



全国高职高专机电工程教育“十一五”规划教材

国家示范性高等职业院校核心专业精品课教材



机电工程系列

电工与电子技术基础

主编 郭亚红 司新生

西北工业大学出版社

全国高职高专机电工程教育“十一五”规划教材
国家示范性高等职业院校核心专业精品课教材

电工与电子技术基础

主 编	郭亚红	司新生	
副主编	王东辉	范江波	
编 委	郭亚红	司新生	王东辉
	范江波	付保英	胡瑞玲
	王振杰		



西北工业大学出版社
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

【内容简介】 本书共分 11 章,内容包括直流电路,正弦交流电路,磁路与变压器,三相异步电动机,安全用电,半导体二极管,半导体三极管及基本放大电路,集成运算放大电路,直流稳压电源,门电路和组合逻辑电路,触发器与时序逻辑电路等。全书安排了 11 个实践性很强的实训,每章有配套的习题,并提供部分习题答案。

本书可作为高职高专机电类专业教材,还可作为相关人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础/郭亚红,司新生主编. —西安:西北工业大学出版社,2009.8

全国高职高专机电工程教育“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5612 - 2583 - 7

I. 电… II. ①郭…②司… III. ①电工技术②电子技术 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 144247 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西宝石兰印务有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:18.75

字 数:456 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价:30.00 元

前 言

本书根据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学的基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》编写。编者根据自己多年的教学经验,结合高职高专教学的特点和要求,借鉴、吸取了同类教材的特色及优点。在编写过程中,努力适应高职高专职业教育的需要,贯彻科学、适用、通用的编写思想,力求降低理论深度、强化基本概念、注重实际应用。

(1)坚持以能力为本,重视实践能力的培养,突出职业教育的特色,合理确定学生应具备的能力结构和知识结构,对教材内容的广度、难度和深度作了较大的调整。

(2)遵循“必需、够用”的原则,侧重元器件的外特性应用,以加强学生实际能力的培养。

(3)整个内容不拘于形式,以知识面宽而浅且实用为宗旨,反映生产领域的新技术、新方法。

(4)教材内容形成模块化形式,便于教师根据需求对教学内容进行调整,为教师进行项目教学提供帮助。

本书由郭亚红、司新生担任主编,并由郭亚红对全书统稿定稿。具体编写分工如下:郭亚红编写了第5,8章及第5,8章答案和实训5,8;王振杰编写了第1章及第1章答案和实训1;司新生、范江波编写了第2,3,4章及第2,3,4章答案;胡瑞玲编写了第10,11章及第10,11章答案;付保英编写了第9章和第9,11章答案及实训2,3,4,9,10,11;范江波、河南职业技术学院王东辉编写了第6,7章及第6,7章答案和实训6,7。

由于编者水平所限,书中有不足之处,敬请使用本书的师生与读者批评指正,以便修订时改进。

编 者

2009年5月

目 录

第1章 直流电路	1
1.1 电路的组成及基本物理量	1
1.2 电路元件及伏安关系	6
1.3 电压源和电流源及其等效变换	10
1.4 基尔霍夫定律	14
1.5 电路中电位的计算	18
1.6 支路电流法	21
1.7 叠加定理和戴维南定理	22
1.8 最大功率传输定理	25
本章小结	27
习题	28
实训1 万用表的使用	34
第2章 正弦交流电路	38
2.1 正弦交流电的基本知识	38
2.2 单一参数正弦交流电路	43
2.3 正弦交流电路的分析	50
2.4 三相正弦交流电路	61
本章小结	72
习题	74
实训2 日光灯电路及功率因数的提高	77
第3章 磁路与变压器	81
3.1 磁路的基本知识	81
3.2 变压器	86
本章小结	95
习题	96
实训3 变压器的使用	96

第4章 电动机	100
4.1 三相异步电动机的结构和工作原理	100
4.2 三相异步电动机的运行	107
4.3 三相异步电动机的铭牌和选择	111
本章小结	113
习题	114
实训4 三相异步电动机的使用	114
第5章 安全用电	118
5.1 触电基本知识	118
5.2 保护接地与保护接零	121
5.3 雷电的危害与防护	122
5.4 静电的危害与防护	122
本章小结	124
习题	124
实训5 触电急救措施	124
第6章 半导体基本知识	127
6.1 半导体及PN结	127
6.2 半导体二极管	132
6.3 二极管基本电路及其应用	134
6.4 特殊二极管	137
本章小结	139
习题	139
实训6 示波器的使用	140
第7章 半导体三极管及基本放大电路	148
7.1 半导体三极管	148
7.2 场效应晶体管	153
7.3 基本交流电压放大电路	159
7.4 分压式偏置放大电路	165
7.5 阻容耦合放大电路	170
7.6 共集电极放大电路	172
7.7 功率放大电路	175
7.8 放大电路中的负反馈	180
本章小结	185
习题	185

实训 7 常用半导体器件的识别与检测	186
第 8 章 集成运算放大电路	189
8.1 集成运算放大器简介	189
8.2 基本运算电路	193
8.3 电压比较器	200
本章小结	203
习题	203
实训 8 集成运算放大器应用电路的连接与测试	204
第 9 章 直流稳压电源	209
9.1 二极管的整流电路	209
9.2 滤波电路	213
9.3 稳压电路	216
9.4 集成稳压电源	224
本章小结	226
习题	226
实训 9 直流稳压电源的制作	227
第 10 章 门电路和组合逻辑电路	233
10.1 数字电路概述	233
10.2 门电路	238
10.3 常用组合逻辑器件	244
本章小结	255
习题	256
实训 10 组合逻辑电路的设计与测试	257
第 11 章 触发器与时序逻辑电路	261
11.1 集成触发器	261
11.2 计数器	268
11.3 寄存器	273
11.4 集成 555 定时器	276
本章小结	281
习题	282
实训 11 集成 555 定时器的应用	284
参考答案	286
参考文献	292

第 1 章 直流电路

本章首先介绍了电路的基本物理量及基本电路元件,讨论了电压源与电流源的等效变换,研究与电路连接方式有关的基本规律——基尔霍夫定律,学习叠加定理与戴维南定理等。这些内容是学习电工技术和电子技术的基础,掌握好这部分的知识,可以为后面的学习打下坚实的基础。

1.1 电路的组成及基本物理量

1.1.1 电路的组成

电路是各种电器元件按一定的方式连接起来的总体。在日常生活和生产实践中,电路无处不在。从电视机、电冰箱、计算机到自动化生产线,都体现了电路的存在。

最简单的电路实例是图 1.1 所示的手电筒电路:用导线将电池、开关、白炽灯连接起来,为电流流通提供了路径。电路一般由三部分组成:一是提供电能的部分,称为电源;二是消耗或转换电能的部分,称为负载;三是连接及控制电源和负载的部分,如导线、开关等,称为中间环节。

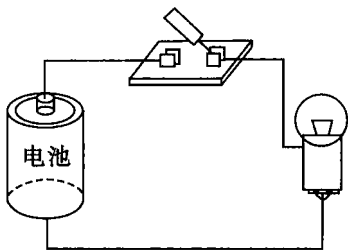


图 1.1 手电筒电路

一个实际元件在电路中工作时,所表现的物理特性不是单一的。例如,一个实际的线绕电阻当有电流通过时,除了对电流呈现阻碍作用之外,还在导线的周围产生磁场,因而兼有电感器的性质。所以直接对实际元件和设备构成的电路进行分析和研究往往很困难,有时甚至不可能。

为了便于对电路进行分析和计算,常把实际元件近似化、理想化,在一定条件下忽略其次要性质,用足以表征其主要特征的“模型”来表示。例如,“电阻元件”就是电阻器、电烙铁、电炉等电路元器件的理想化元件,即模型。在低频电路中,这些实际元器件所表现的主要特征是

把电能转化为热能,因此可用“电阻元件”这样一个理想元件来反映消耗电能的特征。同样,在一定条件下“电感元件”是线圈的理想元件,“电容元件”是电容器的理想元件。

由理想元件构成的电路,称为实际电路的“电路模型”。图 1.2 是图 1.1 所示实际电路的电路模型。

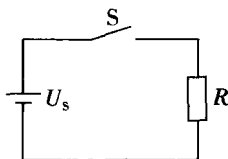


图 1.2

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流

带电质点有规则的运动形成电流。在金属导体中,能够自由运动的是带负电的自由电子,它们在电场力的作用下,逆着电场力的方向做有规则的运动,便形成电流。在电解液中,带电质点是带正电和带负电的正、负离子,在电场力作用下,正、负离子分别向两个方向有规则地运动,都形成电流。

表征电流强弱的物理量叫电流,电流在数值上等于单位时间内通过导体某一截面的电荷量,表示为

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

如果电流不随时间而变化,即 $dq/dt = \text{const}$,则这种电流称为恒定电流,简称直流,简写作 DC,直流常用大写字母 I 表示。式(1-1)在直流时可改写为

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

如果电流的大小和方向都随时间变化,则称为交变电流,简称交流,简写作 AC。

习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的方向。但在分析较为复杂的直流电路时,往往难于事先判断某支路中电流的实际方向。例如图 1.3 所示电路,不经计算,很难确定经过 R_3 的实际电流的方向。有时电流的方向还不断改变(比如交流),在电路图中很难表示它的实际方向。为此,在分析与计算电路时,常可任意选定某一方向作为电流的方向,称正方向或参考方向。所选的电流参考方向并不一定与电流的实际方向一致,当电流实际方向与参考方向一致时,电流为正值;如果两者相反,则电流为负值,如图 1.4(a),(b)所示。图中方框加两个端钮,表示任一两端元件。

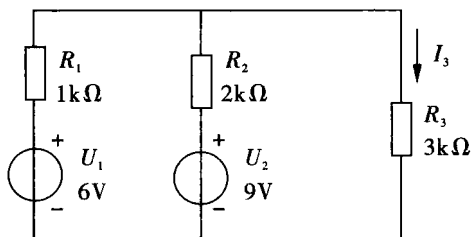


图 1.3 电流的参考方向

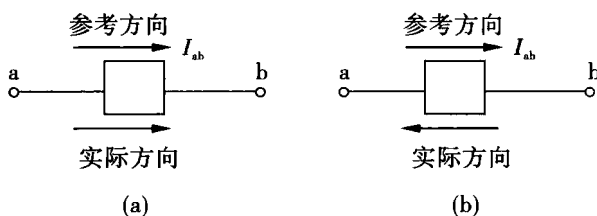


图 1.4 用箭头表示电流的参考方向

(a) $I_{ab} > 0$; (b) $I_{ab} < 0$

电流的正方向在电路图中用箭头或用双下标的变量来表示,如图 1.4(a),(b)所示。今后在电路中所标注的电流方向都是参考方向,不一定是电流的实际方向。在未标定参考方向的情况下,电流的正负值是毫无意义的。

在国际单位制中,电流的单位是安培(A)。计量微小的电流时,以毫安(mA)或微安(μA)为单位。 $1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$ 。

2. 电压

电压是衡量电场力做功能力的物理量,它在数值上等于单位正电荷受电场力作用,从电路的某一点 a 移到另一点 b 所做的功 W_{ab} ,或等于单位正电荷顺着电场的方向从某一点 a 移到另一点 b 所失去的能量 W_{ab} 。如图 1.5 所示,电压 U_{ab} 的表达式如下:

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

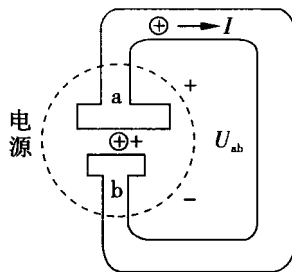


图 1.5 电荷的回路

电压总是对两点之间而言,所以用双下标 ab 表示,前一个下标 a 代表起点(正电荷运动的起点),后一个下标 b 代表终点。电压的方向则由起点指向终点,也可用箭头在图上标明或在起点标以正号(正极),终点标以负号(负极)表示。

如果电压的大小和极性都不随时间而变,则这样的电压称为恒定电压或直流电压,用大写字母 U 表示;如果电压的大小和极性都随时间变化,则称这样的电压为交流电压,其瞬间值用小写字母 u 表示。

计算较复杂电路时,电压与电流一样,实际方向较难确定。计算分析电路时,也设立电压参考方向,用正、负值表示实际方向与参考方向的关系。电压正值表明电压的实际方向与参考方向一致;电压负值说明电压的实际方向与参考方向相反。电压、电流的参考方向都是任意的,彼此可互相独立假设,但为方便起见,常采用关联参考方向。关联参考方向是指假定的电

压正极到负极的方向也是电流假定的流动方向,即电流与电压参考方向一致,如图 1.6(a) 所示。这样,在电路图上就只需标出电流的参考方向或电压参考极性中任何一种,如图 1.6(b), (c)。

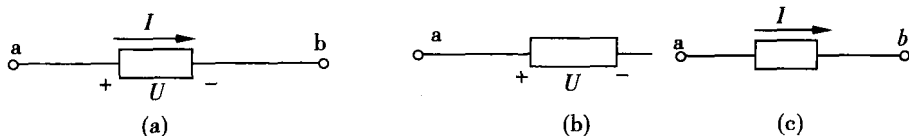


图 1.6 关联参考方向

若电压与电流的参考方向不一致,则称非关联参考方向,如图 1.7 所示。

我们熟知的欧姆定律的表达式为

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = IR$$

这是在 U, I 关联参考方向下的结论。若 U, I 非关联,欧姆定律的表达式为

$$I = -\frac{U}{R} \text{ 或 } U = -IR$$

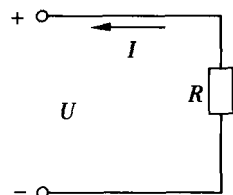


图 1.7 非关联参考方向

负号表示当电压的参考方向与实际方向一致时,电流参考方向与电流的实际方向相反。

在国际单位制中,电压的单位为伏特(V),也可用千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)表示。 $1\text{kV} = 10^3\text{V}$, $1\text{V} = 10^3\text{mV} = 10^6\mu\text{V}$ 。

3. 电动势

电动势是衡量外力做功能力的物理量。外力克服电场力把正电荷从“-”极(b点)搬运到“+”极(a点)所做的功 W_{ab} ,与被搬运的电荷量 q 的比值,称为 a 与 b 两点间的电动势,用 E_{ab} 表示,即

$$E_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (1-3)$$

在发电机中,外力由原动机(内燃机、水轮机、汽轮机)提供,推动发电机转子切割磁力线产生电动势。在电池中,则由电极与电解液接触处的化学反应而产生。外力克服电场力所做的功,使电荷得到能量,把非电能转化为电能。

电动势的实际方向,规定为负极指向正极,即为外力推动正电荷运动的方向,也可用箭头在电路图中标明。电动势的实际方向与电压实际方向相反,如图 1.8(a), (b) 所示。

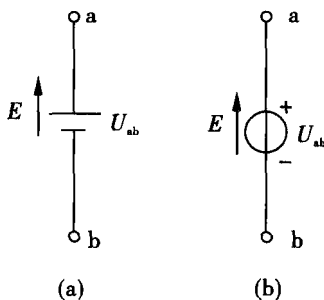


图 1.8 电动势的实际方向

电动势的国际单位用伏特(V)表示,与电压一样。

4. 电位

电场中或电路中的某一点到参考点之间的电压,称作该点的电位。参考点也称零电位点。所以电位还可以这样定义:在电场中电场力把单位正电荷从某一点a移到零电位点o所做的功就等于该点的电位。例如a点的电位为

$$V_a = \frac{W_{ao}}{q} = \frac{Fdl}{dq} \quad (1-4)$$

式中, F 表示电场力, l 是从a点到零电位点o之间的任一路径。

电路中任何一点的电位值是与参考点相比较而得出的,比其高者为正,比其低者为负。电位与电压同单位,用伏特(V)表示。

电位与电压在表达形式上虽有区别,但从本质上来讲是相同的。电路中两点之间的电压就是这两点间的电位之差;而电路中某点的电位,则是该点到参考点之间的电压。电位是一个相对量,它与参考点的选择有关,而电压是一个绝对量,在电路中某两点之间的电压是一定的,它与参考点的选择无关。

5. 电功率

在直流电路中,根据电压的定义,电场力所做的功,也即电荷在流动过程中所放出的电能或电路转换的能量是

$$W = qU = UIt \quad (1-5)$$

电能的国际单位是焦耳(J),实际上,电能的单位常用千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$,即“度”)。

电功率表示电路中的某一段所吸收或产生能量的速率。数值上是单位时间内电场力所做的功,用 P 表示。

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (1-6)$$

若电压、电流为非关联参考方向,则

$$P = -UI$$

如果用式(1-6)计算, $P > 0$,则为吸收功率(负载或称耗能元件); $P < 0$,则为产生功率(电源或贮能元件)。对电阻元件而言,由于其电压与电流实际方向总是一致的,所以电阻元件永远是吸收功率的,具体表达式为

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

如果电压和电流是随时间而变化的,则功率也随时间而变,这时“瞬时功率”用小写字母 p 表示。

$$p(t) = i(t)u(t)$$

例1.1 求图1.9(a),(b)的 U_{ab} 以及图1-9(c)的 U_{ab} , U_{bc} , U_{ac}

解:图(a): U_{ab} , I 是关联参考方向

$$U_{ab} = IR = 1\text{A} \times 20\Omega = 20\text{V}$$

图(b): U_{ab} , I 是非关联参考方向

$$U_{ab} = -IR = -1\text{A} \times 20\Omega = -20\text{V}$$

图(c):

$$U_{ab} = 2\text{A} \times 10\Omega + (-2\text{A} \times 20\Omega) = -20\text{V}$$

$$U_{bc} = 2A \times 20\Omega + (-3A \times 5\Omega) = 25V$$

$$U_{ac} = 2A \times 10\Omega + (-3A \times 5\Omega) = 5V$$

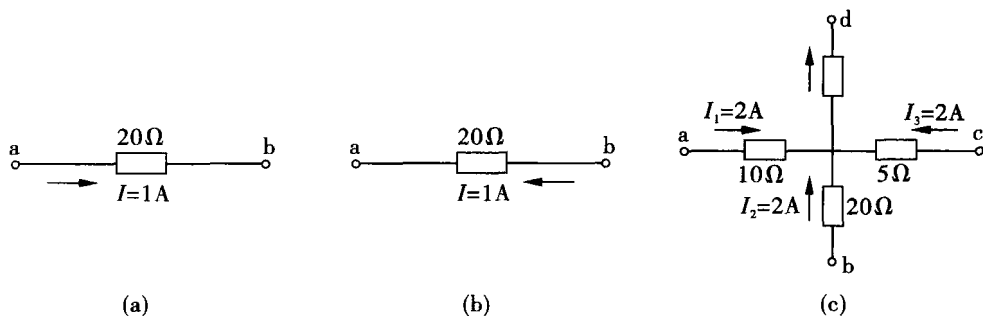


图 1.9 例 1.1 图

例 1.2 试计算图 1.10 所示各元件吸收或产生的功率。其电压、电流为：图(a)： $U = -1V, I = 2A$ ；图(b)： $U = -3V, I = 1A$ 。

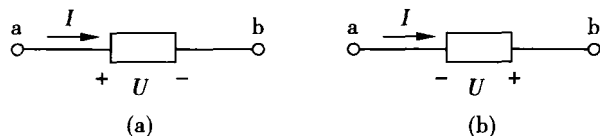


图 1.10 例 1.2 图

解：图(a)： I 与 U 是关联参考方向， $P = UI = (-1)V \times 2A = -2W, P < 0$ ，产生 2W 的功率；图(b)： I 与 U 是非关联参考方向， $P = UI = -(3)V \times 1A = 3W, P > 0$ ，消耗 3W 的功率。

1.2 电路元件及伏安关系

1.2.1 电阻元件

1. 金属导体的电阻

在金属导体中，自由电子在向前运动时，会与形成结晶格的正离子发生碰撞，使电子运动受到阻碍，即导体对电流呈现一定的阻碍作用。这种阻碍作用被称为电阻，用字母 R 来表示。

导体的电阻值 R 与导体的长度 l 成正比，与导体的横截面积 s 成反比，并与导体材料的性质有关，用公式表示为

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (1-7)$$

式中， ρ 是电阻率，单位为 $\Omega \cdot m$ (欧[姆]米)； l 是导体的长度，单位为 m (米)； s 是导体的横截面积，单位为 m^2 (平方米)。

电阻率 ρ 是单位长度、单位截面积导体的电阻值。 ρ 越大，物质的导电能力就越差。另外，金属导体的电阻率还受温度的影响，一般的金属导体，温度越高，电阻率越大。不同的材料，有不同的电阻率，表 1.1 列出了常用的电工材料在 20℃ 时的电阻率及其温度系数。

从表中可知,银的电阻率最小,是最好的导电材料,其次是铜和铝,但银的价格昂贵,除了必要的地方外,普遍采用铜和铝。

电阻的倒数称为电导,用 G 表示,单位为 S (西[门子])

$$G = \gamma \frac{S}{l} \quad (1-8)$$

式中, γ 为电导率,是电阻率的倒数,单位为 S/m (西[门子]/米)

表 1.1 常用导电材料的电阻率与温度系数

(20℃)

材料名称	电阻率/ $(\Omega \cdot m)$	电阻率温度系数 α
银	1.59×10^{-8}	0.003 80
铜	1.69×10^{-8}	0.003 93
铝	2.65×10^{-8}	0.004 10
钨	5.48×10^{-8}	0.004 50
铁	9.78×10^{-8}	0.005 00
铂	1.05×10^{-7}	0.003 00
锡	1.14×10^{-7}	0.004 20
铅	2.19×10^{-7}	0.003 90
锰铜	$(4.2 \sim 4.8) \times 10^{-7}$	—
康铜	$(4.8 \sim 5.2) \times 10^{-7}$	—
镍铬	$(1.0 \sim 1.2) \times 10^{-6}$	0.000 13

例 1.3 一台电动机的线圈由直径为 1.13mm 的漆包铜线绕成,测得在 20℃ 时电阻为 1.64Ω,求共用了多长的导线?

解: $s = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \times (1.13 \times 10^{-3})^2 = 1.003 \times 10^{-6} m^2$

$$l = R \frac{s}{\rho} = 1.64 \times 1.003 \times 10^{-6} / (1.69 \times 10^{-8}) = 97m$$

2. 电阻元件的伏安关系

1826 年,德国科学家欧姆通过科学实验总结出电阻元件中电流与两端电压之间的伏安关系,即欧姆定律。表述如下:电阻中电流的大小与加在电阻两端的电压成正比,与电阻值成反比。

若电压与电流取关联参考方向时,如图 1.11(a)所示,欧姆定律可表示为

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = RI \quad (1-9)$$

若电压与电流取非关联参考方向时,如图 1.11(b)所示,欧姆定律可表示为

$$I = -\frac{U}{R} \text{ 或 } U = -RI \quad (1-10)$$

以电阻元件上的电压和电流为直角坐标系中的横坐标和纵坐标,画出的 $U-I$ 函数特性曲线称为元件的伏安特性。当电阻元件的伏安特性是通过原点的直线(如图 1.12(a)所示)时,称为线性电阻元件;反之,当电阻元件的伏安特性不是通过原点的直线而是一条曲线(如图 1.12(b)所示)时,称为非线性电阻元件。

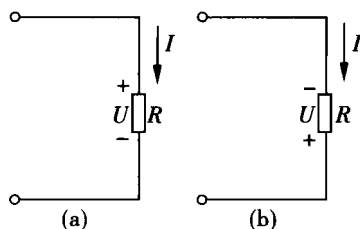


图 1.11 电阻元件的伏安关系

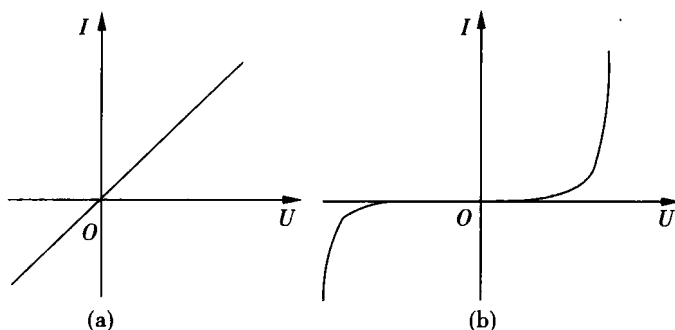


图 1.12 电阻元件的伏安特性

1.2.2 电感元件

许多电工设备、仪器仪表中都有线圈,如变压器线圈、日光灯镇流器线圈等。这些线圈称为电感线圈或电感器。电感是反映磁场能性质的电路参数。电感元件是实际线圈的理想化模型,假想是由无阻导线绕制而成的,用 L 表示,其电路符号如图 1.13 所示。

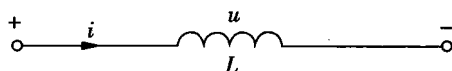


图 1.13 线性电感元件

1. 电感系数

由物理学知识可知,电流 i 通过电感时,由电流 i 产生磁通 Φ 。对 N 匝线圈,其乘积 $N\Phi$,称为线圈磁链 Ψ 。一般规定磁通 Φ 和磁链 Ψ 的参考方向与电流参考方向之间满足右手螺旋法则,在这种参考方向下任何时刻线性电感元件的磁链 Ψ 与电流 i 成正比,比例系数称为电感系

数 L 。即

$$\Psi = N\Phi = Li \quad (1-11)$$

$$L = \frac{\Psi}{i} \quad (1-12)$$

式中,电感系数 L 的单位为 H(亨[利]);磁链和磁通的单位均为 Wb(韦[伯])。

空心线圈的电感系数 L 是一个常数,与通过的电流大小无关。这种电感称为线性电感。线性电感的大小只与线圈的形状、尺寸、匝数以及周围物质的导磁性能有关。线圈的截面面积越大,匝数越密,电感系数越大。

2. 电感元件的伏安关系

根据电磁感应定律,当电流 i 随时间 t 变化时,磁链、磁通也会发生变化。同时在电感线圈两端便会产生感应电动势 e_L

$$e_L = -\frac{d\Psi}{dt} = -N\frac{d\Phi}{dt} = -L\frac{di}{dt} \quad (1-13)$$

那么在电感元件两端便有感应电压 u_L ,若电压 u_L 与电流 i 参考方向一致(如图 1.13 所示),其伏安关系为

$$u_L = L\frac{di}{dt} \quad (1-14)$$

即电感两端电压与通过电流的变化率成正比。

1.2.3 电容元件

1. 电容

电容元件(用 C 表示)通常由用绝缘介质隔开的两块金属板组成。这种结构的电容称为平板电容,中间的绝缘材料称为绝缘介质,如图 1.14(a)所示。实际的电容元件忽略介质及漏电损耗就是理想电容元件。

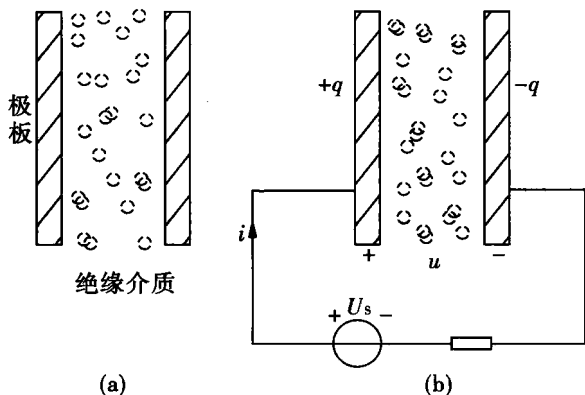


图 1.14 平板电容器

当在电容元件两端加上电源时,两块极板上便聚集起等量的正、负电荷,如图 1.14(b)所示。其电荷量 q 与外加电压 u 之间有确定的函数关系。对于线性电容元件, q, u 之间的关系为

$$C = \frac{q}{u} \quad (1-15)$$

式中, C 为电容元件的电容量, 单位为 F(法[拉])。

电容量 C 的大小与两端电压 u 无关, 仅与电容器元件的形状、尺寸及电介质有关。如平板电容器的电容量 C 为

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \quad (1-16)$$

式中, A 为两极板正对面积; d 为两平行极板间距离; ε 为电介质的介电常数。

2. 电容元件的伏安关系

如图 1.15 所示电容元件, 若所加电压 u 随时间 t 变化, 则电容 C 极板上的电荷量 q 也随时间变化, 根据电流定义, 这时电容上便有电流通过。若电流 i 与电压 u 取关联参考方向, 则

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1-17)$$

即通过电容的电流与电容两端电压的变化率成正比。

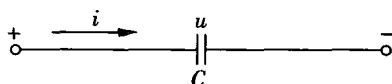


图 1.15 线性电容元件

1.3 电压源和电流源及其等效变换

1.3.1 电压源

1. 理想电压源

理想电压源简称电压源, 其端电压恒定不变或者按照某一固有的函数规律随时间变化, 与其流过的电流无关。

电压源的符号如图 1.16 所示。对于直流电压源, 通常用 U_s 表示。有时直流电压源是干电池, 可用图 1.17 所示的符号表示。

直流电压源的伏安特性是一条不通过原点且与电流轴平行的直线, 其端电压不随电流变化, 如图 1.18 所示。

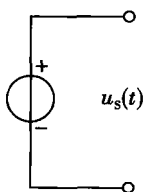


图 1.16 电压源

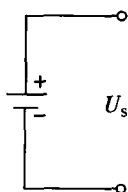


图 1.17 直流电压源

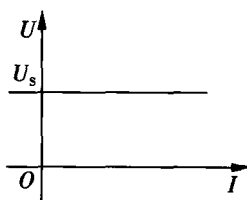


图 1.18 直流电压源的伏安特性