

电路基础

崔金辉 主编

DIAN LU JI CHU

全国电子信息类
职业教育实训系列教材

东南大学出版社

全国电子信息类职业教育实训系列教材

电 路 基 础

主 编 崔金辉

参 编 (按姓氏笔画排序)

包 芳 张 平 罗 俊

崔玉梅 潘光武

东南大学出版社

内 容 提 要

本书内容主要包括:电路的基本概念和基本定律、电路的等效变换、电路的一般分析方法、线性动态电路、正弦交流电路、互感和理想变压器、谐振电路、滤波器等。

本书在选材上力求精练,问题描述深入浅出,充分体现知识的实用性和先进性。每章节配有习题与练习题,供课后练习使用。

本书既可作为中等职业学校电子类及相关专业的教材使用,也可作为广大电子工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础/崔金辉主编. —南京:东南大学出版社,
2004. 12

ISBN 7-81089-772-1

I. 电... II. 崔... III. 电路基础 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 110929 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销

河海大学印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:11.75 字数:300千字

2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷

印数:1-4000 定价:19.00 元

(凡有印装质量问题,可直接向发行部调换。电话:025-83795801)

出版说明

全国电子信息类职业教育教学改革与教材建设第二次研讨会于2004年4月17日在山西省电子工业学校召开,历时4天。

本次会议总结了2003年教材建设的经验,并提出了第二批教材建设的四项原则:一是求实的原则:编写的教材必须结合职业教育的特点,高质量、高标准;二是协作的原则:编委会打造了一个平台,各校通过参与教材建设,能够提高本校的教学质量,培养一批优秀的教师;三是民主的原则:编委会是一个民间组织,坚持民主的原则,通过协商共同开展教材建设;四是联系的原则:编委会每年至少召开一次会议,组织学校开展教学交流和教材建设。为了更好地开展教材建设,编委会建议将原来的“全国电子信息类职业教育实训教材编委会”更名为“全国职业教育电子信息类教材编委会”。

与会代表认真地总结了首批教材建设的经验,提出了教材编写的要求:坚决贯彻职业教育的要求,即基础适度够用、加强实践环节、突出职能教育,把握职业教育电子信息类专业课程建设的特点;立足当前学生现状,面向用人单位(市场),打破条条框框,少一些理论,多一些技能教育;采取逆向思维的方式编写,即从市场需要什么技能来决定学生需要什么知识结构,并由此决定编写什么教材。

参加教材编写的单位有:

山东信息职业技术学院

福建省电子工业学校

扬州电子信息学校

河南信息工程学校

大连电子工业学校

黑龙江信息技术职业学院

本溪财贸学校

三峡职业技术学院

四川省电子工业学校

本溪电子工业学校

内蒙古电子信息职业技术学院

南京信息职业技术学院

长沙市电子工业学校

山西省电子工业学校

北京市电子工业学校

锦州铁路运输学校

山西省邮电学校

新疆机械电子职业技术学院

山西省工程职业技术学院

哈尔滨机电工程学校

上海机电工业学校

贵州省电子工业学校

全国职业教育电子信息类教材编委会

2004年8月

前 言

本书是按2004年4月召开的全国电子信息类职业教育教学改革与教材建设研讨会精神和职业教育电子类专业的培养目标要求编写的。内容力求通俗易懂、降低理论深度,以“必需、够用”为原则,拓宽学生知识面,减少定量计算、推导,重点突出应用性,尽量与生产、生活实践相结合,与后续课程相衔接,体现培养实用性人才的鲜明特点,具有必要的基础性、鲜明的针对性、充分的实用性和先进性的特色。参考学时为80学时。

本书由本溪电子工业学校崔金辉主编。第1章由贵州省电子学校潘光武编写,第2章由本溪电子工业学校崔玉梅编写,第3章由内蒙古电子信息职业技术学院包芳编写,第4章由本溪电子工业学校张平编写,第5章由汕头市林百欣科技中专罗俊编写,第6、7、8章由崔金辉编写。全书由崔金辉统稿。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请读者指出。

编者

2004年9月

目 录

1 电路的基本概念和基本定律	(1)
1.1 电路和电路模型	(1)
1.1.1 电路的一般概念	(1)
1.1.2 电路模型	(1)
1.2 电路变量	(2)
1.2.1 电流及参考方向	(2)
1.2.2 电压及参考方向	(2)
1.3 电阻元件	(3)
1.3.1 电阻元件及伏安特性	(3)
1.3.2 电导	(4)
1.3.3 电阻与温度的关系	(5)
1.3.4 电阻的功率和能量	(5)
1.4 欧姆定律	(6)
1.4.1 部分电路欧姆定律	(6)
1.4.2 全电路欧姆定律	(7)
1.5 电位的分析	(8)
1.5.1 电位的概念	(8)
1.5.2 电路中各点电位的分析	(8)
1.6 电压源和电流源及其等效互换	(10)
1.6.1 电压源	(10)
1.6.2 电流源	(10)
1.6.3 电流源和电压源的等效互换	(11)
1.7 基尔霍夫定律	(12)
1.7.1 常用电路名词	(12)
1.7.2 基尔霍夫电流定律	(13)
1.7.3 基尔霍夫电压定律	(13)
本章小结	(16)
习题 1	(17)
2 电路的等效变换	(19)
2.1 电阻器的串联、并联和混联	(19)
2.1.1 电阻器的串联及分压	(19)
2.1.2 电阻器的并联及分流	(21)
2.1.3 电阻器的混联	(23)
2.2 电阻器的星形连接与三角形连接的等效变换	(24)
2.2.1 Y形电阻网络与 Δ 形电阻电路	(24)
2.2.2 Y形与 Δ 形等效互换	(24)
2.3 受控源	(26)

本章小结	(27)
习题 2	(28)
3 电路的一般分析方法	(30)
3.1 节点电压法	(30)
3.1.1 节点电压	(30)
3.1.2 节点电压法	(30)
3.2 叠加定理	(34)
3.3 戴维南定理及其应用	(37)
3.3.1 戴维南定理	(37)
3.3.2 戴维南定理的应用	(39)
3.4 负载获得最大功率的条件	(41)
本章小结	(43)
习题 3	(44)
4 线性动态电路	(48)
4.1 电容元件及其伏安特性	(48)
4.1.1 电容和电容元件	(48)
4.1.2 电容元件的伏安特性	(49)
4.1.3 电容器的连接	(50)
4.2 电感元件及其伏安特性	(53)
4.2.1 电感元件	(53)
4.2.2 电感元件的伏安特性	(54)
4.3 电路的过渡过程和换路定律	(55)
4.3.1 过渡过程的概念	(55)
4.3.2 换路定律及应用	(56)
4.4 RC 电路的过渡过程	(58)
4.4.1 RC 电路接通直流电源	(58)
4.4.2 电容器通过电阻器放电	(60)
4.5 RL 电路的过渡过程	(62)
4.5.1 RL 电路接通直流电源	(62)
4.5.2 RL 电路的放电	(63)
4.6 微分电路和积分电路	(66)
4.6.1 微分电路	(66)
4.6.2 积分电路	(67)
本章小结	(69)
习题 4	(70)
5 正弦交流电路	(73)
5.1 正弦交流电	(73)
5.1.1 正弦交流电的基本概念	(73)
5.1.2 正弦交流电的三要素	(74)
5.1.3 相位与相位差	(76)
5.1.4 有效值和平均值	(77)
5.2 复数	(79)
5.3 正弦量的向量表示法及运算	(83)

5.3.1	正弦量的向量表示法	(83)
5.3.2	正弦量的运算	(84)
5.4	电阻元件	(86)
5.4.1	电阻元件伏安特性的向量形式	(86)
5.4.2	电阻元件的功率	(87)
5.5	电感元件	(89)
5.5.1	电感元件伏安特性的向量形式	(89)
5.5.2	电感元件的功率	(92)
5.5.3	电感元件中存储的磁场能量	(92)
5.6	电容元件	(93)
5.6.1	电容元件伏安特性的向量形式	(94)
5.6.2	电容元件的功率	(96)
5.6.3	电容元件中存储的电场能量	(96)
5.7	RLC 串联电路分析	(97)
5.7.1	向量形式的基尔霍夫定律	(97)
5.7.2	电压与电流的关系	(99)
5.7.3	电路的 3 种情况	(100)
5.7.4	电路的功率	(101)
5.8	RLC 并联电路分析	(103)
5.8.1	电压与电流的关系	(103)
5.8.2	电路的 3 种情况	(105)
5.8.3	复阻抗和复导纳的等效变换	(105)
5.9	功率因数的提高	(107)
5.9.1	提高功率因数的意义	(107)
5.9.2	提高功率因数的方法	(107)
5.10	三相电路	(109)
5.10.1	对称三相电源	(109)
5.10.2	三相电源的连接	(110)
5.10.3	三相负载的连接	(112)
5.10.4	三相电路的功率	(116)
	本章小结	(117)
	习题 5	(120)
6	互感和理想变压器	(123)
6.1	互感现象与同名端	(123)
6.1.1	互感现象	(123)
6.1.2	互感电压	(124)
6.1.3	同名端	(124)
6.2	互感线圈的串联	(126)
6.3	互感线圈的并联	(129)
6.4	互感消去法	(130)
6.4.1	二端相连	(130)
6.4.2	一端相连	(131)
6.5	理想变压器	(133)

6.5.1	理想变压器的概念	(133)
6.5.2	理想变压器的作用	(133)
本章小结	.....	(135)
习题 6	.....	(136)
7 谐振电路	.....	(138)
7.1 概述	.....	(138)
7.1.1	谐振电路的作用	(138)
7.1.2	谐振电路的组成	(139)
7.2 串联谐振电路	.....	(140)
7.2.1	串联谐振电路的谐振现象	(140)
7.2.2	串联谐振电路的频率特性	(143)
7.2.3	串联谐振电路的选频特性指标	(146)
7.3 并联谐振电路	.....	(149)
7.3.1	并联谐振电路的谐振现象	(149)
7.3.2	并联谐振电路的频率特性及选频指标	(151)
7.4 双电感和双电容并联谐振电路	.....	(155)
7.4.1	双电感和双电容并联谐振形式	(155)
7.4.2	双电感并联谐振电路	(155)
7.4.3	双电容并联谐振电路	(156)
7.5 耦合谐振电路	.....	(159)
7.5.1	耦合谐振电路的种类	(159)
7.5.2	互感耦合双调谐回路的次级电流频率特性	(159)
7.5.3	互感耦合回路的通频带	(160)
本章小结	.....	(161)
习题 7	.....	(163)
8 滤波器	.....	(167)
8.1 滤波器的基本概念	.....	(167)
8.1.1	滤波器的作用	(167)
8.1.2	滤波器的种类	(168)
8.1.3	滤波器的传通条件	(169)
8.2 其他类型的滤波器	.....	(170)
8.2.1	晶体滤波器	(170)
8.2.2	陶瓷滤波器	(172)
8.2.3	声表面波滤波器	(174)
本章小结	.....	(175)
习题 8	.....	(176)
参考文献	.....	(177)

1 电路的基本概念和基本定律

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路的一般概念

我们在日常生活中广泛使用着各种电路,比如照明电路、电视机和收音机的放大电路、交通和自动化生产线上的各种控制电路等。

电路是指各种电器元件按一定的连接方式组成的总体,它提供了电流流通的路径。电路主要是由电源、导线、负载、控制开关组成,如图 1-1 所示。

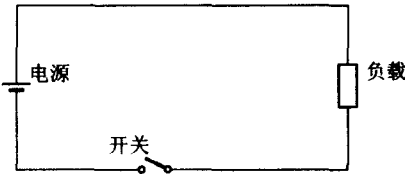


图 1-1 电路组成

- (1) 电源 提供电能的装置,它能把其他形式的能转换成电能。常见的电源有干电池、蓄电池、发电机等。
- (2) 负载 即用电器,它能把电能转换成其他形式的能。
- (3) 导线 将电源和用电器连接成闭合回路,用来输送电能。
- (4) 控制开关 用来控制和保护电路的安全。

1.1.2 电路模型

为了便于对实际问题的研究,在工程中常采用理想化的方法,即把实际的元器件看作理想的电路元件(电源、电阻器、电容器、电感器等),就可以绘出只由理想元件组成的电路图。

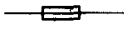
- (1) 电路模型 指用理想元件构成的电路。
- (2) 电路图 用特定的符号代表元件连接成的图形。

各种理想元件都采用了一定的符号,常用电路元件的符号如表 1-1 所示。

表 1-1 电路图常用的电路元件符号

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
电阻器		电感器		电压源	
电容器		干电池		电流源	

续表 1-1

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
开关		电流表		熔断器	
电压表		白炽灯		接地	

1.2 电路变量

1.2.1 电流及参考方向

电流是指电荷的定向移动。电流的实际方向习惯上指正电荷的运动方向,但是,金属导体中是自由电子在做定向运动,电解液中是正、负离子做定向的运动。

用电流强度来衡量电流的大小,它在量值上等于通过导体横截面的电荷量 Q 和通过这些电荷量所用的时间 t 之比。用公式表示为:

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

式中: i 为电流,单位为安[培](A); Q 为电量,单位为库[仑](C); t 为所用的时间,单位为秒(s)。

在国际单位制中,电流的国际单位的全称是安培,简称是安,符号是 A;在电子电路中常用的电流单位还有毫安(mA)、微安(μ A):

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

在分析复杂电路时,某一段电路内电流的实际方向有时很难立即判断,有时电流的方向还不断地改变,因此在电路中很难标出电流的实际方向,所以引入了电流“参考方向”这一概念。

电流的参考方向是指在一段电路中事先任意选定的一个方向作为电流的方向。当然,所选的电流参考方向并不一定就是电流的实际方向。通常用实线表示参考方向,如图 1-2 所示。当计算结果 $I > 0$,表明电流的实际方向和参考方向一致,如图(a)所示;当 $I < 0$,表明电流的实际方向和参考方向相反,如图(b)所示。

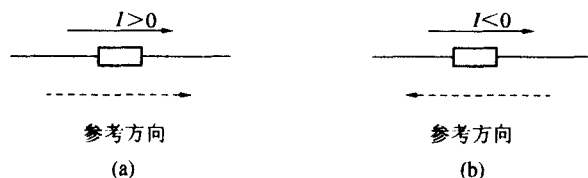


图 1-2 电流的参考方向

1.2.2 电压及参考方向

电压是指单位正电荷从电路中 A 点移动到 B 点,电场力所做的功。用公式表示为:

$$U_{AB} = \frac{W}{Q} \quad (1-2)$$

式中: W 为电场力移动正电荷所做的功,单位为焦[耳](J); Q 为被移动的电荷的电量,单位为库[仑](C); U_{AB} 为 A 、 B 两点间的电压,单位为伏[特](V)。

在国际单位制中,电压单位全称是伏特,简称是伏,符号是 V;常用的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV):

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

电压不仅有大小,而且有方向。电压的实际方向是由高电位指向低电位。电压总是对电路中的两点而言,因此常用双下标表示,其中前一个下标是指正电荷运动的起点,后一个下标是指正电荷运动的终点,电压的方向则由起点指向终点。

在电路图中,电压的方向也称为电压的极性,用“+”、“-”两个符号来表示。与电流一样,电路中任意两点之间的电压的实际方向往往不能预先确定,因此,同样可以设定该段电路电压的“参考方向”,并以此为依据进行分析和计算。如图 1-3 所示。

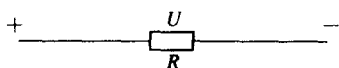


图 1-3 电压的参考方向

例 1-1 电阻器上电压参考方向如图 1-4 所示,若 $U_1 = 7 \text{ V}$, $U_2 = -5 \text{ V}$, 请说明电压的实际方向。



图 1-4 例 1-1 图

解:

(1) 因 $U_1 = 7 \text{ V} > 0$, 为正值,说明电压实际方向和参考方向一致,即从 A 到 B。

(2) 因 $U_2 = -5 \text{ V} < 0$, 为负值,说明电压实际方向和参考方向相反,即从 B 到 A。

练习与思考题

1-1 什么叫电路? 它主要由哪几部分组成?

1-2 电流是怎么产生的? 电流的方向是如何规定的? 它和自由电子定向移动的方向一致吗?

1-3 如图 1-5 所示,请指出电流或电压的大小和方向。

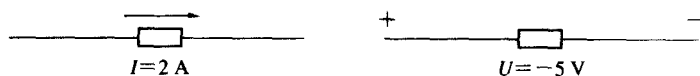


图 1-5 练习与思考题 1-3 图

1.3 电阻元件

1.3.1 电阻元件及伏安特性

自然界中,根据物质导电能力的强弱,一般可分为导体、半导体和绝缘体。其中,导电性能良好的物质叫导体,其内部存在着大量的自由电子;导电性能很差的物质叫绝缘体,其内部几乎没有自由电子;导电性能介于导体与绝缘体之间的物质称为半导体,比如常见的硅、锗。

导体中的自由电子做定向移动时,除了不断地相互碰撞外,还要与组成导体的原子相互碰撞,而这些碰撞阻碍了自由电子的定向移动,即表现为导体对电流的阻碍作用,称为电阻,用 R

表示,单位为欧[姆],符号为 Ω 。任何物体都有电阻,电流流过电阻时要消耗一定的能量。

在国际单位制中,常用的电阻单位还有千欧(k Ω)、兆欧(M Ω):

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

物体的电阻都是由它本身的性质所决定,它不随导体两端的电压和电流的大小而变化。线性电阻元件是理想元件,即在任何时刻,它两端电压和电流的关系都服从欧姆定律,如果把电阻元件的电压 U 取为纵坐标,电流 I 取为横坐标,画出电压和电流的关系曲线,称为电阻元件的伏安特性曲线。线性电阻的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线,如图1-6所示。

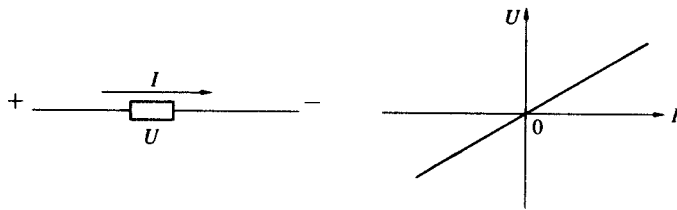


图1-6 电阻的伏安特性曲线

图1-6曲线可以用下列公式表示:

$$R = \frac{U}{I} \tag{1-3}$$

R 为一切常数。

从导体的组成结构上看,通过实验证明:在一定温度下,截面均匀的导体电阻与导体的长度成正比,与导体横截面积成反比,还与导体所用的材料有关,即

$$R = \rho \frac{L}{S} \tag{1-4}$$

式中: ρ 为导体的电阻率,单位为欧·米($\Omega \cdot \text{m}$); L 为导体的长度,单位为米(m); S 为导体的横截面积,单位为米²(m²); R 为导体的电阻,单位为欧(Ω)。

部分常见材料的电阻率和电阻温度系数如表1-2所示。

表1-2 部分常见材料的电阻率和电阻温度系数

材料名称	20℃时的电阻率 $\rho/(\Omega \cdot \text{m})$	电阻温度系数 $\alpha/(\text{℃}^{-1})$
银	1.6×10^{-8}	3.6×10^{-3}
铜	1.7×10^{-8}	4.1×10^{-3}
铝	2.9×10^{-8}	4.2×10^{-3}
钨	5.3×10^{-8}	5×10^{-3}
铁	9.78×10^{-8}	6.2×10^{-3}
镍	7.3×10^{-8}	6.2×10^{-3}
锰铜	4×10^{-7}	2×10^{-5}
康铜	5×10^{-7}	4×10^{-5}
镍铬	1.1×10^{-6}	7×10^{-5}

1.3.2 电导

电阻反映了导体阻碍电流的能力;电导则体现了导体的导电能力,电阻的倒数称为电

导。即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-5)$$

式中: R 为电阻,单位为欧[姆](Ω); G 为电导,单位为西[门子](S)。

用电导表征电阻元件时,可表示为:

$$I = GU \quad (1-6)$$

1.3.3 电阻与温度的关系

导体的电阻与温度有关,当温度升高时,导体内的自由电子(离子)在运动的过程中与导体中的晶体点阵(或分子)碰撞的次数增加,其平均速度降低,所以电流减小,电阻增大。另一方面,温度升高又会使导体的自由电子浓度(或离子的浓度)增加,使电流增大,电阻减小。由于这两种相反的作用同时存在,使导体的电阻与温度有一定的关系。

实验证明:在通常温度下,几乎所有电阻值 R 与温度 t 之间都有以下近似关系:

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)} \quad (1-7)$$

式中: R_1 、 R_2 分别是温度 t_1 、 t_2 时的电阻; α 是电阻的温度系数,它等于温度每变化 1°C 时,每欧的导体电阻所改变的电阻值,单位是 $1/^\circ\text{C}$ (即 $^\circ\text{C}^{-1}$)。

在通常情况下,几乎所有金属材料的电阻率都随温度的升高而增大,当导体工作温度有很大波动时,电阻的变化也是很显著的,不能忽视。但有的材料(如碳、石墨等)在温度升高时,导体的电阻反而减小;还有某些合金材料(如锰铜、康铜)的电阻温度系数很小,用它们制成的电阻差不多不随温度变化,故常用它们来制成标准电阻或电工仪表中的分流电阻。

1.3.4 电阻的功率和能量

前面我们讲过,当电流流过电阻元件时,都会消耗一定的能量。从物理的角度看,电阻吸收的电能转换为其他形式的能(热能、光能)。因此,通常把电阻吸收的功率也称为电阻消耗的功率。

在电路中,电能转换成其他形式能的过程,就是电流做功的过程。因此,电阻元件消耗多少电能,可以用电流所做的功来衡量,即

$$W = UIt \quad (1-8)$$

如果电路的负载是电阻元件,由 $I = U/R$, 可得:

$$W = I^2 R t \quad (1-9)$$

或

$$W = \frac{U^2}{R} t \quad (1-10)$$

式中: W 为电能,单位为焦[耳](J); U 为电压,单位为伏[特](V); I 为电流,单位为安[培](A); t 为工作时间,单位为秒(s)。

另外,在日常生活中,通常所讲的用了多少度电,“度”就是指电能,即

$$1 \text{ 度电} = 1 \text{ 千瓦} \cdot \text{时} (\text{kW} \cdot \text{h}) = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

同理,可以得到电阻元件所消耗的功率,由 $P = W/t$ 则有:

$$P = UI \quad (1-11)$$

或

$$P = I^2 R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

在国际单位制中,功率 P 的单位是瓦[特](W)。

通常在电器设备上都标明它的额定电压、额定电流、额定功率,表示用电设备所允许的最大电压、电流和功率。比如,一个电热器标明:“220 V, 1 000 W”,则说明这个电热器应接220 V的电压,其消耗的功率是1 000 W;若所接电压超过了220 V,其所消耗功率将超过1 000 W,就有可能将电热器烧坏。所以在实用中,应该注意电器的额定值。

例 1-2 有一个标有“220 V, 1 000 W”的电热器接在220 V的电源上,则电热器的电阻是多少? 流过电热器的电流是多少? 若每天使用2 h,1个月用多少电(1个月以30天计算)?

解: 根据公式 $P = U^2/R$, 则

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{1\,000} = 48.4(\Omega)$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1\,000}{220} = 4.55(\text{A})$$

1个月所用的电为:

$$W = Pt = 1\text{ kW} \times 2\text{ h/d} \times 30\text{ d/月} = 60(\text{kW} \cdot \text{h})/\text{月} = 60(\text{度}/\text{月})$$

例 1-3 一台电炉的额定电压为220 V,额定电流为5 A,该电炉的功率为多少?

解: $P = UI = 220 \times 5 = 1\,100(\text{W}) = 1.1\text{ kW}$

练习和思考题

1-4 根据物质的导电能力,可将物质分为哪几类?

1-5 导体的电阻和温度有关吗? 有人说:“所有物体的电阻,温度越高,其电阻也越大。”这句话对吗? 为什么?

1-6 欲制作一个小电炉,炉丝的电阻为 $50\ \Omega$,现选用直径为 0.5 mm 的镍铬丝,试算出所需镍铬丝的长度。

1-7 一个“220 V, 25 W”的电烙铁,其电热丝的阻值是多少? 若接在220 V的电压下,此时电烙铁的功率是多少? 若接在110 V的电压下,其功率又是多少?

1.4 欧姆定律

1.4.1 部分电路欧姆定律

德国科学家欧姆通过大量的科学实验得出结论: 加在某段线性电路或某个线性电阻上的电压与流过的电流成正比,如图1-7(a)所示。即

$$U = RI \quad (1-12)$$

这条规律称为欧姆定律。

如图1-7(b)所示,若电阻元件上电压和电流的参考方向相反时,欧姆定律为:

$$U = -RI \quad (1-13)$$

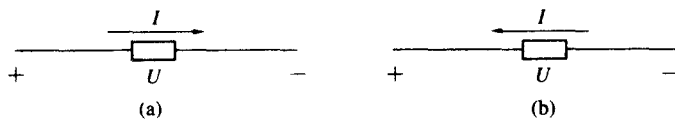


图 1-7 欧姆定律

所以在应用欧姆定律时,要注意电压和电流的参考方向。

1.4.2 全电路欧姆定律

含有电源的闭合电路称为全电路。图 1-8 所示为一简单的全电路。电源内部的电路称为内电路,电源以外的部分称为外电路。

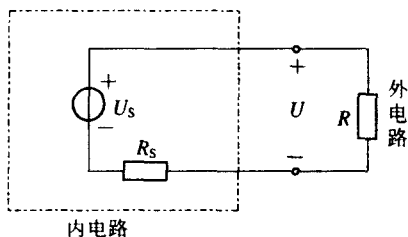


图 1-8 全电路

全电路欧姆定律的内容是:电路中的电流 I 与电源的电动势 U_s 成正比,与电路的总电阻(外电路的电阻 R 和内电路的电阻 R_s 之和)成反比,即

$$I = \frac{U_s}{R + R_s} \quad (1-14)$$

式中: I 为电路中的电流,单位为 A; U_s 为电源的电动势,单位为 V; R 为外电路的电阻,单位为 Ω ; R_s 为电源的内阻,单位为 Ω 。

由式(1-14)可得:

$$U_s = IR + IR_s$$

即

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

式中: U 为外电路的电压,也是负载两端的电压,简称为端电压。

例 1-4 已知电路中电源的电动势 $U_s = 12\text{ V}$,内阻 $R_s = 2\ \Omega$,负载电阻 $R = 10\ \Omega$,求:

- (1) 电路中的电流;
- (2) 电路的端电压;
- (3) 电源内阻上的电压降。

解:根据全电路欧姆定律,可得:

(1) 电路中的电流: $I = \frac{U_s}{R + R_s} = \frac{12}{10 + 2} = 1(\text{A})$ 。

(2) 电路的端电压: $U = IR = 1 \times 10 = 10(\text{V})$ 。

(3) 电源内阻上的电压降: $U_{R_s} = IR_s = 1 \times 2 = 2(\text{V})$ 。

练习与思考题

1-8 电源电动势为 1.5 V ,内阻为 $0.2\ \Omega$,外电路电阻为 $1.3\ \Omega$,求电路中的电流和路端电压。

1-9 电动势为 3 V 的电源与 $9\ \Omega$ 的电阻接成闭合回路,电路的端电压为 1.8 V ,求电源的

内阻。

1-10 有一电池与 $3\ \Omega$ 电阻连接时,电路的端电压为 6 V ,与 $5\ \Omega$ 电阻连接时,电路的端电压为 8 V ,求电源的电动势和内电阻。

1-11 当用电压表接在电源两端时,测出的是电源的电压还是路端电压?为什么?

1.5 电位的分析

1.5.1 电位的概念

在电工技术中,通常使用电压的概念。电压和电位是密切联系的。在电路中任选一个参考点,电路中的某点到参考点的电压就称为该点的电位。电位的符号用 V 表示,单位是伏[特](V)。如电路中 A 点的电位就是指 A 点到参考点 O 点的电压 U_{AO} ,即 $V_A = U_{AO}$ 。

在讲到电位这个概念的时候,必须指明参考点,因为参考点是计算电位的基准,电路中各点的电位都是针对参考点而言的。通常规定参考点的电位为 0 ,因此,参考点又叫零电位点。在电路图中,用接地符号“ $\perp$ ”表示参考点。

零电位点(参考点)的选择是任意的,一般在电路中常选择很多元件的汇聚点,而且是电源的负极作为参考点。而在工程技术中,则往往选择大地、机壳作为参考点。

由电位的定义可知,电位实际上就是电压,只不过电压是指任意两点之间,而电位是指某点与参考点之间的电压,电路中任意两点之间的电压就是这两点之间的电位之差,如 A 、 B 两点之间的电压可记为:

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-16)$$

那么,当 $U_{AB} > 0$ 时,说明 A 点的电位 V_A 高于 B 点的电位 V_B ;当 $U_{AB} < 0$ 时,说明 A 点的电位 V_A 低于 B 点的电位 V_B ;当 $U_{AB} = 0$ 时,说明 A 点的电位与 B 点的电位相等, $V_A = V_B$ 。

当电路中出现 $V_A = V_B$ 时,我们称 A 、 B 两点为等电位点。当在等电位点之间跨接电路时,不会有电流流过。

另外,需要注意的是电路中各点的电位值是个相对的量,也就是说它与参考点有关,选择不同的参考点,电路中各点电位的大小和正负也就不同。但是,电路中的电位差(电压)是绝对量,即电压与参考点的选择无关。

例 1-5 已知 $U_{AB} = 10\text{ V}$,若选择 A 点作为参考点,则 V_A 、 V_B 各为多少?选 B 点作为参考点时, V_A 、 V_B 又为多少呢?

解:当选 A 点作为参考点时, $V_A = 0$, 则有:

$$V_B = V_A - U_{AB} = 0 - 10 = -10(\text{V})$$

当选 B 点作为参考点时, $V_B = 0$, 则有:

$$V_A = U_{AB} + V_B = 10 + 0 = 10(\text{V})$$

1.5.2 电路中各点电位的分析

电路中各点都有一定的电位,它反映了电路的工作状态,在检测电路和维修电器时,往往要测量和分析电路中各点的电位。前面说过,电位是一个相对量,要确定电位必须先确定零电位点(参考点),那么电路中任一点的电位就是该点到参考点的电压。下面通过例题来说明怎么确定电路中各点的电位。