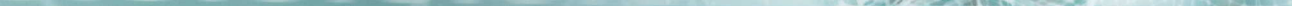


张

[illegible]

哈



电工技术

DIANGONG JISHU

主 编 张宝志

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工技术/张宝志主编. —哈尔滨: 哈尔滨地图出版社,
2006.12

ISBN 978 - 7 - 80717 - 537 - 7

I .电… II .张… 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 (2007) 第 007716 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址: 哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮政编码: 150086)

哈尔滨市动力区哈平印刷厂印刷

开本: 787mm × 1 092 mm 1/16 印张: 15.5 字数: 240 千字

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 80717 - 537 - 7

印数: 1~1 000 定价: 15.00 元

前 言

本书依据高等职业技术教育机电类专业教学的基本要求,本着高等职业技术教育是培养技术型人才的特点构建课程体系。因此,本书强调实践和动手能力的培养,理论密切联系实际。在内容取舍上,强调基本理论以“必须够用”为度,尽量减少数理论证,以掌握概念、突出实际应用、培养技能为教学重点,贯彻少而精,启发式,培养学生独立思考、富于联想、触类旁通的发散思维能力的原则;在联系实际上,要求是基本理论的自然延续,有机地结合。培养学生尊重科学,尊重客观规律,勇于实践,大胆探索的精神,努力学习怎样将实际经验上升到理论高度的本领。

本教材在内容叙述上力求深入浅出,通俗易懂,在编排上尽量符合学生的认识规律。本书可作为高等职业技术教育机电类专业教材。书中量的单位均采用法定计量单位,图形符号及文字符号均符合国家最新标准。

编者诚挚地欢迎广大读者和各界人士批评指正本书的错误和不妥之处,提出宝贵的建议,从而不断提高本书的编写质量。

编 者

2006年12月

目 录

第一章 电路的基本概念和基本定律	1
第一节 电路的基本物理量	1
第二节 电流和电压的参考方向	6
第三节 电路中电位的计算	7
第四节 基尔霍夫定律及应用	9
第五节 电阻元件	17
第六节 电源模型——电压源和电流源	18
第七节 电容元件	26
第八节 电感元件	31
阅读材料一	39
阅读材料二	43
阅读材料三	45
习题	46
第二章 单相正弦交流电路	52
第一节 正弦交流电路的基本概念	52
第二节 正弦量的相量表示法	57
第三节 KCL、KVL 的相量形式	65
第四节 阻抗及 R、L、C 串联电路	72
第五节 导纳及 R、L、C 并联电路	79
习题	90
第三章 三相交流电路	94
第一节 三相电源	94
第二节 三相负载的星形联结	98

第三节	三相负载的三角形联结	104
第四节	电力系统概况	107
第五节	安全用电	110
习题		115
第四章	磁路	117
第一节	常见的电磁现象及应用	117
第二节	磁场的基本物理量和安培环路定理	119
第三节	铁磁现象和铁磁材料	123
第四节	磁路及其基本定律	126
第五节	简单磁路的计算	131
第六节	交流铁芯线圈电路与交流磁路	137
习题		141
第五章	变压器	145
第一节	变压器的结构和额定参数	145
第二节	变压器的基本原理	150
第三节	自耦变压器	158
第四节	仪用互感器	161
第五节	其他特殊变压器	163
习题		165
第六章	电动机	168
第一节	三相异步电动机的结构及铭牌数据	168
第二节	三相异步电动机的工作原理	172
第三节	三相异步电动机的运行特性	176
第四节	三相异步电动机的起动、反转、调速及制动	181
第五节	三相异步电动机的使用和维护	187
第六节	单相异步电动机	190
第七节	直流电动机	195
习题		205

第七章 常用低压电器及异步电动机的控制	207
第一节 开关电器的基本知识	207
第三节 三相异步电动机的简单起停控制	219
第五节 时间继电器及时间原则控制	227
第六节 其他典型的控制环节	230
第八节 速度继电器及速度原则控制	236
习题	239
参考文献	241

第一章 电路的基本概念和基本定律

本章是电工技术的入门篇,介绍电路的基本概念和基本定律。讲解电路的基本物理量,如电压、电流、电流的功率和电能;并介绍了基尔霍夫定律。

19世纪末期,电机、电话和电灯这三大发明,使人类社会走上了电气化的道路。到如今,电能的使用已广泛深入到人们生活的各个方面,从家用电器到现代化工农业生产和交通运输,以及科学研究、信息传递,电能已成为最主要的能源。电能可以在发电站集中生产,联网传输到数百数千米之外而瞬间可达;可以方便地提供动力,转换成光、热、化学等多种形式的能量;可以对信息进行变换、处理,然后以文字、声音、图像等方式向远方传送。并且控制方便、操作简单省力。电能已成为人们不能离开的东西。因此,学习和掌握电工技术知识是十分必要的。

第一节 电路的基本物理量

电路的基本物理量,通常指电流、电压、电流的功率和电能。我们约定,以小写英文字母后带括号(t),如*i*(t), *u*(t)表示随时间变化的物理量,而以大写字母,如*I*, *U*表示不随时间变化的物理量。

为行文简便,如无特别声明,各表示式及文中单位均取我国法定计量单位及国际单位制,并采用相应的表示大小单位关系的词冠。如以*k*表示千倍; *M*表示兆倍(10^6); *m*表示 10^{-3} 倍,中文读作“毫”; μ 表示 10^{-6} 倍,中文读作“微”,如 μF 表示“微法拉”; *n*表示 10^{-9} 倍,中文读作“纳”,如*nA*表示“纳安培”; *p*表示 10^{-12} 倍,中文读作“皮”,如*pF*表示“皮法拉”等。

一、电流

1. 电流的定义

电荷有规律的运动,称为电流。

金属导体中的自由电子在电场作用下有规律的运动形成电流;电解液中,正负离子在电场作用下分别向一定方向移动,形成电流;荧光灯等气体导电器件是利用气体中的带电质点在电场作用下的有规律的运动,形成电流;简言之,导体中的带电质点,在电场作用下有规律地移动,形成电流,并称之为传导电流。

2. 电流强度

电流的强弱用电流强度表示。电路中各点的电流强度不一定相等。电路中某点处电流强度，在数值上等于单位时间内穿过该点处导体横截面的电荷数量，严格地说，电流强度的大小就是通过导体横截面的电量 q 对时间 t 的变化率，这一点是显而易见的。设在 dt 时间内通过导体某一横截面的电量为 dq ，则通过该截面的电流强度为

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

式中，电量的单位是库仑(C)，时间的单位是秒(s)，则电流强度的单位是安培(A)，较大的电流强度用千安(kA)和兆安(MA)表示，较小的电流强度用毫安(mA)、微安(μA)、纳安(nA)等表示。

电流强度常简称为“电流”。这样，“电流”一词就有双重含义，它既表示电荷定向运动的物理现象，同时又表示“电流强度”这样一个物理量。

3. 电流的方向

在电场中，正负电荷的移动方向是相反的，在历史上，已规定采用正电荷运动的方向作为电流的实际方向；显然，负电荷移动的方向是电流的反方向。

例1-1 电解质溶液中含有数量相等的正负离子，在电场的作用下，通过导体截面，计算电场强度时，只考虑正离子的移动，还是正负离子都考虑？为什么？

解 只考虑正离子的移动，因为一定数量的正离子通过导体截面，引起的电流的大小和方向，等同于同样数量的负离子沿相反的方向通过导体截面引起的电流的大小和方向。两者是一个问题的两个方面，否则，会得出电流为零或者两倍于真正电流的错误结论。

4. 电流按波形的分类

大小和方向都不随时间变化的电流称为稳恒电流，也常称为直流电流，用大写字母 I 表示；大小和方向同时随时间作周期性变化的电流，称为交流电流，如正弦交流电；仅大小随时间变化的电流称为脉动电流(图1-1)。通常用 $i(t)$ 表示大小随时间变化的电流。

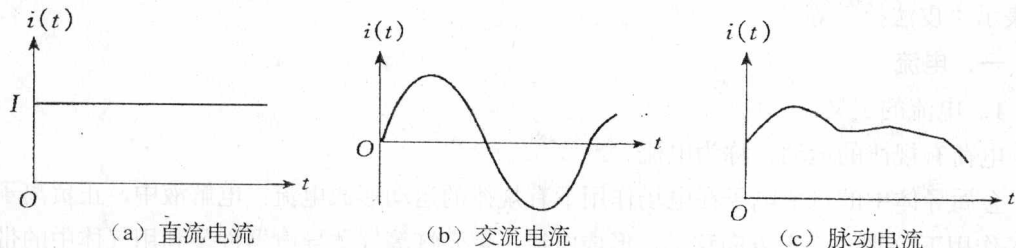


图1-1 各种形式的电流

5. 电流的测量

测量电流的方法和仪表很多，最基本的方法是用电流表。测量直流电流强度的仪表，是直流电流表，简称电流表，以符号—A—，—mA—和— μA —表示，分别叫做安培计、毫

安表和微安表。测量交流电流的仪表,叫做交流电流表,通常在仪表上加“~”,符号表示,如——, ——和——等。电流表只能串联于被测电路中。

二、电压

既然电流是带电粒子在电场作用下定向移动形成的,那么电场力必然对带电粒子做功;反过来,如果在非电场力作用下,带电粒子逆着它所受电场力的方向移动,就克服了电场力做了功,而把其他形式的能量转变为电场能量储存起来。为了衡量电场力做功的大小,引入电路分析第二个基本物理量——电压。

1. 电压的定义

电压的定义是:电场力把单位数量的电荷从 a 点移到 b 点所做的功,则电场中 a 点到 b 点的电压为

$$u_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (1-2)$$

电压又称为电位差。实际上,为了便于分析和比较电场中不同点的能量特性,总是在电场中指定某一点为参考点 o ,令其电位为零, $U_o=0$,而把任意点 a 与参考点 o 之间的电压称为 a 点的电位, $U_a = U_{ao}$ 。在物理学中,电位参考点选在无穷远处;在电力工程上常选大地作参考点;在电路分析,特别在电子工程上,电位参考点选用一条特定的公共线,这条公共线是该电路中很多元件的汇集处,而且常常是电源的一个极。这个点一般和机壳相连,用接机壳的符号“ $\perp$ ”表示。这条公共线虽不一定真正接地,有时也称为“地线”。在电路分析中,选中了参考点以后,谈论电位才有意义。

从式(1-2)可知,电场力对电荷做的功 W_{ab} 与路径无关,否则对不同的路径 ab ,将有不同的电压值 u_{ab} 。这样,对于同一点 o ,有

$$u_{ab} = \frac{W_{ao}}{q} - \frac{W_{bo}}{q} = u_{ao} - u_{bo} = U_a - U_b \quad (1-3)$$

可见,电压 u_{ab} 就是 a, b 两点间电位差。这就是电压又称为电位差的道理。

2. 电压的极性与方向

通常,我们记高电位点为电压的“正极”,低电位点为电压的“负极”,因而,电压也就有了极性。为了分析电路的方便,我们按照电压的极性规定电压的方向:从正极指向负极,即规定电压的方向为电场力移动正电荷的方向。在图1-2中,我们标注了通过电路元件的电流方向,以及其上两端的电压的极性和电压的方向。

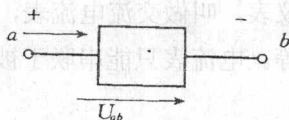


图1-2

3. 电源的电动势及其方向

若电流通过元件时，电场能量减少，则该元件吸收（或消耗）电场能量，并把它转换为其他形式的能量，如热能和光能等。该元件称为“负载”。反之，若电流通过某种元件时，电场能量增加（即得到电场能量）。则该元件是产生（或提供）电场能量的元件。电源就是这样一种能够产生电场能量的元件。在电源内部，非电场力 F' 对电荷做功，使正（负）电荷不断地从低（高）位向高（低）电位移动，将正负电荷分开，保持在电源的两端的极板上总有一定的电量积累，从而保持两极间一定的电位差 u_{ab} ，这个电位差维持着电路中的电场，保证电路接通时的电流流动。这个非电场力常称为“电源力”。电源上正电荷积聚的一端称为电源的“正极”，负电荷积聚的一端称为电源的“负极”。这样，在电源外部的电路——外电路中，电流的方向从正极流向负极，而在电源的内部——内电路中，电流的方向从负极流向正极，整个电路构成电流的封闭通路。

在内电路中，电源力将单位正电荷从电源负极移到正极所做的功，称为电源的电动势 E 。电动势 E 的方向由电源的负极指向电源的正极，即从电位低端指向电位高端。这样，在电源内部，电动势 E 的方向与电源的两端电压 u_{ab} 相反。对于图1-3有 $E = -U_{ab}$ （因 E 的方向是负极到正极为正）。

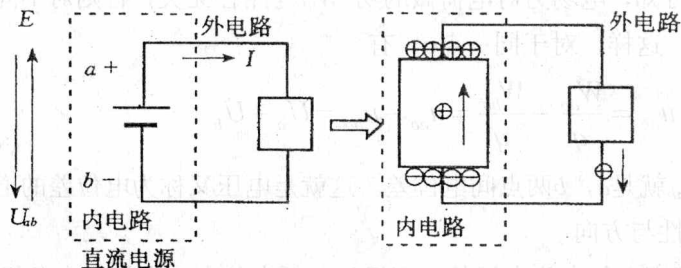


图1-3 电源电动势的含义

4. 直流电压（或电动势）与交变电压（或电动势）

我们把不随时间变化的电压称为恒定电压 U ，或直流电压 U ；大小和极性（方向）都随时间变化的电压称为交变电压 $u(t)$ 。图1-3中给出了直流电源的符号，如电池。

类似地，有直流电动势 E 和交变电动势 $e(t)$ ，在国际单位制中，电动势单位是伏特。

5. 电压的测量

测量电压的方法和仪表众多，但最基本的方法是用电压表。测量直流电压的仪表，叫

直流电压表, 简称“电压表”, 以— V —, — KV —和— mV —表示, 分别叫做伏特表、(千伏)电压表、毫伏表。测量交流电压的仪表, 叫做交流电压表, 通常在仪表上加“~”, 符号表示, 如— V —, — KV —和— mV —。电压表只能和被测电路并联。

三、电路中的功率和能量

在电路中, 电场力或非电场力驱动电荷做功, 并完成电能和其他形式能量的相互转换。而电荷移动形成电流, 故常说电流做功。电流做功的功率称作电流的功率。

1. 电流的功率

由式(1-2)可知, 在电路中, 电流的功 $W = uq$, 那么电流流过一段电路或元件的功率可以用电压 $u(t)$ 和电流 $i(t)$ 表示, 即

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = u(t) \cdot i(t) \quad (1-4)$$

并称为瞬时功率 $p(t)$ 。

式中, 电压单位是伏特, 电流单位是安培, 功率的单位是瓦特, 能量的单位是焦耳。在直流电流做功的情况下, 功率表示为直流电压和直流电流的乘积, 即

$$P = UI \quad (1-5)$$

注意: 式(1-4)的和式(1-5)中已包含了电压和电流同方向的要求, 这一点从式(1-2)的定义可以看出。

由图1-3可知, 对于电源, 若记其两端电压为 $U_s = U_{ab}$, 其产生的功率为 $P = -U_s I$ (负号表示电流 I 和电压 U_s 的方向相反)。但电动势 $E = +U_s$, 所以有

$$-EI = -U_s I \quad (1-6)$$

对于外电路, 电流 I 和电压 U_{ab} 的方向相同, 电流 I 在外电路消耗的功率 $P = IU_{ab}$ 。

2. 电流的功——电能的计算

由式(1-4)的可知, 在一段时间 t 内, 电流通过一段电路或元件, 所吸收(或释放、产生)的电能为

$$W(t) = \int_0^t p d\tau \quad (1-7)$$

$$\text{或} \quad W(t) = \int_0^t u \cdot i d\tau \quad (1-8)$$

于是, 在一段时间 t 内的平均功率 P , 可按下式计算

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1}{t} \int_0^t p(\tau) d\tau = \frac{1}{t} \int_0^t u(\tau) i(\tau) d\tau \quad (1-9)$$

顺便指出, 在电工学中, 电能的单位也常用千瓦时(kWh)表示, 1千瓦时就是指1千瓦功率的设备, 使用1小时所消耗的电能; 同样, 100瓦的灯泡, 工作10小时所消耗的电能

也就是1千瓦时。1千瓦时俗称1度电。

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} \quad (1-10)$$

第二节 电流和电压的参考方向

一、电流、电压和电动势的参考方向

在分析较复杂的电路时，很难事先判断其各处电流的真实方向，以及各段电路两端的电压的真实极性，有时电流的实际方向和电压的真实极性还在不断改变。因此，往往先假设一个电流方向或者电压极性，称为电流或电压的“参考方向”。当实际方向与参考方向一致时，相应的电流或电压为正值，反之为负值（图1-4和图1-5）。

对于电动势来讲，同样可以选定它的参考方向，以此来确定电源电动势的正负。

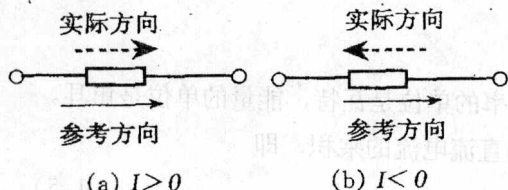


图1-4 电流的参考方向与实际方向的关系

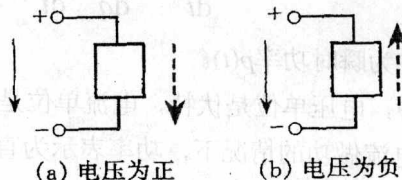


图1-5 电压的参考方向（实线箭头表示）与实际方向（虚线箭头表示）的关系

二、关联参考方向

为了使电路的分析更为简便，常采用“关联参考方向”，即把电路元件上电压的参考方向和电流的参考方向取为一致，也就是说，让电流的参考方向是使电流从电压的参考极性为“+”的一端流入，从参考极性为“-”的一端流出。在采用关联参考方向时，电路图上可以只标出电压、电流中任意一参考方向即可。

采用关联参考方向后，若算得的功率 $p=ui>0$ ，元件为吸收（即消耗）功率；若 $p<0$ ，则为产生功率。若电压电流采用非关联参考方向，仍规定吸收功率时 p 为正，元件产生功率时， p 为负，则计算功率的公式应为

$$p = -ui \quad (1-11)$$

或
$$P = -UI \quad (1-12)$$

可见，采用关联参考方向，计算公式的形式和使用要简便得多。

对于电路分析，参考方向是十分重要的，必须养成分析电路时先标参考方向的习惯。

例1-2 计算图1-6中各元件的功率？

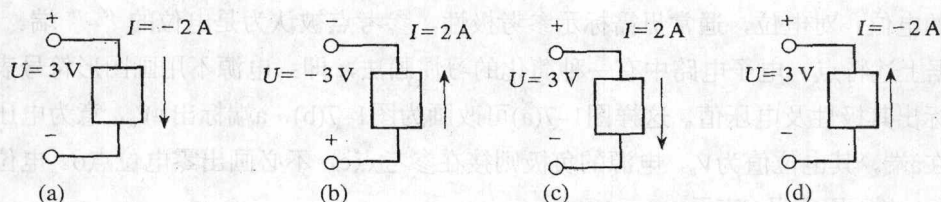


图1-6 电压电流参考方向与功率的计算

解 图1-6(a)中, 电压电流采用关联参考方向, 可以只标出一个。由 $P=UI$, 得

$$P=3 \times (-2) = -6 \text{ W}$$

功率 P 为负, 实际上该元件产生功率。

图1-6(b)中, 电压电流亦为关联参考方向, 故

$$P = (-3) \times 2 = -6 \text{ W}$$

$P < 0$, 实际上该元件产生功率。

图1-6(c)中, 电压电流亦为关联参考方向, 故

$$P = 3 \times 2 = 6 \text{ W}$$

P 为正, 实际上该元件吸收功率。

图1-6(d)中, 电压电流为非关联参考方向, 故

$$P = -UI = -3 \times (-2) = 6 \text{ W}$$

P 为正, 实际上该元件吸收功率。

图1-6(c)、图1-6(d)中电压电流的实际情况是完全一样的, 实际电位都是上高下低, 实际电流方向都是从上到下, 所以元件吸收功率, 但图1-6(c)采用的是关联参考方向, 图1-6(d)为非关联参考方向, 因此两者计算公式不同, 差一个负号。这样, 最后算得的结果才是相同的。

第三节 电路中电位的计算

电路中某两点之间的电位差, 称为这两点间的电压。电位差与电压表示的是同一个量, 但实际应用中, 特别在分析电子电路中, 往往需要分析、计算电路中某些点的电位, 这样会使问题更简单、明确。譬如对二极管来讲, 只有当它的阳极电位高于阴极电位时才导通, 否则就截止。

在电子电路中常把金属机壳作为导体而把一些应连接在一起的元件分别就近与机壳相联。例如, 图1-7中电源的负极与 R_1 的一端本应相联, 在实际设备中可分别与机壳相联而无需再另用导线。机壳往往也称为“地”, 虽然它并不与大地相连接, 在电路中用符号“ $\perp$ ”表示。在对电子电路进行电压测量时, 为方便计, 常把电压表的“-”端接机壳而以“+”端依次接触电路中各个节点, 测得各节点与机壳间的电压(电表反向偏转记为负值), 即

该节点的电位。对电位，通常毋需标示参考极性，参考点被认为是电位的“-”端。

根据上述特点，电子电路中有一种简化的习惯画法，即：电源不用画图形符号表示而改为只标出其极性及电压值。这样图1-7(a)可改画为图1-7(b)，a端标出 $+V_a$ ，意为电压源的正极接在a端，其电位值为 V_a ，电源的负极则接在参考点c，不必画出零电位点o。电位用字母V表示，电压用字母U表示。

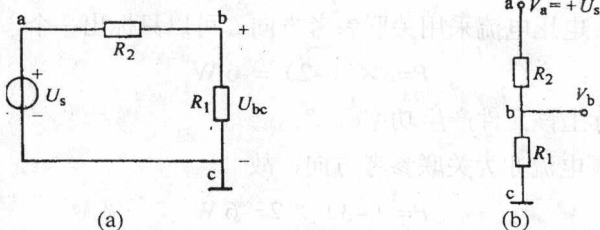


图1-7 用电位表示电路

实际应用中，当电路有接地点时，则以大地为零电位点，用“ $\perp$ ”表示。一个电路只能选定一个参考点，此时，电路中各点的电位只有惟一的数，即某点电位具体到在同一电路中具有单值性。

例1-3 在图1-8电路中，已知 $U_{s1}=30\text{ V}$ ， $U_{s2}=6\text{ V}$ ， $U_{s3}=12\text{ V}$ ； $R_1=2.5\ \Omega$ ， $R_2=2\ \Omega$ ， $R_3=0.5\ \Omega$ ， $R_4=7\ \Omega$ ，假定电流参考方向如图，以d点为参考点，求各点电位和 U_{ab} ， U_{bc} 与 U_{da} 。

解 据欧姆定律

$$I = \frac{U_{s1} - U_{s2} + U_{s3}}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(30 - 6 + 12)\text{V}}{(2.5 + 2 + 0.5 + 7)\Omega} = 3\text{ A}$$

因以d点为参考点；则 $V_d=0\text{ V}$

$$V_l = -IR_1 = -3\text{ A} \times 2.5\ \Omega = -7.5\text{ V}$$

$$V_a = V_l + U_{s1} = -7.5\text{ V} + 30\text{ V} = 22.5\text{ V}$$

$$V_m = V_a - IR_2 = 22.5\text{ V} - 3\text{ A} \times 2\ \Omega = 16.5\text{ V}$$

$$V_b = V_m - U_{s2} = 16.5\text{ V} - 6\text{ V} = 10.5\text{ V}$$

$$V_n = V_b - IR_3 = 10.5\text{ V} - 3\text{ A} \times 0.5\ \Omega = 9\text{ V}$$

$$V_c = V_n + U_{s3} = 9\text{ V} + 12\text{ V} = 21\text{ V}$$

验证： $V_d = V_c - IR_4 = 21\text{ V} - 3\text{ A} \times 7\ \Omega = 0\text{ V}$ ，证明以上计算正确。

$$U_{ab} = V_a - V_b = 22.5\text{ V} - 10.5\text{ V} = 12\text{ V}$$

$$U_{bc} = V_b - V_c = 10.5 \text{ V} - 21 \text{ V} = -10.5 \text{ V}$$

$$U_{da} = V_d - V_a = 0 \text{ V} - 22.5 \text{ V} = -22.5 \text{ V}$$

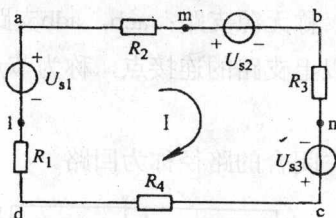


图1-8

例1-4 在图1-9(a)所示电路中, 在开关S断开和闭合的两种情况下试求A点的电位。

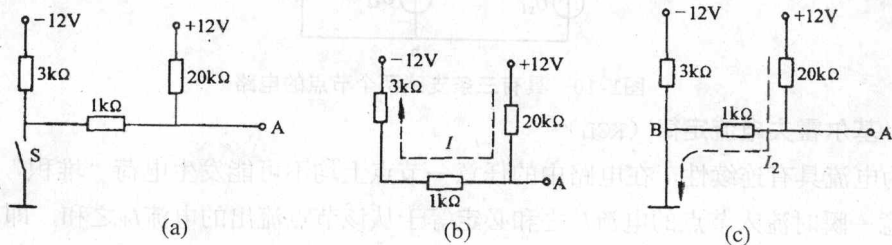


图1-9

解 (1) S断开时, 电路可画成b图。设电流 I 方向如图, 由欧姆定律得

$$I = \frac{12 \text{ V} - (-12 \text{ V})}{(3+1+20) \text{ k}\Omega} = 1 \text{ mA}$$

A点电位为 $V_A = 12 \text{ V} - 1 \text{ mA} \times 20 \text{ k}\Omega = -8 \text{ V}$

(2) S闭合时, 电路可画成c图。设电流 I_2 方向如图。

$$V_B = 0 \text{ V} \quad I_2 = \frac{(12-0) \text{ V}}{(20+1) \text{ k}\Omega} = 0.57 \text{ mA}$$

$$V_A = V_B + I_2 \times 1 \text{ k}\Omega = 0 + 0.57 \text{ mA} \times 1 \text{ k}\Omega = 0.57 \text{ V} \approx 0.6 \text{ V}$$

或 $V_A = 12 \text{ V} - I_2 \times 1 \text{ k}\Omega = 12 \text{ V} - 0.57 \text{ mA} \times 20 \text{ k}\Omega = 0.6 \text{ V}$

第四节 基尔霍夫定律及应用

在物理学中, 讨论简单电路时, 我们用两条原理, 即基于电荷守恒的电流连续性原理和基于能量守恒的电位单值性原理, 以确定各元件的电压或电流之间的关系。

如果我们把要讨论的问题推广到更一般的情况, 要确定电路中各个元件上的电压或电流之间的平衡约束关系, 依据的基础仍是上述两条原理。然而为了满足电路分析的需要, 则以电路定律的形式来描述, 这就是基尔霍夫定律。

在叙述基尔霍夫定律之前，先结合图1-10所示电路介绍几个电路的名词。

(1) 支路 电路中通过同一电流的每个分支称为支路。图1-10中，aeb, acb, adb均是支路。其中aeb支路不含电源，称无源支路；acb, adb支路含有电源，称为有源支路。

(2) 节点 三条或三条以上支路的连接点，称为节点，图1-10中，共有两个节点，a节点和b节点。

(3) 回路 电路中任意一闭合的路径称为回路。

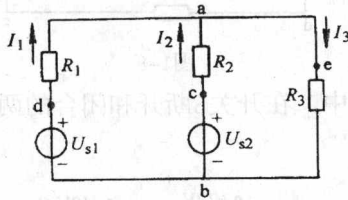


图1-10 具有三条支路两个节点的电路

一、基尔霍夫电流定律 (KCL)

因为电流具有连续性，在电路中的任意一节点上均不可能发生电荷“堆积”现象，所以在任意一瞬时流入节点的电流 $I_{\text{入}}$ 之和必定等于从该节点流出的电流 $I_{\text{出}}$ 之和，即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-13)$$

这一关系，称为基尔霍夫电流定律，通常又称基尔霍夫第一定律，简称为KCL。

在图1-10中，设 I_1 , I_2 , I_3 的电流正方向如图，对节点a得

$$\sum I_{\text{入}} = I_1 + I_2 \quad \sum I_{\text{出}} = I_3$$

由KCL可得 $I_1 + I_2 = I_3$

或 $I_1 + I_2 - I_3 = 0$

式(1-13)可写成 $\sum I = 0$

(1-14)

所以基尔霍夫电流定律还可以表述为：在任意一瞬时，通过任意一个节点上电流的代数和恒等于零。

例1-5 在图1-11所示的电路中，已知 $I_3 = -3 \text{ mA}$, $I_2 = -2 \text{ mA}$, $I_4 = 4 \text{ mA}$, $I_5 = -3 \text{ mA}$ ，试求 I_3 。

解 A, B两点可看成二个节点，但实际可合二为一。由KCL可列出以下方程

$$I_5 + I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

则

$$I_3 = I_5 + I_1 - I_2 - I_4$$

$$= [-3 + 3 - (-2) - 4] \text{ mA} = -2 \text{ mA}$$