

高等职业教育教材

电 工 基 础

天津市高等教育自学考试委员会 组编

主编 刘永增

副主编 白明 赵守珍 刘建民

天津大学出版社

内容提要

本书共 11 章,以电路分析为主,以电路的结构性质和元件性质为基本约束,介绍了直流电路、正弦交流电路、周期性非正弦电路以及这些电路的稳态分析和暂态分析,对磁路和电机也做了简要介绍。

通俗精辟、深入浅出、重在应用是本教材的主要特征。各种分析方法均有例题,节末有练习与思考题,章末有小结和习题,并附有参考答案。

本书可作为高等工业学校、高等职业学校、高等教育自学考试电类各专业的教材,也可供有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/刘永增主编. —天津:天津大学出版社,
2001.9

高等职业教育教材

ISBN 7-5618-1501-9

I. 电… II. 刘… III. 电工学—高等学校:技术学校—
教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 059207 号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨风和

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

印刷 河北省昌黎县人民胶印厂

经销 全国各地新华书店

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 17.5

字数 436 千

版次 2001 年 9 月第 1 版

印次 2001 年 9 月第 1 次

印数 1—3 000

定价 25.00 元

高等职业教育教材编审委员会名单

主任委员:乔丽娟

委 员:(以姓氏笔画为序)

丁桂芝 王松岭 边奠英 刘凤桐

李占伦 李维祥 吴功宜 陈家修

赵雅兴 徐宝强 徐娟敏 高希庚

葛洪贵

前 言

《电工基础》是工科电类及计算机类专业的基础课,是电子电路及计算机硬件课程的先修课,也是这类专业的入门向导。本教材为适应高等教育发展的形式,针对高等职业教育、高等教育自学考试及专业转轨人员的特点,尽量规避高深的数学与物理概念,论述力争通俗易懂、条理清楚。针对每一节的内容附有例题、练习与思考题,每章后有内容小结及习题,便于复习与记忆。本教材汲取了国内外同类教材的精华及众多同仁的丰富教学经验,从21世纪培养人才的需要出发,不仅着重培养学生获取知识的能力,还注意培养学生的创造性思维和处理实际问题的综合素质。书中介绍了电路模型的形成与应用,以电路的结构性质和元件的电压电流关系为基本约束,介绍了直流电路、正弦交流电路及周期性非正弦电路的稳态分析方法,介绍了电路的暂态概念和分析方法,对磁路和电动机也做了简要介绍。

白明编写第1、2、3、4章,赵守珍编写第5章,刘永增编写第6、7、11章,刘建民编写第8、9、10章。刘永增校核了全文。本书在编写过程中得到了南开大学、天津大学、天津师范大学、天津理工学院同行专家、教授的支持与帮助,并且听取了许多同志的宝贵意见,在此一并表示谢意。

在编写过程中还参考了大量的教材、手册及其他学术著作,在此,对有关出版社和作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促,编者水平所限,错误和不妥在所难免,敬请读者批评指正。

编者
2001年6月

序

全国高等教育自学考试指导委员会副主任 王明达
中国职业技术教育学会副会长

中国高等教育大众化目标的实现必然伴随着高等教育形式和结构多样化的变革。单纯以学术水平为追求目标的高等教育无法满足社会对于多种专门人才的需求。因此要大力发展高等职业教育,培养社会需要的各类专门人才,以适应我国经济社会发展的要求。

什么是高等职业教育?职业教育的特征不在于办学形式,主要体现在培养目标上。培养生产、服务、管理第一线的实用人才的教育即为职业教育。按照专业所需接受教育的年限达到相当于普通高等教育学习年限的职业教育即为高等职业教育。

高等职业教育如何实现培养实用人才的目标?首要的就是专业设置。既然培养的是生产第一线的实用人才,所设专业就一定是直接与社会生产、生活相联系的,是社会生产、生活中最必需的。这与普通高等学校开设专业的思路有着本质的区别。其次是教学内容的安排和教学计划的制定。接受高等职业教育的学生的学习内容必须是成熟的技术和管理规范,教学计划、课程设置应该按照职业岗位群的职业能力要求来确定,而不应从学科体系出发。再次,为使学生毕业就能基本顶岗工作,要求增大实习训练所占的比例,在校期间就基本完成上岗前的实践训练。为了保证实践训练得到社会认可,要实行学历证书与职业资格证书“双证书”制度,同时要求双师型教师任教。只有按部就班实现以上要求的高等职业教育才会被社会认同,也才会有生命力。

办出特色是高等职业教育生命力的源泉。学生毕业即能顶岗是职业教育区别于其他教育的一个突出特点。要想做到这一点,一方面学习理论知识要以必需和够用为度,让学生掌握基本理论和知识;一方面要多方面开辟实习基地,保证充足的实训时间。高等职业教育的水准主要是通过专业设置、课程内容以及实训能力的培养体现的。

为落实第三次全教会“完善自学考试制度、大力发展高等职业教育”的改革思路,1999年全国高等教育自学考试指导委员会决定在天津市开展高等教育自学考试职业技术专业的试验工作。天津市高等教育自学考试委员会在深入调查研究

的基础上,从职业岗位群的技能需求出发,以能力本位教育(CBE)为理论依托,设计了12个职业技术专业,于2000年面向社会开考。

高等教育自学考试开考职业技术专业的试验在完善高等教育自学考试专业建设、拓展自学考试教育功能方面,在探索开放式教育培养应用型高级人才方面,在职业教育课程体系建设方面,在教育与产业的有机结合方面,在构建完整的职业教育体系方面以及在实践技能考核的研究、管理方面,对于我国高等教育自学考试制度的完善和高等职业教育的发展都具有重要意义。

天津市高等教育自学考试委员会将根据职业技术专业试验工作的需要陆续出版有关考试课程的教材。教材编撰者多为具有职业教育经验的学科专家和职业教育专家。他们根据职业教育的专业培养目标重新整合了学科知识体系,尽力体现理论知识必需、够用的原则。当然,由于认识水平的局限和时间的紧迫,这些教材还需要继续完善提高。尽管如此,迈出的这第一步是十分可贵的。我深信,高等教育自学考试职业技术专业的试验工作一定能取得成功。

2001年1月于北京

目 录

第 1 章 电路模型与基本约束	(1)
1.1 实际电路和电路模型	(1)
1.2 电流、电压和功率	(2)
1.3 电路元件	(6)
1.4 电路定律	(13)
1.5 简单电路的分析与计算	(16)
1.6 本章小结	(21)
习题	(23)
参考答案	(27)
第 2 章 电阻电路的等效变换	(29)
2.1 单口网络及其等效	(29)
2.2 无源单口网络的等效电路	(31)
2.3 含源单口网络的等效电路	(41)
2.4 本章小结	(52)
习题	(55)
参考答案	(58)
第 3 章 电阻电路的一般分析	(60)
3.1 支路电流法	(60)
3.2 网孔分析法	(64)
3.3 节点分析法	(71)
3.4 本章小结	(78)
习题	(79)
参考答案	(82)
第 4 章 电路定理	(84)
4.1 叠加定理	(84)
4.2 置换定理	(88)
4.3 戴维南定理	(89)
4.4 诺顿定理	(96)
4.5 最大功率传递定理	(100)
4.6 本章小结	(105)
习题	(107)
参考答案	(114)
第 5 章 电路的暂态分析	(115)
5.1 电容元件与电感元件	(115)
5.2 电路的过渡过程及换路	(124)

5.3 一阶电路的零输入响应	(132)
5.4 一阶电路的零状态响应	(136)
5.5 一阶电路的全响应	(141)
5.6 一阶电路的“三要素”分析法	(145)
5.7 RC 微分、积分电路	(149)
5.8 本章小结	(151)
习题	(153)
参考答案	(156)
第 6 章 正弦稳态电路的分析	(158)
6.1 正弦电流、正弦电压	(158)
6.2 正弦电流、正弦电压的相量表示法	(160)
6.3 复阻抗和复导纳	(165)
6.4 正弦稳态电路的相量分析法	(171)
6.5 二端网络的正弦稳态功率	(176)
6.6 谐振电路	(180)
6.7 本章小结	(189)
习题	(192)
参考答案	(194)
第 7 章 三相电路	(195)
7.1 三相电源	(195)
7.2 三相交流电路的分析	(198)
7.3 三相交流电路的功率	(204)
7.4 本章小结	(205)
习题	(207)
参考答案	(207)
第 8 章 非正弦周期电流电路	(209)
8.1 非正弦周期电流	(209)
8.2 非正弦周期函数的分解	(210)
8.3 非正弦周期电量的最大值、有效值和平均值	(213)
8.4 非正弦周期电流电路的计算	(215)
8.5 非正弦周期电流电路的功率	(217)
8.6 本章小结	(219)
习题	(220)
参考答案	(221)
第 9 章 二端口网络	(222)
9.1 二端口网络	(222)
9.2 二端口网络的基本方程和参数	(223)
9.3 二端口网络的输入阻抗、输出阻抗和传输函数	(229)
9.4 二端口网络的特性阻抗	(231)

9.5 二端口网络的联接	(232)
9.6 本章小结	(234)
习题	(235)
参考答案	(236)
第 10 章 磁路与变压器	(238)
10.1 磁场的基本物理量	(238)
10.2 铁磁性物质的磁化曲线	(239)
10.3 交流铁心线圈	(241)
10.4 变压器	(243)
10.5 本章小结	(248)
习题	(248)
参考答案	(249)
第 11 章 三相异步电动机	(250)
11.1 三相异步电动机的结构及原理	(250)
11.2 三相异步电动机的转矩与机械特性	(254)
11.3 三相异步电动机的使用	(258)
11.4 本章小结	(263)
习题	(264)
参考答案	(265)
参考文献	(266)

第 1 章 电路模型与基本约束

本章主要介绍电阻、独立电源和受控电源的电压、电流关系,基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)。前者为元件约束;后两者为结构约束。这两个基本约束贯穿全书。同时,还介绍电路中电流、电压及其参考方向、吸收和产生功率、电路中电位的概念以及对简单电路的分析和计算等。

1.1 实际电路和电路模型

为了完成某种特定的任务,将若干实际电路元件和器件按照一定的方式联接起来,形成电流的通路,这就是实际电路。图 1-1(a)所示的手电筒电路就是一个最简单的例子。它是由干电池、小灯泡、金属壳体 and 开关组成的。

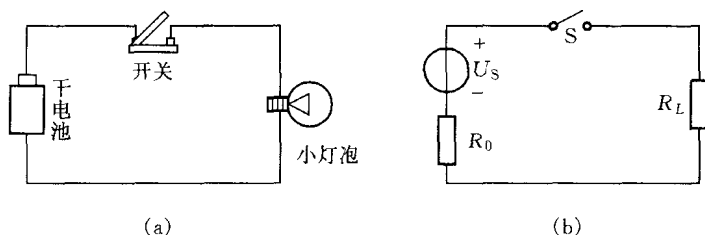


图 1-1 手电筒电路

干电池给电路提供电能,称为电源;小灯泡把电能转化成为其他形式的能量,是用电的器件,称为负载;金属壳体起导线的作用,它联接电源、负载和开关。由图 1-1(a)可知,一个实际电路主要是由电源、负载和导线(还有开关、保险丝等)组成。

由于实际电路元件和器件的电磁性质比较复杂,如一个实际的电阻器有电流流过时还会产生磁场,因而还具有电感性质。考虑影响因素太多时不便于分析和计算电路。因此,在一定条件下将实际电路元件和器件理想化,即忽略次要性质,用反映其主要性质的模型表示。模型可由一种或几种理想电路元件(具有某种确定的电磁性质且具有精确的数学定义的假想元件)构成。例如,用理想电阻元件 R_L 构成小灯泡的模型;用理想电压源 U_s 和理想电阻元件 R_0 构成考虑内阻的干电池模型;用理想导体构成金属壳体的模型。用理想电路元件或它们的组合建立的模型,简称建模。关于建模问题需要专门研究,本书不介绍。

由一些理想电路元件组成的电路就是电路模型。这样,图 1-1(a)实际电路可由图 1-1(b)电路模型表示。今后,研究和分析的电路均指电路模型,简称电路,而不是实际电路。

练习与思考

1-1-1 为什么要对实际电路元件理想化?

1-1-2 什么是实际电路? 什么是电路模型? 电路分析的对象是实际电路还是电路模型?

1.2 电流、电压和功率

1.2.1 电流及其参考方向

电流是电荷在电场力的作用下做有规则移动形成的。电流的大小用电流强度衡量。电流强度定义为单位时间内通过导体横截面的电荷量。电流强度简称为电流,用 i 表示,即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2.1)$$

式中: q 为通过导体横截面的电荷量,单位为 C(库仑); t 为时间,单位为 s(秒);电流的单位是 A(安培)。

在物理学中,规定电流的方向为正电荷运动的方向。如果电流的大小和方向不随时间变化,则称为恒定电流,简称为直流,用 I 表示。如果电流的大小和方向都随时间变化,则称为交变电流,简称为交流,用 i 表示。

在分析和计算电路时很难标出某一支路中电流的真实方向。例如,当电路中的电流为交流时,不可能用一个固定的符号表示电流的真实方向。即使电流为直流,在电路比较复杂时,也难以事先判断电流的真实方向。为了便于进行电路分析和计算,需要引入一个重要的概念——参考方向,即人为设定的电流正方向。用“ $\rightarrow$ ”表示。

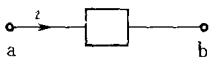


图 1-2 电流的参考方向

图 1-2 表示一个电路的一部分,其中矩形泛指元件。流过所示元件的电流为 i ,参考方向由 a 到 b,如箭头所示。

所设定的电流参考方向不一定与电流的真实方向一致。如果电流的真实方向与参考方向一致,则电流的数值为正,即 $i > 0$;反之,如果电流的真实方向与参考方向相反,则电流的数值为负,即 $i < 0$ 。显然,在未设定参考方向的情况下,谈论电流数值的正负没有意义。

1.2.2 电压及其参考极性

电压定义为单位正电荷从电路中的 a 点移到 b 点得到或失去的能量,电压用 u 表示,即

$$u = \frac{d\omega}{dq} \quad (1.2.2)$$

式中: ω 为能量,单位为 J(焦耳); q 为电荷,单位为 C(库仑);电压的单位为 V(伏特)。

电压又称为电位差,它总是和电路中的两个点有关。如果某段电路得到能量, a 点为低电位, b 点为高电位,则称为电压升。如果失去能量, a 点为高电位, b 点为低电位,则称为电压降。电压的方向(真实方向)总是从高电位指向低电位的。如果电压的大小和方向不随时间而变动,这样的电压叫做恒定电压或直流电压,用 U 表示。如果电压的大小和方向都随时间变化,则称为交变电压或交流电压,用 u 表示。

在分析和计算电路时,如同需要为电流设定参考方向一样,也需要为电压设定参考方向或参考极性。两点之间电压参考极性用符号“+”、“-”来表示。“+”号表示高电位端,即正极;“-”号表示低电位端,即负极(图 1-3)。

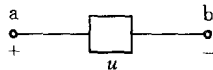


图 1-3 电压的参考极性

如果某一电压为正值,该电压的真实极性与参考极性相同,即 a 点电位高于 b 点电位。如果某一电压为负值,该电压的真实极性与参考极性相反,即 b 点电位高于 a 点电位。在未标电压参考极性的情况下,谈论电压的正负是毫无意义的。

1.2.3 关联参考方向

根据前面所述,在分析电路时,电流的参考方向和电压的参考极性可以任意设定,互不相关。但为了方便起见,常常采用关联参考方向,即电流的参考方向是从电压的参考“+”极流入“-”极,如图 1-4(a)所示;否则为非关联参考方向,如图 1-4(b)所示。



图 1-4 关联、非关联参考方向

在图 1-4(a)关联参考方向的前提下,可以简化电路的标注。电路图上只需标出电压或电流中任意一个参考方向即可,另一个参考方向可以省略不标,如图 1-5 所示。



图 1-5 关联参考方向的简化表示方法

例 1.2.1 设 4 A 的电流由 a 向 b 流过图 1-6(a)中所示元件,试问如何表示这一电流?

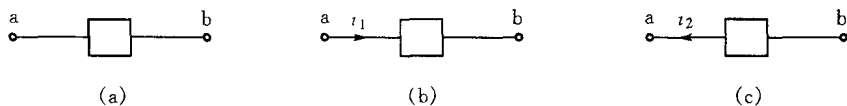


图 1-6 电流的两种表示方式

解 电流有两种表示方式。

(1)用图 1-6(b)所示的 i_1 表示,应表示为

$$i_1 = 4 \text{ A}$$

这是由于 i_1 的真实方向与参考方向相同。

(2)用图 1-6(c)所示的 i_2 表示,而 i_2 应表示为

$$i_2 = -4 \text{ A}$$

这是因为 i_2 的真实方向与参考方向相反。

显然,这两种表示方式之间的关系为

$$i_1 = -i_2$$

例 1.2.2 如图 1-7(a)所示元件,已知元件两端电压为 4 V,正电荷由 b 点移向 a 点获得能量,试标出电压的真实极性并写出电压表示式。

解 由于正电荷由 b 点移到 a 点是获得能量,因此,电压的真实极性是 a 点为“+”,而 b 点为“-”。

因为参考极性可以任选,所以电压有两种表示。

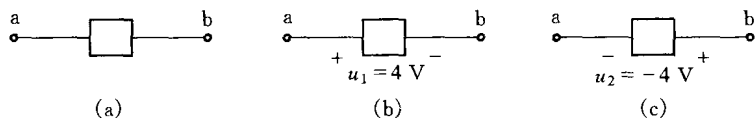


图 1-7 电压的两种表示式

在图 1-7(b)中,由于真实极性与参考极性相同,电压的表示式为

$$u_1 = 4 \text{ V}$$

在图 1-7(c)中,由于真实极性与参考极性相反,电压的表示式为

$$u_2 = -4 \text{ V}$$

显然,由于参考极性选择不同,两种电压表示式差一负号。

1.2.4 吸收、产生功率

功率定义为单位时间内某段电路失去或得到的能量,用 p 表示,即

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (1.2.3)$$

式中: w 为能量,单位为 J(焦耳); t 为时间,单位为 s(秒);功率的单位为 W(瓦特)。

在电路中,功率还可以用电压、电流表示,即

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} = ui \quad (1.2.4a)$$

式中:电压的单位为 V;电流的单位为 A;功率的单位为 W。

在直流情况下有

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

前面已经谈到,当正电荷由元件的 a 点移到 b 点失去能量时,该元件是吸收能量的元件;当正电荷由 a 点到 b 点得到能量,该元件是产生能量的元件。单位时间内吸收或产生的能量就是该元件吸收或产生的功率。在关联参考方向下,由式(1.2.4)算得的功率,如果 $p > 0$ 时,则元件为吸收功率;如果 $p < 0$ 时,则元件为产生功率。在非关联参考方向下,则计算功率的公式为

$$p = -ui \quad (1.2.5a)$$

或

$$P = -UI \quad (1.2.5b)$$

按照式(1.2.5)算得的功率仍然是 $p > 0$ 为吸收功率; $p < 0$ 为产生功率。

如果一个元件吸收功率 10 W,则可以认为它产生功率 -10 W;同理,如果一个元件产生功率 10 W,则可以认为它吸收功率 -10 W。这两种说法是一致的。

例 1.2.3 如图 1-8 所示,试求元件 A、B 吸收的功率和元件 C、D 产生的功率。

解 图 1-8(a)中电压、电流为关联参考方向,故

$$P_A = 10 \times 1 = 10 \text{ W}$$

因为 $P_A > 0$,所以元件 A 吸收功率 10 W。

图 1-8(b)中电压、电流为非关联参考方向,故

$$P_B = -10 \times 2 = -20 \text{ W}$$

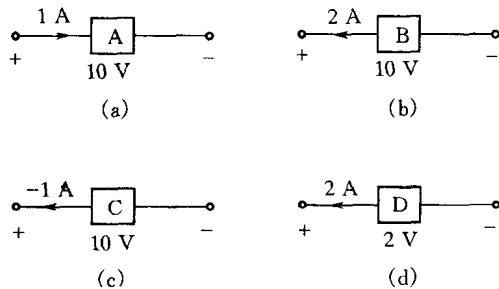


图 1-8 例 1.2.3 图

因为 $P_B < 0$, 所以元件 B 产生功率 20 W, 即吸收功率 -20 W。

图 1-8(c) 中电压、电流为非关联参考方向, 故

$$P_C = -10 \times (-1) = 10 \text{ W}$$

因为 $P_C > 0$, 所以元件 C 吸收功率 10 W, 即产生功率 -10 W。

图 1-8(d) 中电压、电流为非关联参考方向, 故

$$P_D = -2 \times 2 = -4 \text{ W}$$

因为 $P_D < 0$, 所以元件 D 产生功率 4 W。

例 1.2.4 如图 1-9 所示, 已知 $i_1 = 2 \text{ A}$, $i_2 = 1 \text{ A}$, $i_3 = -1 \text{ A}$, $u_1 = 1 \text{ V}$, $u_2 = -3 \text{ V}$, $u_3 = 8 \text{ V}$, $u_4 = -4 \text{ V}$, $u_5 = 7 \text{ V}$, $u_6 = -3 \text{ V}$ 。求各元件的功率并说明功率平衡关系。

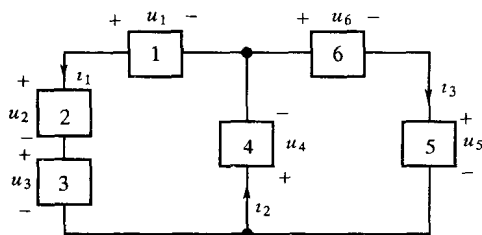


图 1-9 例 1.2.4 图

解 由图 1-9 中各元件电压和电流的参考方向, 有

$$p_1 = -u_1 i_1 = -1 \times 2 = -2 \text{ W} < 0 \quad \text{产生功率 2 W}$$

$$p_2 = u_2 i_1 = (-3) \times 2 = -6 \text{ W} < 0 \quad \text{产生功率 6 W}$$

$$p_3 = u_3 i_1 = 8 \times 2 = 16 \text{ W} > 0 \quad \text{吸收功率 16 W}$$

$$p_4 = u_4 i_2 = (-4) \times 1 = -4 \text{ W} < 0 \quad \text{产生功率 4 W}$$

$$p_5 = u_5 i_3 = 7 \times (-1) = -7 \text{ W} < 0 \quad \text{产生功率 7 W}$$

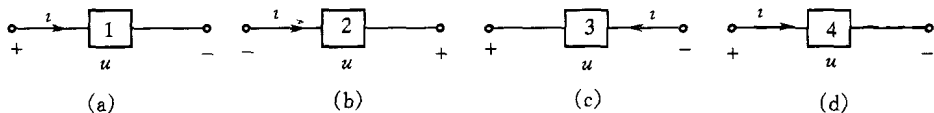
$$p_6 = u_6 i_3 = (-3) \times (-1) = 3 \text{ W} > 0 \quad \text{吸收功率 3 W}$$

由此可得, 吸收功率 $p_3 + p_6 = 19 \text{ W}$, 产生功率 $p_1 + p_2 + p_4 + p_5 = 19 \text{ W}$ 。显然, 吸收功率等于产生功率。

练习与思考

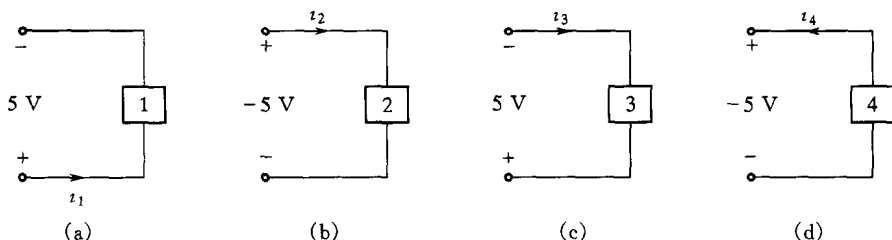
1-2-1 计算图示各元件吸收或产生的功率。其中元件 1 中 $u = -2 \text{ V}$, $i = 1 \text{ A}$; 元件 2 中

$u = -3 \text{ V}$, $i = 2 \text{ A}$; 元件 3 中 $u = 2 \text{ V}$, $i = -3 \text{ A}$; 元件 4 中 $u = 2 \text{ V}$, $i = -2 \text{ A}$ 。



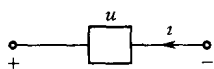
题 1-2-1 图

1-2-2 在图示中, 已知元件 1 吸收功率 30 W , 元件 2 吸收功率 15 W , 元件 3 产生功率 30 W , 元件 4 产生功率 20 W , 分别求 i_1 、 i_2 、 i_3 和 i_4 。



题 1-2-2 图

1-2-3 某元件电压和电流参考方向如图示, 若元件产生 10 mW 功率, $i = 1 \text{ mA}$, 求 u ; 若元件吸收 10 mW 功率, $i = -1 \text{ mA}$, 求 u 。



题 1-2-3 图

1.3 电路元件

电路元件是电路中最基本的组成单元。电路元件通过端钮与外部相联。各种电路元件都有精确的定义。由此, 可以确定每一种元件两端电压与通过电流之间的关系, 即电压电流关系。它约束着每种电路元件的电压和电流两个物理量。这种约束称为元件约束。它是电路的两个基本约束之一。

电路元件按与外部联接的端钮数目可分为二端、三端、四端元件等。电路元件还可以分为无源元件和有源元件、线性元件和非线性元件、非时变元件和时变元件等等。

1.3.1 电阻元件

电阻元件是电路基本元件之一。它是从对电流呈现阻力的实际部件中抽象出来的模型。在关联参考方向下, 电阻元件的电压、电流关系用欧姆定律表示, 即

$$u = Ri \quad (1.3.1)$$

式中: u 为电阻元件两端的电压, 单位为 V ; i 为通过电阻元件的电流, 单位为 A ; R 为电阻, 单位为 Ω 。在非关联参考方向下, 欧姆定律为

$$u = -Ri \quad (1.3.2)$$

显然, 式(1.3.1)在 $i - u$ 平面上是一条通过原点且斜率为 R 的直线。使 i 、 u 关系为线性的电阻称为线性电阻, 符号如图 1-10(a)所示, 否则称为非线性电阻, 其符号如图 1-10(b)所示。图 1-11 所示的曲线为电阻的伏安特性曲线, 图(a)为线性电阻的伏安特性曲线, 图(b)为

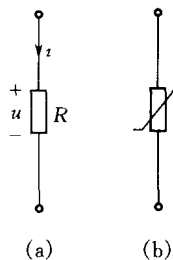


图 1-10 电阻元件的符号

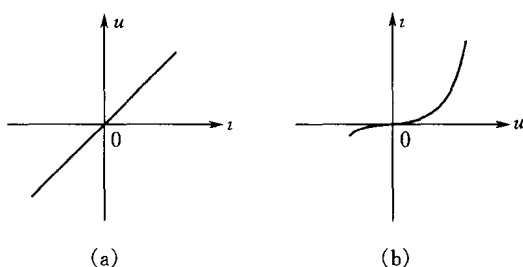


图 1-11 电阻的伏安特性曲线

非线性电阻的伏安特性曲线。如果伏安特性曲线的斜率不随时间变化,则称为非时变电阻,否则称为时变电阻。本书只讨论线性非时变电阻。

电阻元件的导电性能用电导 G 表示,即

$$G = \frac{1}{R}$$

式中:电阻的单位为 Ω (欧姆);电导的单位为 S(西门子)。当用电导表示电阻元件时,欧姆定律可表示为

$$u = \frac{i}{G} \quad (1.3.3)$$

或

$$i = Gu \quad (1.3.4)$$

将式(1.3.1)、式(1.3.3)代入式(1.2.4),得到电阻功率的计算公式,即

$$p = i^2 R = \frac{i^2}{G} \quad (1.3.5)$$

或

$$p = \frac{u^2}{R} = u^2 G \quad (1.3.6)$$

由式(1.3.5)和式(1.3.6)可见, p 总为正值,说明电阻元件是吸收功率的。

例 1.3.1 求图 1-12(a)、(b)的 u 和 p 。

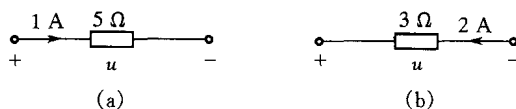


图 1-12 例 1.3.1 图

解 图 1-12(a)中电压、电流为关联参考方向,故

$$u = Ri = 5 \times 1 = 5 \text{ V}$$

$$p = ui = 5 \times 1 = 5 \text{ W} > 0 \quad (\text{吸收功率})$$

或

$$p = \frac{u^2}{R} = \frac{25}{5} = 5 \text{ W}$$

或

$$p = i^2 R = 1 \times 5 = 5 \text{ W}$$

图 1-12(b)中电压、电流为非关联参考方向,故

$$u = -Ri = -3 \times 2 = -6 \text{ V}$$

$$p = -ui = -(-6) \times 2 = 12 \text{ W} > 0 \quad (\text{吸收功率})$$

或
$$p = \frac{u^2}{R} = \frac{(-6)^2}{3} = 12 \text{ W}$$

或
$$p = i^2 R = 4 \times 3 = 12 \text{ W}$$

例 1.3.2 一个 220 V、25 W 的灯泡,正常点燃时通过灯丝的电流是多少? 灯丝的电阻是多少?

解 该题是已知电压和功率,求电流和电阻。由于功率 $p = ui$,可得

$$i = \frac{p}{u} = \frac{25}{220} = 0.1136 \text{ A}$$

又由于功率 $R = \frac{u^2}{p}$,可得

$$R = \frac{u^2}{p} = \frac{220^2}{25} = 1936 \Omega$$

或由 $p = i^2 R$ 和 $u = iR$ 求出 R 。

例 1.3.3 有一个 100Ω 、 $\frac{1}{4} \text{ W}$ 的碳膜电阻,使用时电流不能超过多大数值? 能否接在 110 V 电源上?

解 由于 $p = i^2 R$,故

$$i = \sqrt{\frac{p}{R}} = \sqrt{\frac{1}{4 \times 100}} = \frac{1}{20} \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

又由于 $u = Ri$,有

$$u = 100 \times 50 \times 10^{-3} = 5 \text{ V}$$

因此,使用时电流不能超过 50 mA,电压不能超过 5 V。如果接在 110 V 电源上,因为远远超过电阻所允许的最大电压,会使元件烧坏。

1.3.2 独立电源

电源是电路的组成部分之一,是提供电能的元件。电源分为独立电源和受控电源两大类。本小节只讨论独立电源。

独立电源是能够独立地对外电路提供电能的电源。它分为电压源和电流源两种,它们都是从实际电源中抽象出来的理想化的模型。

1.3.2.1 电压源

电压源的端电压总能保持规定的恒定值或是时间的函数,而与通过它的电流大小无关。

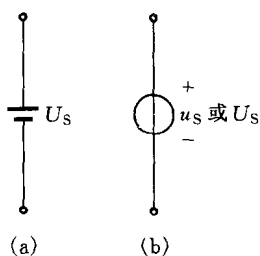


图 1-13 电压源的符号

端电压是恒定值的为直流电压源,用 U_s 表示;端电压是时间函数的电压源为交变电压源,常用 u_s 表示。电压源的符号如图 1-13 所示。图(a)所示符号常用来表示直流电压源。图中长线表示参考极性的高电位,短线表示低电位, U_s 为电压源的端电压。图(b)是表示电压源的一般符号。直流电压源有时也采用此符号,这时 $u_s = U_s$ 。图中正负号均表示电压的参考极性。对已知的直流电压源,常使参考极性与已知极性一致。

由上所知,电压源有两个基本性质: