压的方向是否一致?

1-2-4 当元件电流、电压选择关联参考方向时,什么情况下元件接受功率?什么情况下元件发出功率?

1-2-5 有两个电源,一个发出的电能为 $1\,000 \text{ kW}\cdot\text{h}$,另一个发出的电能为 $500 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 。是否可认为前一个电源的功率大,后一个电源的功率小?

1.3 电阻元件和欧姆定律

1.3.1 电阻的线性与非线性

1. 电阻器

导体对电子运动呈现的阻力称为电阻。对电流呈现阻力的元件称为电阻器,它的主要特征用伏安特性来表示。换句话说,一个二端元件,在任一瞬间 t 的电压 $u(t)$ 和电流 $i(t)$ 之间的关系如果能用 $u-i$ 平面(或 $i-u$ 平面)上的一条曲线来确定,则称此二端元件为电阻器,称这条曲线为电阻器的伏安特性,如图 1-8 所示。

电流和电压的大小成正比的电阻元件叫线性电阻元件。元件的电流与电压的关系曲线叫做元件的伏安特性曲线。线性电阻元件的伏安特性为通过坐标原点的直线,这个关系称为欧姆定律。在电流和电压的关联参考方向下,线性电阻元件的伏安特性曲线如图 1-8 所示,欧姆定律的表达式为

$$U = IR \quad (1-9)$$

式中: R 是电阻元件,它是一个反映电路中电能消耗的电路参数,是一个正实常数。式(1-9)中电压的单位用 V 表示,电流的单位用 A 表示时,电阻的单位是欧[姆],符号为 Ω 。电阻的单位有千欧($\text{k}\Omega$)、兆欧($\text{M}\Omega$)等。

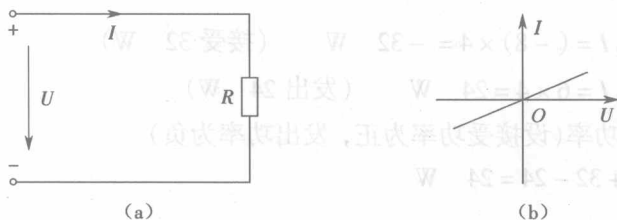


图 1-8 电阻器及其伏安特性

(a)符号和线路;(b)伏安特性

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

电流和电压的大小不成正比的电阻元件叫非线性电阻元件,本书只讨论线性电阻电路。

令 $G = 1/R$, 则式(1-9)变为

$$I = GU \quad (1-10)$$

式中: G 称为电阻元件的电导,单位是西[门子],符号为 S 。

如果线性电阻元件的电流和电压的参考方向不关联,则欧姆定律的表达式为

$$U = -RI \quad (1-11)$$

或

$$I = -GU \quad (1-12)$$

在电流和电压的关联参考方向下,任何瞬时线性电阻元件接受的电功率

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R} = GU^2 \quad (1-13)$$

由于电阻 R 和电导 G 都是正实数,因此功率 P 恒为非负值。既然功率 P 不能为负值,这就说明在任何时刻电阻元件都不可能发出电能,它所接受的全部电能都转换成其他形式的能。所以线性电阻元件是耗能元件。

如果电阻元件把接受的电能转换成热能,则从 t_0 到 t 时间内,电阻元件的热[量] Q ,也就是这段时间内接受的电能 W ,即

$$Q = W = \int_{t_0}^t p dt = \int_{t_0}^t Ri^2 dt = \int_{t_0}^t \frac{u^2}{R} dt$$

$$W = PT \quad (1-14)$$

式中: $T = t - t_0$ 是电流通过电阻的总时间。公式(1-14)称为焦耳定律。

实际上,所有电阻器、电灯、电炉等器件,它们的伏安特性曲线在一定程度上都是非线性的。但在一定条件下,这些器件的伏安特性近似为一直线,用线性电阻元件作为它们的电路模型可以得到令人满意的结果。

线性电阻元件有两种特殊情况值得注意:一种情况是电阻值 R 为无限大,电压为任何有限值时,其电流总是零,这时把它称为“开路”;另一种情况是电阻为零,电流为任何有限值时,其电压总是零,这时把它称为“短路”。

【例 1-2】有 220 V、100 W 灯泡一个,其灯丝电阻是多少?每天用 5 h,一个月(按 30 d 计算)消耗的电能是多少千瓦·时?

解:灯泡灯丝电阻

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{100} = 484 \, \Omega$$

1 个月消耗的电能

$$W = PT = 100 \times 10^{-3} \times 5 \times 30 = 15 \, \text{kW} \cdot \text{h}$$

1.3.2 电压源和电流源

1. 电压源

电压源分为以下两大类。

(1)直流电压源——端电压方向不随时间变化的电源,如干电池、蓄电池、稳压电源等。

(2)交流电压源——端电压方向随时间变化的电源,如发电厂提供的市电。

理想电压源,简称恒压源。恒压源具有以下几个主要特征。

(1)它的输出电压始终恒定,不受输出电流影响。

(2)通过它的电流不由它本身决定,而取决于与之相连的外电路的负载大小。它的符号、线路和伏安特性如图 1-9 所示。

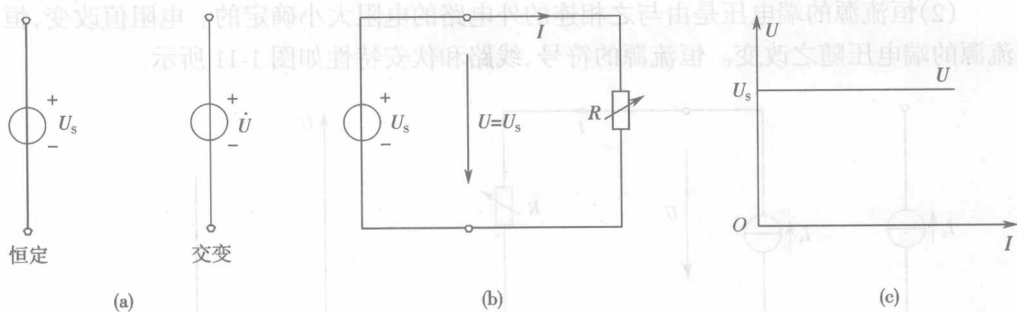


图 1-9 恒压源

(a)符号;(b)线路;(c)伏安特性

需要注意的是,由于实际电源的功率有限,而且存在内阻,因此恒压源是不存在的,它只是理想化模型,只有理论上的意义。

实际的电压源简称为电压源,它的符号、线路和伏安特性如图 1-10 所示。

在图 1-10 中, U_s 为电压源的端电压, r_s 为内阻, U 为外电路的端电压, I 为输出电流。它的方程式为

$$U = U_s - Ir_s \quad (1-15)$$

当 $I = 0$ 时, $U = U_s$, 这种电路状态称为开路,这时的电压称为开路电压。

当 $U = 0$ 时, $I = U_s/r_s$, 这种电路状态称为短路,这时的电流称为短路电流。

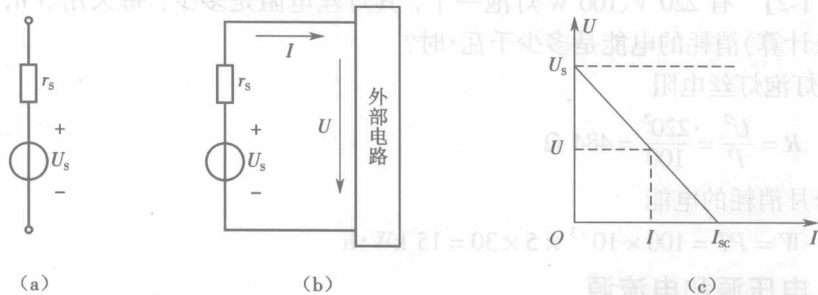


图 1-10 电压源

(a)符号;(b)线路;(c)伏安特性

2. 电流源

电流源是另一种形式的电源,它向外电路提供电流。若它提供的电流不随时间变化,则称为直流电流源,否则称为交流电流源。本节仅讨论直流电流源。

不论外电路的负载大小,始终向外电路提供恒定电流的电流源,称为理想电流源,简称恒流源。恒流源具有以下几个主要性质。

(1)它的输出电流始终恒定,与外部电路的负载大小无关,且不受输出电压的影响。

(2)恒流源的端电压是由与之相连的外电路的电阻大小确定的。电阻值改变,恒流源的端电压随之改变。恒流源的符号、线路和伏安特性如图 1-11 所示。

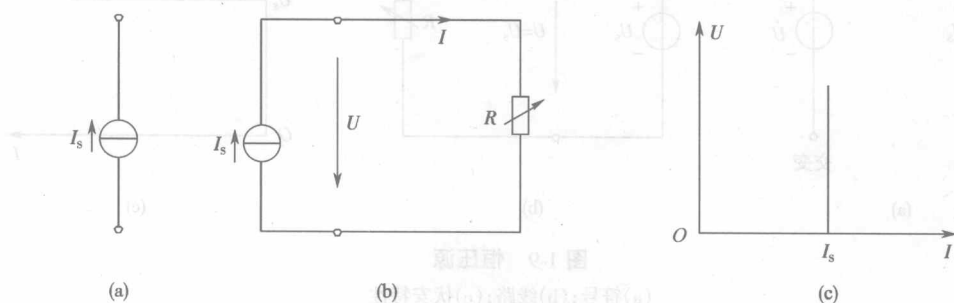


图 1-11 恒流源

(a)符号;(b)线路;(c)伏安特性

恒流源是理想化模型,现实中并不存在。实际的恒流源一定有内阻,且功率总是有限的,因而产生的电流不可能完全输出给外电路。实际的电流源简称为电流源,如图 1-12 所示。

在图 1-12 中: r_s 表示电流源的内阻; U 表示电流源的端电压; R 表示外部电路的负载; I 表示电流源输出的电流值,大小为