

电 工 学

赵起越 章 锐 马国峰 主编

辽宁大学出版社

电 工 学

主 编 赵起越 章 锐 马国峰

辽 宁 大 学 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

电工学 / 赵起越, 章锐, 马国峰主编. — 沈阳 :
辽宁大学出版社, 2012. 2
ISBN 978-7-5610-6647-8

I. ①电… II. ①赵…②章…③马… III. ①电工学
— 职业技术教育 — 教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 017879 号

出 版 者: 辽宁大学出版社有限责任公司

(地址: 沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码: 110036)

印 刷 者: 北京广达印刷有限公司

发 行 者: 辽宁大学出版社有限责任公司

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 13.75

字 数: 350 千字

出版时间: 2012 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2012 年 3 月第 1 次印刷

丛书策划: 水木时代(北京)图书中心

责任编辑: 王 健

策划编辑: 焦娜娜

封面设计: 刘熙川

责任校对: 齐 悦

书 号: ISBN 978-7-5610-6647-8

定 价: 28.00 元

联系电话: 024-86864613

邮购热线: 024-86830665

网 址: <http://www.lnupshop.com>

电子邮件: lnupress@vip.163.com

编审说明

电工学是工科非电类专业学生的专业基础课程,在整个专业课程体系中占有重要的地位。学好电工学可以为学生学习专业知识和从事工程技术类工作打下坚实的电工技术的理论基础,并使他们受到必要的技能训练。

为了适应当前教育改革与发展趋势,我们根据部颁“电工学”教学要求及当前学生特点,组织编写了这部《电工学》教材。本书对电工学的基本概念、基本理论和基本分析方法都作了详尽的阐述,并注重教学与生产实践、社会服务和技术推广的结合。全书共分为13章,分别为:直流电路基础、电容器、磁与电磁感应、正弦交流电路、三相交流电路、异步电动机、变压器、电工测量技术、半导体器件、放大电路基础、运算放大器、数字电路基础、A/D与D/A转换器。其中的部分内容虽已在物理课程中讲过,但为了加强理论的系统性,并满足电工学学习的需要,仍列入书中,使学生进一步理解和掌握。本书各章均附有本章小结和练习题,以便学生课后复习巩固。

书中带“*”的内容,各校可根据学生实际水平及课时安排自行进行。

本书由赵起越、章锐和马国峰主编。具体编写分工为:赵起越(黑龙江省技工教师进修学院)编写第1、2、5、6、7章,章锐(哈尔滨劳动技师学院)编写第4、8、9、10章,马国峰(哈尔滨技师学院)编写第3、11、12、13章。本书在编写过程中,编者汲取了国内同类教材的优点,得到所在院校领导和同事的大力支持,在此谨向原作(编)者表示诚挚的谢意!

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不足之处在所难免,恳请广大读者不吝批评指正。

编 者

2012年2月

目 录

第 1 章 直流电路基础	(1)
§ 1.1 电路的基础知识	(1)
§ 1.2 欧姆定律与电阻定律	(7)
§ 1.3 电路的串联、并联及混联	(10)
§ 1.4 电路的分析方法	(15)
* § 1.5 戴维宁定理与叠加定理	(20)
本章小结	(23)
习 题	(25)
第 2 章 电容器	(28)
§ 2.1 电容器与电容	(28)
§ 2.2 电容器的连接	(29)
* § 2.3 电容器的充电与放电	(33)
本章小结	(37)
习 题	(37)
第 3 章 磁与电磁感应	(39)
§ 3.1 磁的基础知识	(39)
* § 3.2 全电流定律	(43)
* § 3.3 铁磁物质的磁化与磁滞	(45)
§ 3.4 磁路与磁路欧姆定律	(47)
§ 3.5 磁场对载流导体的作用	(49)
§ 3.6 电磁感应	(52)
§ 3.7 自感与互感	(56)
本章小结	(60)
习 题	(61)
第 4 章 正弦交流电路	(64)
§ 4.1 正弦交流电的基本概念	(64)
* § 4.2 正弦量的旋转相量表示法	(69)
§ 4.3 单一参数的正弦交流电路	(73)
§ 4.4 电阻、电感与电容元件串联的交流电路	(81)
* § 4.5 谐振电路	(90)
§ 4.6 功率因数的提高	(93)
本章小结	(96)
习 题	(97)

第 5 章 三相交流电路	(100)
§ 5.1 三相交流电源	(100)
§ 5.2 三相负载的接法	(102)
§ 5.3 三相电路的功率	(106)
本章小结	(108)
习 题	(108)
第 6 章 异步电动机	(110)
§ 6.1 三相笼型异步电动机的转动原理	(110)
* § 6.2 三相异步电动机的启动与调速	(114)
* § 6.3 异步电动机的机械特性	(117)
§ 6.4 单相异步电动机	(118)
§ 6.5 三相笼型异步电动机的铭牌	(121)
§ 6.6 异步电动机的常见故障与维修	(123)
本章小结	(125)
习 题	(125)
第 7 章 变压器	(127)
§ 7.1 变压器的类别与构造	(127)
§ 7.2 变压器的工作原理及作用	(128)
* § 7.3 三相变压器	(129)
§ 7.4 几种常用变压器	(131)
本章小结	(133)
习 题	(134)
* 第 8 章 电工测量技术	(136)
§ 8.1 电工仪表	(136)
§ 8.2 常用的电工测量技术	(144)
本章小结	(148)
习 题	(148)
第 9 章 半导体器件	(150)
§ 9.1 半导体基础知识及 PN 结	(150)
§ 9.2 半导体二极管	(154)
§ 9.3 半导体三极管	(156)
本章小结	(159)
习 题	(160)
第 10 章 放大电路基础	(162)
§ 10.1 放大电路的基础知识	(162)
§ 10.2 共集电极放大电路	(165)
§ 10.3 共基极放大电路	(167)
* § 10.4 多级放大电路简介	(169)
本章小结	(170)

习 题	(170)
第 11 章 运算放大器	(173)
§ 11.1 差动放大电路	(173)
§ 11.2 集成运算放大器	(175)
* § 11.3 集成运放的主要应用	(179)
本章小结	(186)
习 题	(186)
第 12 章 数字电路基础	(188)
§ 12.1 数字电路概述	(188)
§ 12.2 基本逻辑门电路	(191)
§ 12.3 触发器	(195)
§ 12.4 计数器、译码与数码显示器	(199)
本章小结	(202)
习 题	(203)
第 13 章 A/D 与 D/A 转换器	(205)
§ 13.1 D/A 转换器	(205)
§ 13.2 A/D 转换器	(207)
本章小结	(209)
习 题	(209)
附 录	(210)
附录一 电工常用物理量国际单位制(SI)	(210)
附录二 常见导电材料的电阻率和电阻温度系数	(210)
参考文献	(211)

第 1 章 直流电路基础

本章主要介绍电路的基础知识,包括电学中的基本物理量、欧姆定律及电路的工作状态。这些内容是电工学的理论基础,也是其他电学应用课程的基础。在本章的后半部分,进一步研究了直流电路的基本特点及必要的计算方法,同时还介绍了复杂电路的分析方法及有关定律和定理,及如何进行简单的计算。

§ 1.1 电路的基础知识

1.1.1 电路的组成与作用

1. 电路的组成

电流流通的闭合路径称为电路,它是为了某种需要,由若干电子设备及元件按一定方式组成的。它主要包括电源、负载、连接导线、控制和保护装置四部分。最简单的电路如图 1-1 所示。

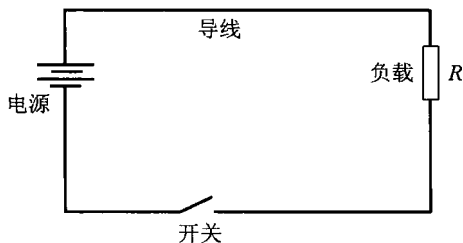


图 1-1 最简单的电路图

(1)电源是向电路提供能量的设备。它能把其他形式的能转化成电能。常见的电源有干电池、蓄电池、发电机等。

(2)负载即用电设备,它是各种用电设备的总称,其作用是把电能转化成其他形式的能。常见的负载有电灯、电动机、电加热器等。

(3)连接导线负责把电源和负载接成闭合回路,输送和分配电能。一般常用的导线是铜线和铝线。

(4)控制和保护装置用来控制电路的通断、保护电路的安全,使电路正常工作,如开关、熔断器等。

2. 电路的作用

在现代化的生产和科学技术领域,电路用来完成控制、计算、通信、测量以及发电、配电等方面的任务。虽然实际电路种类繁多、功能各异,但概括来说,电路的作用主要表现在以下两

个方面。

(1)实现电能的输送和变换。例如,如图 1-2 所示,在电力系统组成的电路中,电路主要用来传送、分配和变换电能。发电厂的发电机将热能、水能和核能等转化成电能,通过输电导线和各级变电所中的升压或降压变压器将电能输送到各用电设备,再根据需要将电能转化成机械能、热能、光能及其他形式的能量。

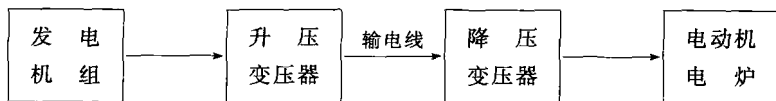


图 1-2 电力系统电路示意图

(2)实现信号的传递和处理。常见的电路是电视机电路,如图 1-3 所示,通过接收装置把载有语言、文字、音乐、图像的电磁波接收后转化为相应的电信号,然后通过多种中间电路环节将信号进行传递和处理,送到显像管和扬声器后还原为原始信息。

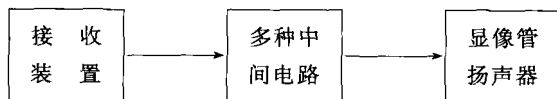


图 1-3 电视机电路示意图

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流

(1)电流的形成。电荷的定向运动叫做电流。我们知道,在通常状况下,物质不显带电的性能,但给予一定外加条件(如接上电源)时,就能迫使金属或某些溶液中的带电粒子发生规则的运动,从而形成电流。

在金属导体中,电流是电子在外电场作用下有规则的运动形成的,在某些液体或气体中,电流则是正、负离子在电场力作用下向着相反方向的运动形成的。

(2)电流的大小。电流是一种物理现象,又是一个表示带电粒子定向运动强弱的物理量,电流在数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时间的比值,用公式表示为

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

如果在 1 s(秒)内通过导体横截面的电荷量是 1 C(库仑),那么导体中的电流为 1 A(安或安培)。

(3)电流的方向。在不同的导电物质中,形成电流的运动电荷可以是正电荷,也可以是负电荷,也可能两者都有。我们规定正电荷定向运动的方向为电流的方向。在金属导体中,电流的方向与自由电子运动方向相反。

电流的方向是客观存在的。在简单电路中,电流的实际方向很容易判别,但在分析和计算

较为复杂的电路时,往往无法确定电路中电流的实际方向,为了计算方便,常常事先假定一个电流方向(假想的电流方向)称为参考方向,用箭头在电路图中标明电流的参考方向,如果计算结果电流为正值,那么电流的实际方向与参考方向一致;如果计算的结果电流为负值,那么电流的实际方向与参考方向相反。如图 1-4 所示。

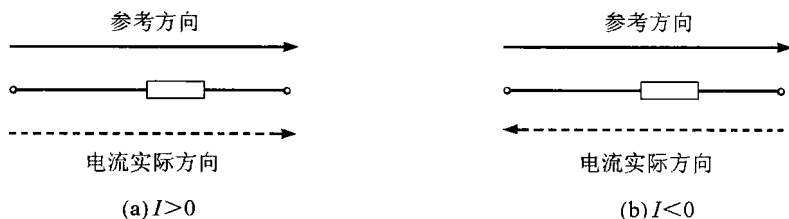


图 1-4 电流的方向

2. 电压和电位

(1) 电压。带电体的周围存在着电场,电场是存在于电荷周围空间的特殊物质。电场中的电荷要受到电场对它的作用——电场力。当电场力使电荷移动时,电场力对电荷做了功。在如图 1-5 所示的电场中,电荷 q 在电场力 F 的作用下,由 a 移动到 b ,如果电荷 q 移动的距离是 L_{ab} ,那么电场力对电荷所做的功为

$$W = FL_{ab}$$

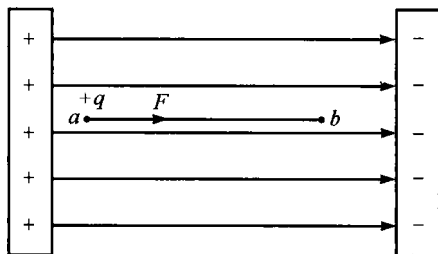


图 1-5 匀强电场中电场力对电荷做功

为了衡量电场力做功的大小,引入了电压这个物理量。 a 、 b 两点间的电压在数值上等于电场力把单位正电荷从 a 点移动到 b 点所做的功,可用下式表示

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q}$$

式中, q 为由 a 点移动到 b 点的电荷量,单位是库[仑],符号为 C; W_{ab} 为电场力将 q 由 a 点移动到 b 点所做的功,单位是焦[耳],符号为 J; U_{ab} 为 a 、 b 两点间的电压,单位是伏[特],符号为 V。

(2) 电位。电位在物理学中被称为电势,电路中各点的电位是相对的,与参考点(假定电位为零的点)的选择有关。在讨论电位问题时,首先要选定参考点,比参考点高的电位为正,比参考点低的电位为负。某点电位等于该点与参考点间的电压,而两点间的电压又等于两点间的电位之差。在图 1-5 中,若用符号 V_a 表示 a 点的电位,用 V_b 表示 b 点的电位,则有

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

若 $V_a = 0$,则 $V_b = -U_{ab} < 0$;若 $V_b = 0$,则 $V_a = U_{ab} > 0$ 。由此可见,不管如何选定参考点,

总有 $V_a > V_b$, 即 $U_{ab} > 0$ 。因此规定电压的方向由高电位指向低电位, 是电位降低的方向, 所以电压又称电位降。和电流相似, 在电路计算中, 当事先无法确定电压的实际方向时, 也常选定参考方向, 如果计算结果电压为正值, 那么该参考方向与实际方向相同; 如果计算结果电压为负值, 那么电压的实际方向与参考方向相反。

3. 电源和电动势

(1) 电源力。如图 1-6 所示电路, 在电场力 F_2 的作用下, 正电荷由正极板 A 经外电路移动到负极板 B 时, 与极板 B 上的负电荷中和, 使 A 、 B 极板上聚集的正负电荷数减少, 两极板间电压随之降低, 最后正负电荷完全中和, 两极板间电压为零, 电流中断。要保证电路中有持续的电流, A 、 B 极板间必须存在一个与电场力方向相反的非静电力 F_1 , 它能把正电荷从 B 极板源源不断地移到 A 极板, 以保证电路中有持续不断的电流, 这种存在于电源内部的非静电性质的力称为电源力。

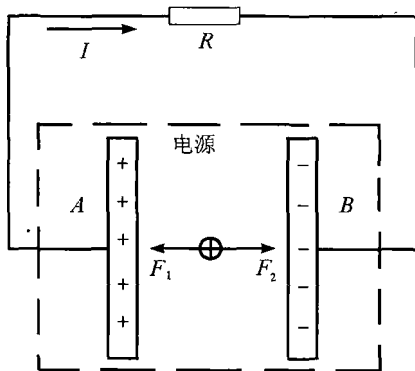


图 1-6 含有电源的电路

(2) 电动势。在电源内部, 电源力不断地把正电荷从低电位移动到高电位, 这个过程中电源力要做功。为了衡量电源力做功的能力, 引入电动势这个物理量。

在电源内部, 电源力将单位正电荷从低电位移动到高电位所做的功叫做电源电动势, 用 E 表示, 则有

$$E = \frac{W}{q}$$

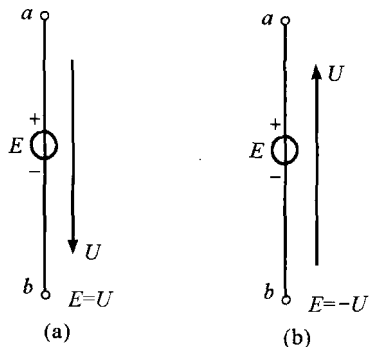


图 1-7 电动势与电压的关系

式中, W 为电源力移动正电荷做的功, 单位是焦[耳], 符号为 J; q 为电源力移动的电荷量, 单位是库[仑], 符号为 C; E 为电源电动势, 单位是伏[特], 符号为 V。

电动势的单位是伏[特](V), 方向规定为由电源负极(低电位)指向正极(高电位), 在电源内部的电路中, 是电源力移动正电荷形成电流, 方向是从负极指向正极; 在电源外部的电路中, 是电场力移动正电荷形成电流, 方向是从正极指向负极。在电源不接负载的情况下, 电源电动势与电源端电压在数值上是相等的。如果电动势的方向与电压参考方向相反, 如图 1-7(a) 所示, 则有 $E=U$; 若

电动势的方向电压参考方向相同,如图 1-7(b)所示,则有 $E = -U$ 。

应当指出,尽管电源开路时电压与电动势在数值上相等,且有相同的单位,但是电动势与电压是两个物理意义不同的物理量。电动势只存在于电源内部,是衡量电源力做功的物理量;电压存在于电源的内、外部,是衡量电场力做功的物理量。电动势的方向从负极指向正极,是电位升高的方向;而电压的方向是从正极指向负极,是电位降低的方向。

1.1.3 电路的状态

电路可能出现的状态有三种,即有载状态、断路状态和短路状态。

1. 有载状态

图 1-8 所示的是一个直流发电机向负载供电的电路,当开关 QK 闭合后,电路即处于有载状态。此时发电机的输出电压为其额定值 U_N ,而其输出电流 I 则取决于负载的大小。

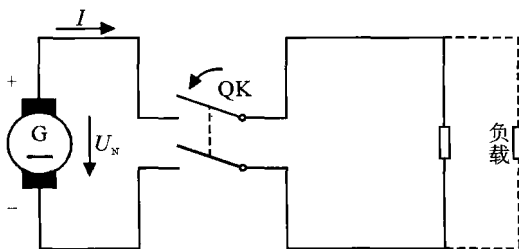


图 1-8 发电机对负载供电

当负载偏小,发电机输出的电流远小于其额定值时,我们称发电机处于轻载运行状态。轻载运行,不能充分发挥发电机的效能。

当负载偏大,发电机输出的电流远大于其额定值时,我们称发电机处于过载运行状态。长时间的过载运行,会缩短发电机的使用寿命;严重的过载运行,会使发电机很快烧毁。

当负载适中,发电机输出的电流等于其额定值时,我们称发电机处于满载运行状态或额定工作状态。电气设备在额定状态工作是最经济合理和安全可靠的,且能够保证电气设备有一定的使用寿命。

2. 断路状态

当图 1-8 中的开关 QK 断开时,电源和负载未构成闭合回路,即电路处于断路状态,此时发电机为空载运行。

电路处于断路状态时,由于断路两点间的电阻无限大,故空载时电源输出的电流和电源内部的电压降均等于零,电源端电压等于电源电动势,即

$$I = 0, \quad U = E$$

所以

$$P_{\text{负载}} = 0$$

我们可以根据电路断路时 $I = 0$ 和 $U = E$ 的特点,来检查断路故障,找出断路点。如图 1-9 所示的电路,电源电动势 $E = 12 \text{ V}$,发现电压表的读数为 12 V ,电流表的读数为零,表明外电路发生断路。查找断路点的方法是用电压表依次测量 AB、BC、CD、DF 各段电路的电压。若电压为 12 V ,则表明该段电路发生断路,并说明其他段电路未发生断路。

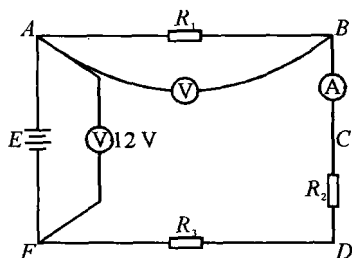


图 1-9 电路的断路检查

3. 短路状态

由于某种原因,使电源两端被电阻接近为零的导体接通时,这种情况叫做电源被短路,如图 1-10 所示。

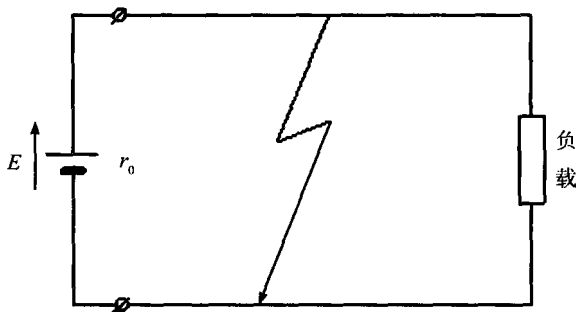


图 1-10 电路的短路状态

当电源两端被短路时,由于外电路的电阻接近为零,而电源的内电阻 r_0 又很小,此时电源将通过极大的电流(称为短路电流,用 I_s 表示),其值为

$$I_s = \frac{E}{r_0}$$

电源两端的电压为

$$U = 0$$

所以

$$P_{\text{负载}} = 0$$

短路时,电源中有极大的电流通过,这将会使电源因发热过甚而烧毁,因此,一方面在工作中必须注意防止电源发生短路事故;另一方面,还需采取一些电路发生短路时的保护措施。常用的保护措施是,在电路中串接一种作为短路保护用的熔断器,熔断器中装有熔丝。常用的熔丝是低熔点的铅锡合金。当电路发生短路时,熔丝因通过很大的短路电流而发热熔断,迅速切断短路电流,从而保护了电源免于烧毁。装有熔丝的熔断器的表示符号及在电路中的安装位置如图 1-11 所示,熔断器应该安装在开关的负载一侧,当熔丝熔断后,需要安装新的熔丝时,必须把闸刀开关拉下,切断电源,以保证工作人员安全。

电源短路,这是不允许的。但在实际工作中,有时需要用电阻较小的导线把电路中电位差别不大的两点进行短路。为了和电源短路相区别,我们把这种短路称为短接。在图 1-12 中,常用开关 QK_2 把和电动机 M 相串联的安培表的两端短接起来,以免电动机启动时的大电流通

过安培表,从而保护安培表不致损坏。启动完毕后,再将开关 QK_2 断开,让安培表指出电动机运转后所取用的电流。这种短接非但没有危险,反而是有利的。

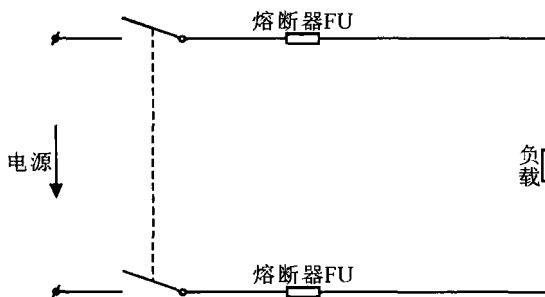


图 1-11 熔断器的表示符号及安装位置

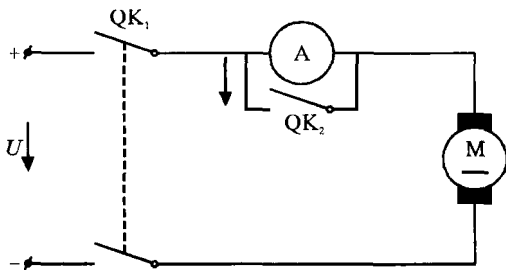


图 1-12 电动机启动时安培表的短接

§ 1.2 欧姆定律与电阻定律

1.2.1 部分电路欧姆定律

图 1-13 为不含电源的部分电路,当在电阻两端加上电压时,电阻中就有电流流过。通过实验可以知道:流过电阻的电流 I 与电阻两端的电压 U 成正比,与电阻成反比。这一结论称为部分电路欧姆定律,用公式表示为

$$I = \frac{U}{R}$$

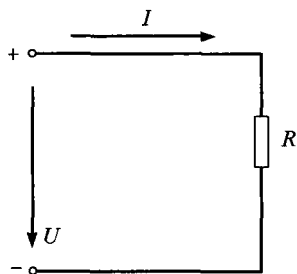


图 1-13 部分电路欧姆定律

从图 1-13 可以看出,电阻两端的电压方向和流过电阻的电流方向都是从高电位指向低电位,即电压与电流的参考方向一致,称为关联参考方向。当 U 、 I 间为非关联参考方向(U 、 I 的参考方向相反)时,欧姆定律应写成 $I = -\frac{U}{R}$,式中“—”切不可漏掉。

对于某一确定电阻,其两端电压与流过的电流总成正比关系。若以电流为横坐标,电压为纵坐标,可画出电阻的电压和电流之间的关系曲线。如图 1-14 所示,由欧姆定律可得

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2}{0.2} = \frac{4}{0.4} = \frac{6}{0.6} = \dots = 10(\Omega)$$

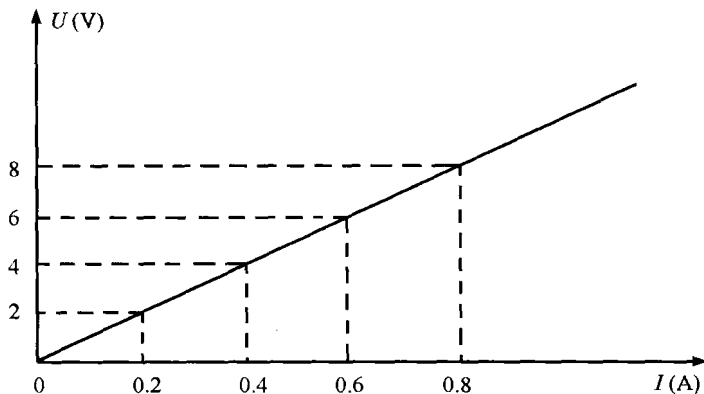


图 1-14 线性电阻的电压、电流关系

从曲线上可以看出,电阻值不随电压、电流的变化而变化,即电阻值是一个常数,我们称这样的电阻为线性电阻,由线性电阻组成的电路称为线性电路。需要特别指出的是,欧姆定律只适用于线性电路。

1.2.2 全电路欧姆定律

全电路是指含有电源的闭合电路,如图 1-15 所示, R 为负载的电阻, E 为电源的电动势, r 为电源的内阻。

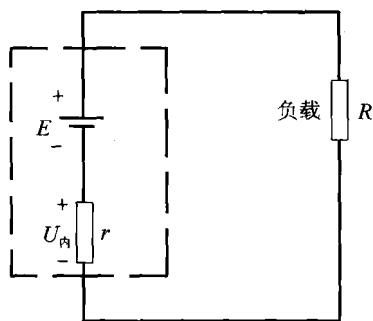


图 1-15 全电路欧姆定律

电路闭合后,电路中有电流 I ,电阻 R 和 r 都产生电压降 $U_{\text{外}}$ 、 $U_{\text{内}}$,且有路端电压

$$U_{\text{外}} = E - U_{\text{内}}$$

根据部分电路的欧姆定律可知

$$U_{\text{外}} = IR, \quad U_{\text{内}} = Ir$$

把它们代入上式,则有

$$IR = E - Ir$$

整理得

$$I = \frac{E}{R + r}$$

式中, E 为电源电动势,单位是伏[特],符号为 V; R 为负载电阻,单位是欧[姆],符号是 Ω ; r 为电源内阻,单位是欧[姆],符号是 Ω ; I 为闭合电路的电流,单位是安[培],符号为 A。

上式说明,闭合电路中的电流与电源电动势成正比,与电路的总电阻(内电路电阻与外电路电阻之和)成反比,这一规律叫全电路欧姆定律。

由上式可知,当 R 增大时, I 减小, $U_{\text{外}}$ 增大;当 $R \rightarrow \infty$ (断路状态), $I \rightarrow 0$,则 $U_{\text{外}} = E$,即断路时端电压等于电源电动势。

当 R 减小时, 则 I 增大, $U_{\text{外}}$ 减小; 当 $R=0$ 时, $U_{\text{外}}=0$, 这种情况称为短路状态, 此时 $I_s = \frac{E}{r}$, 由于 r 很小, 所以短路电流很大, 可能烧毁电源, 为此电路中必须有短路保护装置。

【例 1-1】 有一电源电动势 $E=3\text{ V}$, 内阻 $r=0.4\ \Omega$, 外接电阻 $R=9.6\ \Omega$, 求电源端电压和内压降。

解 由全电路欧姆定律得

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{3}{9.6+0.4} = 0.3(\text{A})$$

由部分电路欧姆定律可求得

$$\text{电源端电压} \quad U_{\text{外}} = IR = 0.3 \times 9.6 = 2.88(\text{V})$$

$$\text{内压降} \quad U_{\text{内}} = Ir = 0.3 \times 0.4 = 0.12(\text{V})$$

【例 1-2】 已知电源的开路电压 $U_0=1.5\text{ V}$, 接上 $9\ \Omega$ 的负载电阻时, 其路端电压为 1.35 V , 求电池的内电阻 r 。

解 由已知得 $U=1.35\text{ V}$, 即 $IR=1.35\text{ V}$, 则

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1.35}{9} = 0.15(\text{A})$$

开路时, $E=U_0=1.5\text{ V}$, 由全电路欧姆定律 $I = \frac{E}{R+r}$ 得

$$r = \frac{E-U}{I} = \frac{1.5-1.35}{0.15} = 1(\Omega)$$

1.2.3 电阻及电阻定律

1. 电阻

导体中的自由电子在电场力的作用下定向运动, 形成电流。做定向运动的自由电子要与金属中的带正电粒子发生碰撞, 从而阻碍自由电子的定向运动。可见导体对电荷的定向运动有阻碍作用, 导体对电流的阻碍作用叫电阻, 用字母 R 表示。任何物体都有电阻。

2. 电阻定律

导体的电阻是客观存在的, 它的大小不仅和导体的材料有关, 还和导体的尺寸有关。经实验证明, 在温度不变时, 一定材料制成的导体的电阻跟它的长度成正比, 跟它的截面积成反比。这个实验规律称为电阻定律, 用公式表示为

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中, R 为导体的电阻, 单位是欧[姆], 符号为 Ω ; ρ 为电阻率, 其值由电阻材料的性质来决定, 单位是欧[姆]米, 符号为 $\Omega \cdot \text{m}$; L 为导体的长度, 单位是米, 符号是 m ; S 为导体的截面积, 单位是平方米, 符号为 m^2 。

导体的电阻不仅和材料性质、尺寸有关, 还和温度有关。对于金属导体, 温度升高, 做定向运动的自由电子运动加速, 必然与金属中的带正电粒子发生碰撞的机会增多, 受到的阻碍加大, 电阻增大; 反之, 电阻减小。但是, 有些合金的电阻几乎不受温度影响, 可用来制成标准电阻。

几种常见材料在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的电阻率如表 1-1 所示。

表 1-1 20 °C 时几种常见材料的电阻率

材料名称	电阻率 $\rho(\Omega \cdot \text{m})$	材料名称	电阻率 $\rho(\Omega \cdot \text{m})$
银	1.65×10^{-8}	碳	1.0×10^{-6}
铜	1.75×10^{-8}	康铜	5.0×10^{-7}
铝	2.83×10^{-8}	锰铜	4.4×10^{-7}
钨	5.3×10^{-8}	电木	$10^{10} \sim 10^{14}$
铁	9.8×10^{-8}	橡胶	$10^{13} \sim 10^{16}$

电阻率反映了物质的导电性能,电阻率越大,电阻越大,导电性能越差。根据物质的电阻率,将物质分为三类:导体、绝缘体和半导体。将 $\rho < 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ 的物质称为导体,如银、铜、铝等是电的良导体。 $\rho > 10^5 \Omega \cdot \text{m}$ 的物质称为绝缘体,如玻璃、木棒等不能导电。半导体的导电性能介于导体和绝缘体之间,如硅、锗。

【例 1-3】要绕制一个 3Ω 的电阻,如果选用截面为 1.48 mm^2 的锰铜导线,问需多长?

解 查表可知锰铜的电阻率 $\rho = 4.4 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$,由电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$ 可求得

$$L = \frac{RS}{\rho} = \frac{3 \times 1.48 \times 10^{-6}}{4.4 \times 10^{-7}} = 10(\text{m})$$

§ 1.3 电路的串联、并联及混联

1.3.1 串联电路

1. 电阻串联电路

把几个电阻依次连接起来,组成无分支的电路,叫做串联电路。如图 1-16(a)所示为三个电阻组成的串联电路,它可以等效为图 1-16(b)所示电路。

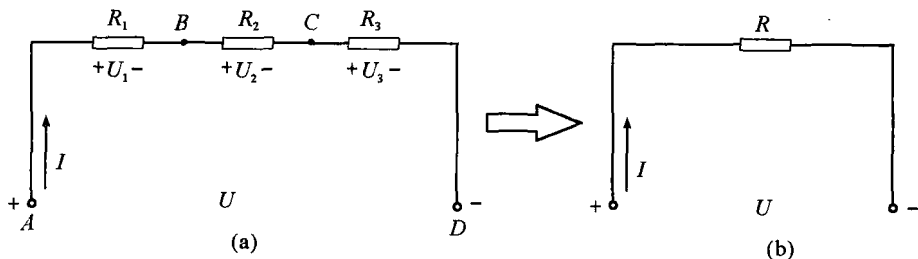


图 1-16 串联电路

2. 电阻串联电路的特点

(1) 串联电路中电流处处相等。当串联电路接通电源后,电路中有电流流过,由于串联电路中没有分支,电荷不会在任一地方积累或消失,所以在相等的时间内,通过导体任意截面的电荷量必然相等,即串联电路中电流处处相等。

当 n 个电阻串联时,有

$$I_1 = I_2 = I_3 = \cdots = I_n$$