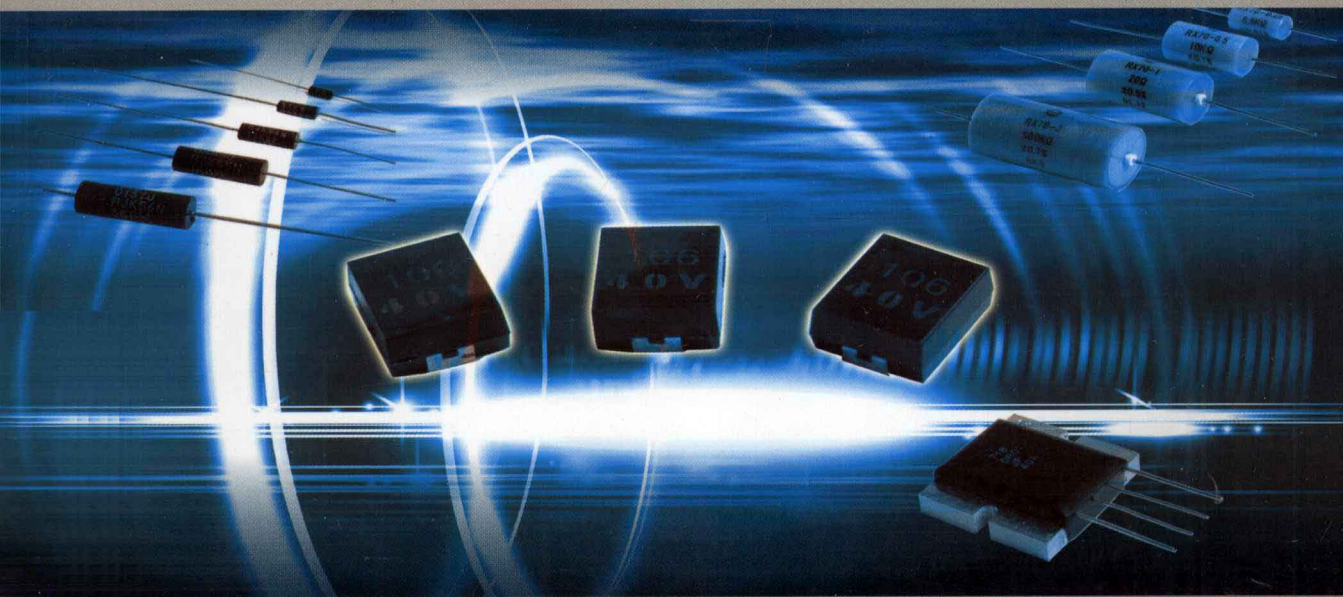


高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

电工技术与实训

主编 汪涛 何铁男



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

电工技术与实训

主 编	汪 涛	何铁男		
副主编	杜月丽	何 旭	吴晓莉	
编 者	奚 洋	王 博	楚微玮	
主 审	张业明			

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

全书共分9章,第1章为直流电路的基本概念及基本定律,第2章为直流电路的分析方法,第3章为正弦交流电路,第4章为电路的过渡过程,第5章为三相正弦交流电路,第6章为磁路及变压器,第7章为三相异步电动机及其控制电路,第8章为交流变频调速技术简介,第9章为电工基本常识。

本书可作为高职、高专与成人教育机电类、电子类、电气类、通信类及自动控制类各专业以及非电类专业的教材,也可作为中职、社会培训、考证机构、工程技术人员和相关专业自学考试的教材与参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术与实训/汪涛,何铁男主编. —北京:国防工业出版社,2010.7

高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-06880-1

I. ①电... II. ①汪...②何... III. ①电工技术—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 116630 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 12 字数 270 千字

2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 22.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

电工技术与实训课程是一门实践性很强、覆盖面很广的专业基础课。随着科学技术与国民经济的飞速发展,各学科和专业间互相渗透,许多复合型工程专业都广泛应用电工技术。如机电一体化、数控技术等专业对电工技术的需求越来越迫切,本书主要是为这些高职专业编写的。本书贯彻以培养高职学生实践技能为重点、基础理论与实际应用相结合的指导思想。在编写的过程中力求按照由浅入深、由易到难、由简到繁、循序渐进的顺序,在保证必要的基本理论、基本知识和基本分析方法的基础上,注重实训技能的培养,注重内容的精选,突出重点;讲解上尽量减少理论的推导,力求通俗易懂,着重知识的应用;每章开始部分都编有本章的学习目标,结尾有本章小结,加上典型例题、习题和习题参考答案,同时配有一定数量的实训操作,这些能帮助学习者加深对知识的学习、理解和运用,提高分析问题和解决问题的能力。

本书由汪涛、何铁男担任主编,汪涛负责了全书的规划、组织、审稿和统稿工作,何铁男承担了部分稿件的初审工作,杜月丽、何旭、吴晓莉担任副主编,奚洋、王博、楚微玮作为参编。湖北咸宁职业技术学院副院长张业明副教授任主审,为本书提出了不少宝贵意见。本书在编写过程中得到了以下领导和老师们的大力支持与帮助:咸宁职业技术学院副院长吴高岭教授、方新平副教授、吴涛老师和陈再平老师;白城职业技术学院侯亚波副教授;合肥通用职业技术学院吴秣陵副教授。在此一并表示衷心的感谢。

全书具体编写工作分配如下:咸宁职业技术学院汪涛编写第1章、楚微玮编写第2章中的第1节至第6节和第7节中的第3小节,白城职业技术学院何铁男编写第3章,合肥通用职业技术学院何旭编写第4章和第6章,白城职业技术学院杜月丽编写第5章,咸宁职业技术学院吴晓莉编写第7章、王博编写第8章和第2章第7节中的第2小节、奚洋编写第9章和第2章第7节中的第1小节。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中定有一些疏漏、欠妥和错误之处,敬请读者批评指正。如有问题,请与张永生编辑联系,电子邮箱:zhangyongsheng100@163.com。

编 者

目 录

第1章 直流电路的基本概念及基本定律	1
1.1 电路的基本概念	1
1.1.1 电路与电路模型	1
1.1.2 电路的基本物理量	3
1.1.3 电路基本元件及其特性	8
1.1.4 电路的工作状态	12
1.2 基尔霍夫定律	13
1.2.1 电路结构的基本名词	14
1.2.2 基尔霍夫电流定律(KCL)	14
1.2.3 基尔霍夫电压定律(KVL)	15
1.3 电路的等效变换	16
1.3.1 电阻的串联、并联及其等效变换	17
1.3.2 电压源、电流源及其等效变换	18
1.4 基尔霍夫定律的实训	22
本章小结	24
思考与练习题	25
第2章 直流电路的分析方法	28
2.1 支路电流法	28
2.1.1 支路电流法的概念	28
2.1.2 支路电流法的应用	29
2.2 节点电压法	30
2.2.1 节点电压法的概念	30
2.2.2 节点电压法的应用	31
2.3 叠加定理	32
2.3.1 叠加定理的内容	32
2.3.2 叠加定理的应用	33
2.4 戴维南定理和诺顿定理	34

2.4.1	戴维南定理	35
2.4.2	诺顿定理	36
2.5	最大功率传输定理	37
2.5.1	最大功率传输定理的概念	38
2.5.2	最大功率传输定理的应用	38
2.6	含受控源电路的分析	40
2.7	直流电路的分析方法实训	41
2.7.1	叠加定理的实训	41
2.7.2	戴维南定理的实训	43
2.7.3	最大功率传输定理的测试	45
	本章小结	46
	思考与练习题	47
第3章	正弦交流电路	50
3.1	正弦交流电路的基本概念	50
3.1.1	交流电概述	50
3.1.2	正弦交流电的三要素	51
3.2	正弦量的相量表示法	54
3.2.1	复数及其运算	54
3.2.2	正弦量的相量表示	56
3.2.3	同频率正弦量的相量计算	57
3.3	单一参数的正弦交流电路	58
3.3.1	纯电阻电路	58
3.3.2	纯电感电路	60
3.3.3	纯电容电路	62
3.4	RLC 串联和并联的交流电路	64
3.4.1	RLC 串联交流电路	64
3.4.2	RLC 并联交流电路	69
3.5	功率因数的提高	71
3.5.1	提高功率因数的意义	71
3.5.2	提高功率因数的方法	71
3.5.3	并联电容的选取	72
3.6	谐振电路及应用	73
3.6.1	串联谐振	73
3.6.2	并联谐振	74

3.7 正弦交流电路实训	75
3.7.1 RLC 元件阻抗特性的测定	75
3.7.2 正弦稳态交流电路等效参数的测量	77
本章小结	79
思考与练习题	80
第4章 电路的过渡过程	84
4.1 换路定则	84
4.1.1 换路定则的概念	84
4.1.2 电路初始值的确定	85
4.2 一阶 RC 电路的过渡过程分析	87
4.2.1 RC 电路的时间常数	87
4.2.2 RC 电路的零输入响应	89
4.2.3 RC 电路的零状态响应	89
4.2.4 RC 电路的全响应	91
本章小结	92
思考与练习题	93
第5章 三相正弦交流电路	95
5.1 对称三相交流电源	95
5.1.1 对称三相交流电源的定义	95
5.1.2 三相电源的连接方式	96
5.2 三相负载的连接	98
5.2.1 三相负载的星形连接	98
5.2.2 三相负载的三角形连接	98
5.2.3 三相电路的分析与计算	99
5.3 三相交流电路的功率	100
5.3.1 有功功率	100
5.3.2 无功功率	101
5.3.3 视在功率与功率因数	101
5.3.4 对称三相电路的瞬时功率	102
5.4 三相正弦交流电路实训	103
5.4.1 三相交流电路电压、电流的测量	103
5.4.2 三相负载的功率测量	105
本章小结	106

思考与练习题	108
第6章 磁路及变压器	110
6.1 磁路的基本物理量	110
6.1.1 磁路	110
6.1.2 磁路的基本物理量	111
6.2 磁路的基本定律	112
6.3 变压器	113
6.3.1 变压器的结构与工作原理	113
6.3.2 变压器的运行特性	116
6.3.3 特殊变压器	118
6.4 变压器常见故障与检测	119
6.5 磁路及变压器实训	120
6.5.1 互感电路的观测	120
6.5.2 互感电路的应用——单相变压器参数的测定	123
本章小结	125
思考与练习题	126
第7章 三相异步电动机及其控制电路	128
7.1 三相异步电动机	128
7.1.1 三相异步电动机的构造	128
7.1.2 三相异步电动机的转动原理	130
7.1.3 三相异步电动机的铭牌数据	132
7.1.4 三相异步电动机的选择	133
7.1.5 三相异步电动机的电路分析	134
7.2 低压控制器件	136
7.2.1 按钮	136
7.2.2 刀开关	137
7.2.3 组合开关	137
7.2.4 交流接触器	137
7.2.5 中间继电器	138
7.2.6 热继电器	138
7.2.7 熔断器	139
7.3 三相异步电动机基本控制电路	140
7.3.1 三相异步电动机的直接控制	140

7.3.2 三相异步电动机的正反转控制	142
7.4 单相异步电动机	143
7.4.1 电容分相式单相异步电动机	143
7.4.2 罩极式单相异步电动机	144
7.5 三相异步电动机及其控制电路实训	145
7.5.1 三相异步电动机长动控制实训	145
7.5.2 三相异步电动机正反转控制实训	146
本章小结	147
思考与练习题	148
第8章 交流变频调速技术简介	150
8.1 变频器概述	150
8.1.1 变频器的结构和工作原理	150
8.1.2 变频器电路组成	152
8.2 变频器的选型和注意事项	154
8.2.1 通用变频器的选型	154
8.2.2 变频器使用注意事项	155
本章小结	156
思考与练习题	156
第9章 电工基本常识	158
9.1 常用电工材料	158
9.1.1 常用导电材料	158
9.1.2 绝缘材料	160
9.1.3 磁性材料	162
9.1.4 导线	163
9.2 常用电工工具和仪表	164
9.2.1 常用电工工具	164
9.2.2 常用电工仪表	167
9.3 安全用电常识	171
9.3.1 触电的危害	171
9.3.2 常见触电事故	171
9.3.3 触电事故的处理	172
9.3.4 常用防触电措施	174
本章小结	176

思考与练习题.....	177
附录 部分习题参考答案	178
参考文献.....	182

第1章 直流电路的基本概念及基本定律

【学习目标】

1. 理解和掌握电路的基本物理量以及电压与电流参考方向的意义。
2. 理解和掌握电阻、电容、电感等基本元件及其伏安特性。
3. 理解和掌握基尔霍夫定律及其应用。
4. 了解电路的有载工作、开路与短路状态。
5. 掌握电阻以及实际电压源与电流源的等效变换。
6. 探究基尔霍夫定律,掌握相关实训技能。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路与电路模型

1. 电路的组成及其功能

1) 电路的组成

在实际生产和生活中,常常需要将机械能、热能、化学能、原子能等非电形式的能量转换为电能,又需要将电能转换为其他形式的能量。在电路理论中,将实现这些能量转换的元器件称为电路元件,前者通常称为电源或信号源,后者通常称为负载。将电路元器件以及开关等控制元件用连接线按一定方式连接起来构成的电流通路称为电路。利用电路可以实现电能的传递、控制和处理等功能。

电路由电源、负载和中间环节三部分组成。图1-1所示为一个简单的白炽灯电路,图中,干电池是电源,它将化学能转变成电能;白炽灯为负载,它将电能转变成光能和热能;开关是控制元件,它控制电路的接通与断开,连接导线起传输电能的作用,开关和连接导线称为中间环节。

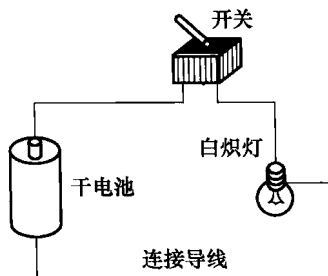


图1-1 白炽灯电路

2) 电路的功能

电路按其功能可分为两大类。

第一类是实现能量产生、传输与分配的电路,其典型的例子是电力系统的输电线路。在电力电路中发电厂将各种不同形式的能量(热能或水的势能或原子能或光能等)转变成电能;负载将电能转变为机械能或光能或热能等;中间环节(如变压器、高低压输电线路)起控制、传输和分配电能以及保护电路中电器设备的作用。

第二类是实现信息传递与处理的电路,在这类电路中,电源提供的能量极为有限,一般只能用作信号,常称信号源,又称激励;起负载作用的是各种终端设备(如收音机的扬声器、电话系统的电话机等)。在这类电路中,传递的是各种信息,电路的输出信号又称响应。此类电路的中间环节往往比较复杂,主要起信号的处理、放大、传输和控制等作用。

2. 电路模型

构成电路的设备、元器件和导线的电磁性质都比较复杂,不便于分析与计算,同时按照实物绘制电路是非常烦琐的。因此,为了分析电路的方便,在一定条件下往往忽略实际器件的次要因素,按其主要因素将其理想化,从而得到一系列理想化元件(也称为模型)。

几种常见的理想化元件,如图 1-2 所示。

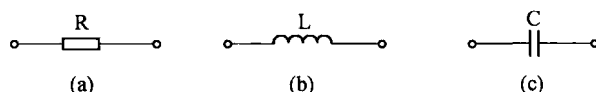


图 1-2 常见的理想化元件

(a) 理想电阻模型符号; (b) 理想电感模型符号; (c) 理想电容模型符号。

(1) 理想电阻元件:只消耗电能,如电阻器、灯泡、电炉等,可以用理想电阻来反映其消耗电能的这一主要特性。

(2) 理想电感元件:只储存磁场能,如各种电感线圈,可以用理想电感来反映其储存磁场能的特征。

(3) 理想电容元件:只储存电场能,如各种电容器,可以用理想电容来反映其储存电场能的特征。

用理想化元件表示实际元件,并按实际电路的连接方式连接起来的电路图称为电路模型。

图 1-1 的电路模型如图 1-3 所示,图中理想电压源 E 表示干电池的电动势, R_0 表示电池的内阻, R_L 表示白炽灯泡, S 表示开关,连接元件的细实线是理想导线。

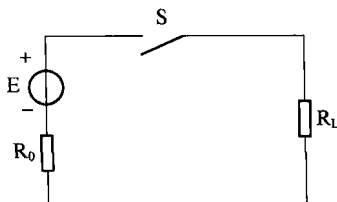


图 1-3 最简单的电路模型

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流

1) 电流的形成

在电场力的作用下,电荷有规则地定向移动,就形成了电流。在金属导体中,电流是自由电子有规则的运动形成的;在某些液体和气体中,电流是正、负离子有规则的运动形成的。

2) 电流的大小

电流的强弱用电流强度来描述,简称为电流。单位时间内通过导体横截面的电荷量称为电流强度。设 dt 时间内通过导体横截面的电荷为 dq ,则电流 i 表示为

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

电流可以是恒定的,也可以是随时间变化的。大小和方向都不随时间变化的电流称为恒定电流,简称直流,用 I 表示。大小和方向都随时间变化的电流,称为交流电流,用 i 表示。

3) 电流的单位

在国际单位制(SI)中,电荷的单位是 C(库仑),时间的单位是 s(秒),电流的单位是 A(安培,简称安),电流的常用单位还有 mA(毫安)和 μA (微安)等,它们的换算关系为

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

4) 电流的方向

电流的实际方向:正电荷的定向移动的方向规定为电流的实际方向。

电流的参考方向:在复杂的电路中,通常某一段电路的实际电流方向是难以确定的,在交流电路中电流的实际方向又是随时间变化的,也难以确定其真实方向。为了分析问题的方便,于是引入了参考方向来解决这一问题,即人为设定某一段电路电流的正方向,这种人为设定的电流的正方向称为电流的参考方向。

引入电流的参考方向后,实际中通常用箭头在电路图上标出电流的参考方向。当电流的实际方向与参考方向一致时,电流值为正值,即 $i > 0$;当电流的实际方向与参考方向相反时,电流值为负值,即 $i < 0$ 。电流的参考方向确定后,电流才有正负之分。电流的参考方向与实际方向的关系如图 1-4 所示,图中实线方向为参考方向,虚线方向为真实方向。

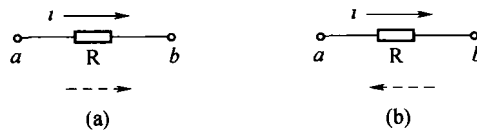


图 1-4 电流的参考方向与实际方向
(a) $i > 0$; (b) $i < 0$ 。

实际中,还可以用双下标表示电流的参考方向,如 i_{ab} 表示电流的参考方向从 a 指向 b ,显然 $i_{ab} = -i_{ba}$ 。

在没有标明参考方向的情况下,讨论电流的正负毫无意义。本书电路图上所标出的电流方向都是指参考方向。

例 1.1.1 在图 1-5 所示的电路中,各电流的参考方向已经设定,已知 $I_1 = 6\text{A}$, $I_2 = -1\text{A}$, $I_3 = 5\text{A}$ 。试确定 I_1 、 I_2 和 I_3 的实际方向。

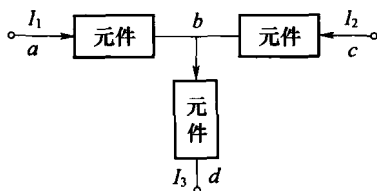


图 1-5 例 1.1.1 电路图

解 如图 1-5 所示:

$I_1 = 6\text{A} > 0$, 故 I_1 的实际方向与参考方向相同, 即 I_1 的实际方向由 a 点流向 b 点。

$I_2 = -1\text{A} < 0$, 故 I_2 的实际方向与参考方向相反, 即 I_2 的实际方向由 b 点流向 c 点。

$I_3 = 5\text{A} > 0$, 故 I_3 的实际方向与参考方向相同, 即 I_3 的实际方向由 b 点流向 d 点。

2. 电压

1) 电压的定义

电压是衡量电场做功能力的物理量, 两点之间的电位差即是两点间的电压。从电场力做功的概念来定义: 电压就是将单位正电荷从电路中一点 a 移至电路中另一点 b 的过程中电场力做功的大小, 如图 1-6 所示, 用符号 u_{ab} 表示。设正电荷 dq 从电路中的 a 点移至 b 点电场力做功为 dW , 则 a 、 b 间的电压为

$$u_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad (1-2)$$

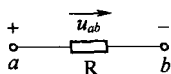


图 1-6 电压定义示意图

如果电压的大小和极性都不随时间而改变, 这样的电压称为恒定电压或直流电压, 用符号 U 表示。

如果电压的大小和方向都随时间变化, 则称为交流电压, 用符号 u 表示。

2) 电压的单位

在国际单位制 (SI) 中, 电压的单位是 V (伏特, 简称伏), 电压常用的单位还有 kV (千伏)、 mV (毫伏) 和 μV (微伏), 其换算关系为

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}, 1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}, 1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}.$$

3) 电压的方向

实际方向: 指的是电路中电位真正降低的方向。

参考方向: 就是假设的电位降低的方向, 在电路图中用“+”、“-”号表示, “+”号表示高电位端或正极, “-”号表示低电位端或负极, 如图 1-6 所示; 也可以用带下脚标的字母表示, 如电压 u_{ab} , a 表示电压参考方向的正极性端, b 表示电压参考方向的负极性端。

电压参考方向还可以用一个箭头表示,如图 1-6 所示,箭头方向表示电压的方向,即箭头的始端表示高电位端,箭头的尾端表示低电位端。

在设定电压参考方向后,如果计算得出电压值为正,即 $u > 0$,则说明电压的实际方向与它的参考方向一致;若电压值为负值,即 $u < 0$,则说明电压的实际方向与它的参考方向相反。同样,在未标电压参考方向的情况下,讨论电压的正负也是毫无意义的。

3. 电压、电流的关联参考方向

为了分析电路的方便,对一个元件或一段电路,常指定其电流从电压的“+”极性端流入,“-”极性端流出,这种电流和电压取一致的参考方向,叫做关联参考方向,如图 1-7(a)所示;反之则为非关联参考方向,如图 1-7(b)所示。



图 1-7 电压与电流的参考方向
(a) 关联参考方向; (b) 非关联参考方向。

参考方向是分析电路的前提,各种关系式都是在一定参考方向下进行的,电路方程是以参考方向作为标准而建立起来的,若参考方向不同,其电路方程和计算结果也不一样,因此参考方向一旦选定就不要随意更改。

4. 电位

在分析和计算电路时,通常指定电路中的某点为参考点,而将电路中其他各点至参考点之间的电压称为该点的电位(参考点的电位为零)。也就是把单位正电荷从电路中某点移到参考点时电场力所做的功称为该点的电位,用大写字母 V 表示。

为了确定电路中各点的电位,就必须在电路中选择参考点,参考点可以任意选定,但一旦选定,就必须以此为标准,对于一个电路而言,参考点只能有一个。参考点的电位为零电位,常用符号“ $\perp$ ”来标示,比该点高的电位为正,比该点低电位为负。

电位的单位与电压相同,用 V (伏特)表示。

如果已知 a 、 b 两点的电位分别为 V_a 、 V_b ,则 a 、 b 两点间的电压为

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-3)$$

利用电位的概念,可以简化电子线路的作图。在一个直流电路中,习惯于选择直流电源的一端作为参考点,这样电源另一端的电位就是一个确定值,作图时可以不画电源,只在简化电路中标出参考点和已经确定的电位值即可。图 1-8 所示就是电子线路的一般画法与习惯画法。

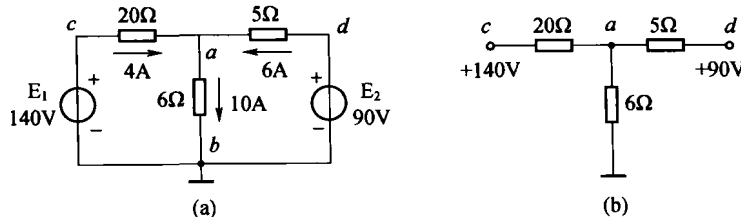


图 1-8 电子线路的一般画法与习惯画法
(a) 一般画法; (b) 习惯画法。

例 1.1.2 如图 1-8 所示,试分别以 a 、 b 作为参考点,求电路中各点的电位 V_a 、 V_b 、 V_c 、 V_d 以及电压 U_{ab} 、 U_{cb} 和 U_{db} 。

解 若以 a 为参考点,则 $V_a = 0V$

$$V_b = U_{ba} = -10 \times 6 = -60V$$

$$V_c = U_{ca} = 4 \times 20 = 80V$$

$$V_d = U_{da} = 6 \times 5 = 30V$$

$$U_{ab} = 10 \times 6 = 60V$$

$$U_{cb} = E_1 = 140V$$

$$U_{db} = E_2 = 90V$$

若以 b 为参考点,则 $V_b = 0V$

$$V_a = U_{ab} = 10 \times 6 = 60V$$

$$V_c = U_{cb} = E_1 = 140V$$

$$V_d = U_{db} = E_2 = 90V$$

$$U_{ab} = 10 \times 6 = 60V$$

$$U_{cb} = E_1 = 140V$$

$$U_{db} = E_2 = 90V$$

由上例可知,电路中电位值是相对的,各点的电位数值会随所选参考点的不同而改变,但是电路中任意两点之间的电压数值是固定的,不会因参考点的不同而改变,即与零电位参考点的选取无关。

5. 电功率和能量

1) 电功率的定义

单位时间内某段电路吸收或释放的电能为该段电路的电功率,简称功率,即

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

式中: dW 为该段电路吸收或释放的电能; dt 为吸收或释放电能所需的时间。

在国际单位制(SI)中,电功率的单位是 W(瓦特),常用单位还有 kW(千瓦)、mW(毫瓦)等。

电路吸收电能也称其吸收电功率,而释放电能也称其发出电功率。实用中常用 $kW \cdot h$ (度或千瓦时)作为电能的单位, $1kW \cdot h = 1度 = 1000W \times 3600s = 3.6 \times 10^6 J$ 。

2) 功率与电压和电流的关系

如图 1-7(a)所示电路元件的 u 和 i 为关联方向,由于 $u = \frac{dW}{dq}$, $i = \frac{dq}{dt}$

故电路吸收电功率为

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

在直流电路中

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

对电阻来说,由欧姆定律可得电阻上消耗的电功率为

$$P = U^2/R = I^2/R \quad (1-7)$$

直流电路中电路的总功率等于各个电阻的功率之和,即

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_n \quad (1-8)$$

功率为标量,其数值的正、负表示相应的电路(或元件的)性质,即该电路是吸收还是发出功率。

当 u 和 i 为关联方向时,用 $p = ui$ 计算功率,当 $p > 0$ 时,表示元件吸收(消耗)功率,是负载;当 $p < 0$ 时,表示元件发出功率,是电源。

当 u 和 i 为非关联方向时,如图 1-7(b)所示,一般用 $p = -ui$ 计算,当 $p > 0$ 时,表示元件吸收(消耗)功率,是负载;当 $p < 0$ 时,表示元件发出功率,是电源。

另外也用以下方法判断是电源还是负载:若 u 与 i 的实际方向相反,电流从“+”端流出,则输出功率,为电源;若 u 和 i 的实际方向相同,电流从“+”端流入,则吸收功率,为负载。

3) 能量的计算

(1) 电功。若一段电路的 u 和 i 已知时,在关联参考方向下,该段电路在 $t_1 \sim t_2$ 的时间内所吸收的能量为

$$W = \int_{t_1}^{t_2} p \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} uidt \quad (1-9)$$

若 $W = \int_{t_1}^{t_2} uidt \geq 0$, 则称该段电路是无源的,否则是有源的。

在直流电路中,当元件上的电压和电流分别为 U 和 I ,则在 t 时间内,该元件吸收的能量为

$$W = Pt = UIt \quad (1-10)$$

(2) 电流的热效应。当电流通过导体时,导体的温度会升高,这是因为导体吸收电能并转换为热能的缘故,这种现象叫作电流的热效应,根据焦耳定律可知,导体中产生的热能为

$$Q = I^2 Rt \quad (1-11)$$

在国际单位制(SI)中,电功和热能的单位为 J(焦耳,简称为焦)。

如白炽灯、电烙铁、电饭锅等电器都是使用电流热效应原理工作的。但是,对于不是以发热为目的的电力设备,电流通过导体产生的热量,不仅会造成能量的损耗,严重时可能导致设备的损坏,因此应尽量减少其热能损耗。

6. 额定值

额定值是制造厂为了使产品能在给定的工作条件下正常运行而规定的正常允许值。这个允许值主要指的是电压、电流、功率的允许值,其余还有工作温度等。若使用时,超过额定值,则会损坏电气设备;若使用时电压和电流远低于额定值,则又得不到正常合理的工作情况,而且也不能充分利用设备的能力。所以我们在使用时,一定要充分考虑额定值。

额定电压用 U_N 表示,额定电流用 I_N 表示,额定功率用 P_N 表示。一般电气设备或元件的额定值标在铭牌上(故有时也称为铭牌值)或写在说明书上。