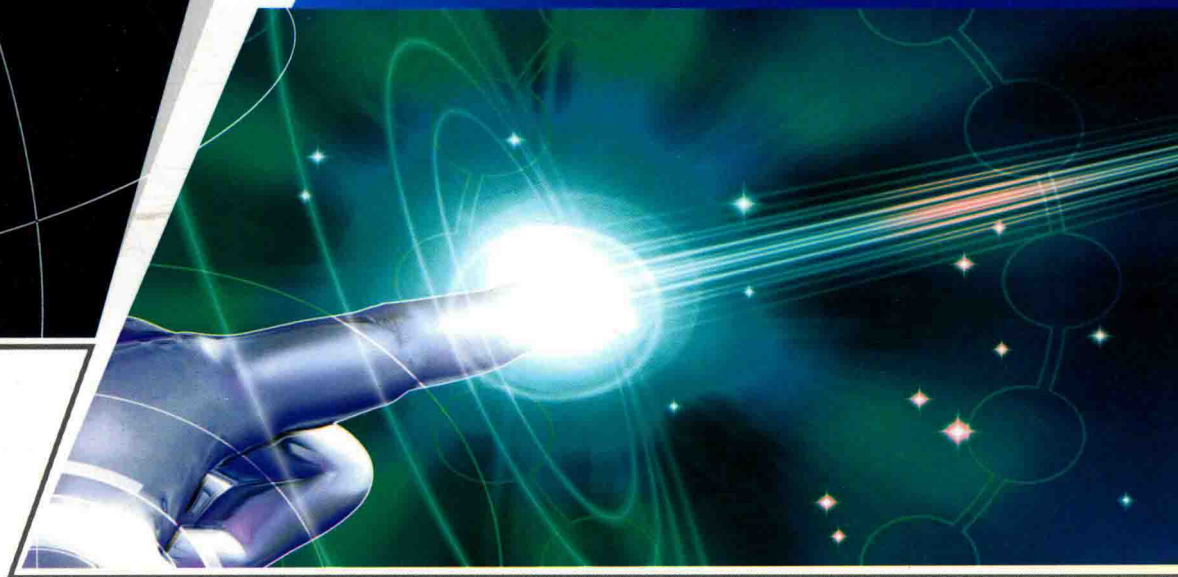




高职高专电子信息类“十一五”规划教材

电路分析基础

主编 郭亚红 袁照刚
主审 李文森



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专电子信息类“十一五”规划教材

电路分析基础

主 编 郭亚红 袁照刚
副主编 吴保奎 何 华 吴荣森
主 审 李文森

主 任: 杨 勇

副主任: 张小斌

成 员: (按姓氏笔画排列)

马 勇

卢 林

刘 勇

战德刚

曹照春

项目策划: 毛红军

策 划: 曹 胜 寇向宏

电子教案: 马武斌

图书在版编目(CIP)数据

ISBN 978-7-5606-2027-7

1. 电... II. ①郭... ②袁... III. TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第032422号

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

西安电子科技大学出版社

ISBN 978-7-5606-2027-7

XDP13340081-1

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本书是为满足应用型人才培养的教学需求,依据应用型人才培养的教学特点而编写的。

本书共8章,内容包括电路的基本概念及其基本定律、电路的基本分析方法、单相交流电路、三相交流电路、电路的暂态过程、非正弦周期电流电路、互感耦合电路以及磁路与铁芯线圈电路。每章之前有要点和难点提示,章后有精选实训和习题,书末附有部分习题参考答案。

本书概念清晰、重点突出、讲解透彻、通俗易懂、内容精简,可作为高职高专院校的通信工程、电子信息、应用电子、电气控制以及机电、计算机应用等专业的教材,也可作为职工大学、函授大学相关专业学生的教材,还可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础/郭亚红,袁照刚主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2008.7

高职高专电子信息类“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2057-2

I. 电… II. ①郭… ②袁… III. 电路分析—高等学校:技术学校—教材
IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 078545 号

策 划 毛红兵

责任编辑 王 璞 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2008年7月第1版 2008年7月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 12.5

字 数 291千字

印 数 1~4000册

定 价 18.00元

ISBN 978-7-5606-2057-2/TN·0431

XDUP 2349001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

本书是为满足应用型人才培养的教学需求而编写的,体现了“理论够用,能力为本,面向应用型人才培养”的高职高专教育特色。编者结合多年的教学经验,力求本书在内容、结构等方面有大的创新,并克服以往同类教材中的不足,力争使本书“更科学”“更简洁”“更实用”。在编写过程中,我们着力体现以下特色:

(1) 采用模块式,本书整体分为基础模块(第1~4章)和选用模块(第5~8章)两大部分。基础模块是必学模块,其教学要求对于各类学校、不同学制、不同专业基本一致。选用模块是在必学模块基础上向专业方向进行的拓展与加深。

(2) 每章之前有要点和难点提示,可起到有效引导学生学习的作用;每章中设计有实训,可以使理论与实践完美结合;每章后有习题,书末附有部分习题参考答案,便于学生课后练习和自学。

(3) 体现时代特征,更新教材内容。注意删去老化的知识点,尽量多介绍通信、电子等技术领域的有关新知识和新技术,使学生能学到新颖的、实用的知识,有利于培养学生的创新能力。

(4) 根据电路教学特点,精简教学内容,重视基本概念、基本定律、基本分析方法的介绍,淡化复杂的理论分析和计算。

(5) 体现职业教育的特色,重视实际应用,将最新的电路仿真软件引入教材中,解决了传统实验中所遇到器材短缺和部分实验效果不理想的问题,破解了教学过程中的难题。

编写分工情况:漯河职业技术学院的郭亚红编写了第2、5、7章和附录,威海职业技术学院的袁照刚编写了第3章,漯河职业技术学院的吴保奎编写了第1、8章,山东电子职业学院的何华编写了第6章,嘉兴职业技术学院的吴荣森编写了第4章。郭亚红和袁照刚担任主编,郭亚红负责全书的审阅和统稿工作。

本书在编写过程中得到了西安电子科技大学出版社毛红兵编辑和有关领导、同行的大力支持与帮助,在此表示深深的谢意。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

2008年5月

目 录

第 1 章 电路的基本概念及其基本定律	1
1.1 电路及电路功能	1
1.1.1 电路及其组成	1
1.1.2 电路的功能	2
1.2 电路的基本物理量和伏安关系	3
1.2.1 电路的基本物理量	3
1.2.2 元件的伏安关系	6
1.3 电气设备的额定值及电路的工作状态	9
1.3.1 电气设备的额定值	9
1.3.2 电路的三种工作状态	10
1.4 基尔霍夫定律	12
1.4.1 基尔霍夫电流定律	13
1.4.2 基尔霍夫电压定律	14
1.5 电源	16
1.5.1 独立源	16
1.5.2 实际电源模型及等效变换	17
1.5.3 受控源	20
本章实训 基尔霍夫定律的验证	21
习题	22
第 2 章 电路的基本分析方法	26
2.1 电阻电路的等效	26
2.1.1 等效及等效化简	26
2.1.2 星形和三角形电阻网络的等效变换	30
2.2 支路电流法	31
2.3 结点电压法	34
2.4 叠加定理	38
2.5 等效电源定理	40
2.5.1 戴维南定理	40
2.5.2 诺顿定理	42
2.6 最大功率传输定理	43
本章实训 戴维南定理的验证	45
习题	46
第 3 章 单相交流电路	51
3.1 正弦交流电的基本概念	51
3.1.1 正弦量的三要素	51
3.1.2 正弦量的相位差	55

3.1.3 正弦量的有效值	57
3.2 正弦量的相量表示	58
3.2.1 复数及其运算	58
3.2.2 正弦量相量表示法	61
3.3 单一参数的交流电路	63
3.3.1 电阻元件电路	63
3.3.2 电感元件电路	66
3.3.3 电容元件电路	69
3.4 电阻、电感与电容元件串联的交流电路	72
3.4.1 电压和电流的关系	72
3.4.2 功率关系	75
3.5 阻抗的串联和并联	79
3.5.1 阻抗的串联	79
3.5.2 阻抗的并联	80
3.6 功率因数	82
3.6.1 功率因数的概念	82
3.6.2 提高功率因数的方法	83
3.7 电路的谐振	85
3.7.1 串联谐振	85
3.7.2 并联谐振	88
本章实训 RLC 串联谐振实验	91
习题	93
第 4 章 三相交流电路	95
4.1 三相正弦交流电源	95
4.1.1 三相正弦交流电动势的产生	95
4.1.2 三相电源的连接	96
4.2 三相电路的计算	98
4.2.1 负载星形连接三相电路的计算	98
4.2.2 负载三角形连接三相电路的计算	100
4.3 三相电路的功率	101
本章实训 三相电路及其仿真研究	103
习题	108
第 5 章 电路的暂态过程	110
5.1 换路定律及初始值的确定	110
5.1.1 电路的过渡过程	110
5.1.2 换路定律	112
5.1.3 初始值的计算	112
5.2 RC 电路的暂态过程	113
5.2.1 RC 一阶电路零输入响应	114
5.2.2 RC 一阶电路零状态响应	116
5.2.3 RC 一阶电路的全响应	117
5.2.4 一阶电路的三要素法	119
5.3 RL 电路的暂态过程	121

5.3.1	RL 一阶电路的零输入响应	121
5.3.2	RL 一阶电路的零状态响应	124
5.3.3	RL 一阶电路的全响应	125
5.4	RC 一阶电路在脉冲信号作用下的暂态过程	127
5.4.1	RC 微分电路	127
5.4.2	RC 积分电路	128
	本章实训 RC 一阶电路响应仿真测试	129
	习题	131
第 6 章 非正弦周期电流电路		135
6.1	非正弦周期量	135
6.2	非正弦周期信号的谐波分析	136
6.2.1	非正弦波的合成	136
6.2.2	非正弦波的分解	138
6.3	非正弦周期量的有效值、平均值和平均功率	142
6.3.1	非正弦周期量的有效值	142
6.3.2	非正弦周期量的平均值	143
6.3.3	非正弦周期量的平均功率	144
6.4	滤波器	146
6.4.1	低通滤波器	146
6.4.2	高通滤波器	147
6.4.3	带通滤波器	147
6.4.4	带阻滤波器	148
	本章实训 非正弦周期电流电路的研究	149
	习题	150
第 7 章 互感耦合电路		153
7.1	互感	153
7.1.1	互感现象	153
7.1.2	互感系数	154
7.1.3	耦合系数	154
7.1.4	互感电压	155
7.1.5	互感线圈的同名端	156
7.2	互感线圈的串联、并联	158
7.2.1	互感线圈的串联	158
7.2.2	互感线圈的并联	160
7.3	空芯变压器	162
	本章实训 互感耦合电路研究	164
	习题	166
第 8 章 磁路与铁芯线圈电路		169
8.1	铁磁材料的磁化	169
8.1.1	磁场的几个基本物理量	169
8.1.2	铁磁材料的磁化	172
8.2	磁路定律	174

8.2.1 磁路	174
8.2.1 磁路定律	175
8.3 交流铁芯线圈	177
8.3.1 正弦电压下的铁芯线圈	178
8.3.2 铁芯损耗	179
8.4 电磁铁	180
8.4.1 直流电磁铁	180
8.4.1 交流电磁铁	181
本章实训 磁化曲线和磁滞回线的测量	182
习题	185
附录 部分习题参考答案	196
参考文献	191

第 1 章 电路的基本概念及其基本定律

【本章要点】

- 电路的主要物理量及其参考方向
- 元件的伏安关系
- 基尔霍夫定律的内容及应用

【本章难点】

- 基尔霍夫定律的应用
- 受控电压源和受控电流源

本章首先阐述了电路的基本知识,包括电路的组成、功能,电路的基本物理量——电压、电流、功率和电路的工作状态。在此基础上,重点介绍了两方面的内容:一是基本电路元件及其伏安特性,即电路元件中电压与电流的关系,包括电阻、电感、电容元件的伏安特性和独立源、受控源的伏安特性;二是介绍了电路中电压与电流相互之间应遵循的规律——基尔霍夫定律的内容及应用。

1.1 电路及电路功能

1.1.1 电路及其组成

电路是各种电气元件按一定的方式连接起来的整体。在人们的日常生活和生产实践中,电路随处可见。从电视机、空调、计算机到自动化生产线,都体现了电路的存在。

电路一般由三部分组成:电源、负载和中间环节。图 1.1 所示为照明电路,该电路由电池作为电源,供电给负载——灯,负载和电源之间用导线相连,并用开关控制电路的通与断。对电源来讲,负载和中间环节称为外电路,电源内部的一段电路称为内电路。

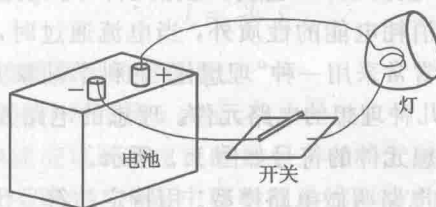


图 1.1 电路的组成

电源：供给电路电能的设备。它把其它形式的能量转换成电能，如发电机把机械能转换为电能，电池把化学能转换为电能。

负载：各种用电设备。它是将电能转换成其它形式能量的装置，如电动机将电能转换为机械能，电灯把电能转换为光能和热能。

中间环节：连接电源和负载的部分。最简单的中间环节就是导线和开关，起传输和分配电能或对电信号进行传递和处理的作用。

1.1.2 电路的功能

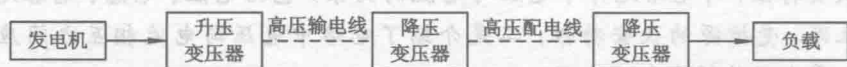
按工作任务划分，电路的功能有两类：一是能量的转换、传输和分配；二是信号的处理。

1. 能量的转换、传输和分配

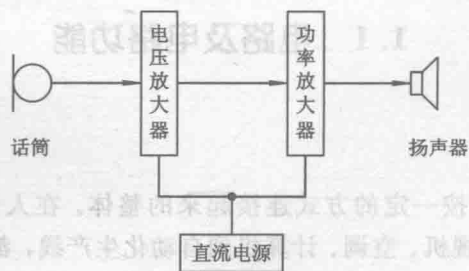
供电电路就是一个实现电能传输、分配和转换的电路。该系统用发电机将其它形式的能量转换成电能，再通过变压器和输电线送到负载，将电能转换成其它形式的能量，如电动机、电炉、电灯等，如图 1.2(a) 所示。

2. 信号的处理

常见的信号处理电路有电话机、电视机、收音机等。这些信号处理电路将声音或图像信号转换成电信号，经各种处理后，送到负载，负载再将电信号转换成声音或图像信号，如图 1.2(b) 所示。



(a)



(b)

图 1.2 电路的功能

实际电路由各种不同的电路元件所组成。电路元件种类繁多，电磁性质复杂。如图 1.1 中所示的白炽灯，除了具有消耗电能的性质外，当电流通过时，还具有电感性。为了便于对实际复杂问题进行研究，常常采用一种“理想化”的科学抽象方法，即把实际元件看做是电阻、电感、电容与电源等几种理想的电路元件。理想的电路元件是具有某种确定的电或磁性质的假想元件。常见理想元件的符号如图 1.3 所示。

用理想电路元件构成的电路叫做电路模型。用特定的符号代表元件连接成的图形叫电路图。图 1.4 就是图 1.1 所示照明电路的电路图。

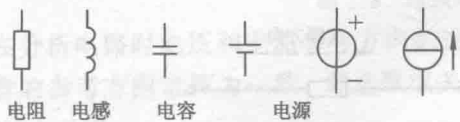


图 1.3 理想电路元件的符号

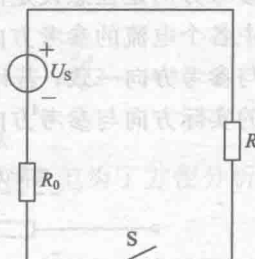


图 1.4 图 1.1 的电路图

1.2 电路的基本物理量和伏安关系

1.2.1 电路的基本物理量

1. 电流

电荷的定向移动形成电流。习惯上规定正电荷的运动方向为电流的方向(事实上,金属导体内部的电流是由带负电的自由电子定向运动形成的),如图 1.5 所示。

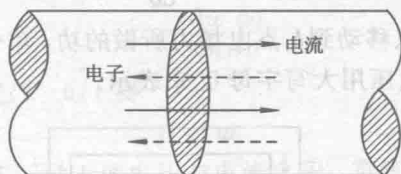


图 1.5 导体中的电子与电流

表征电流强弱的物理量叫做电流强度,简称电流。电流在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,一般用符号 i 表示,即

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

式中, dq 是 dt 时间内通过导体横截面的电荷量。电荷量的单位为库[仑](C),时间的单位为秒(s),则电流 i 的单位为安[培](A)。

如果电流的大小和方向均不随时间变化而变化,则这种电流称为恒定电流,简称直流电流。直流电流通常用大写字母 I 表示,因此,式(1-1)可改写成

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2)$$

式中, q 为时间 t 内通过导体横截面的电荷量。

随时间变化的电流一般用小写字母 i 表示。

完整地表示电路中的电流应该既有电流的大小又有其方向。在简单电路中,电流的实际方向较易判别,但在复杂电路中,电路中各电流的实际方向往往很难事先确定。此外,有些电路中电流的实际方向是随着时间在改变的,很难标明。因此,在分析和计算电路时引入了一个重要的概念——电流的参考方向。

电流的参考方向是任意设定的，在电路图中一般用箭头表示。分析计算电路时，首先应设定电路中各个电流的参考方向，并在电路图上标出。若计算结果为正值，则表示电流的实际方向与参考方向一致；若计算结果为负值，则表示实际方向与参考方向相反。图1.6表示了电流的实际方向与参考方向的关系。

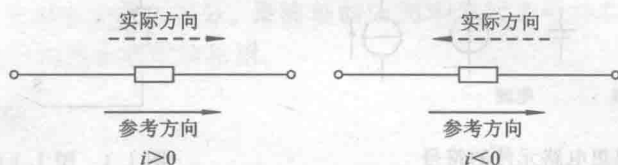


图 1.6 电流的实际方向与参考方向的关系

2. 电压、电位和电动势

1) 电压

在图 1.7 中，极板 a 带正电，极板 b 带负电，在 a 、 b 间存在电场，其方向是由 a 指向 b 。在电场力的作用下，正电荷由 a 经外电路流向 b ，电场力对电荷做了功。用物理量来衡量电场力做功的大小，即引入了电压 u 。把单位正电荷从 a 点移动到 b 点电场力所做的功定义为 a 、 b 两点间的电压，即

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1-3)$$

式中， dw 为正电荷 dq 由 a 点移动到 b 点电场力所做的功，单位为焦[耳](J)，电压 u_{ab} 的单位为伏[特](V)。通常直流电压用大写字母 U 来表示。

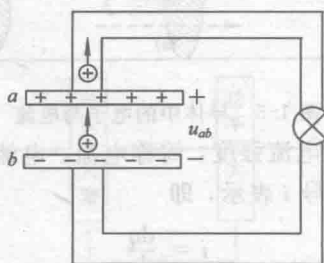


图 1.7 电源电压

2) 电位

电场力将单位正电荷从电场内的 a 点移动至无限远处所做的功，被称为 a 点的电位 u_a 。由于无限远处的电场为零，故电位也为零。因此，电场内两点间的电位差也就是 a 、 b 两点间的电压，即

$$u_{ab} = u_a - u_b \quad (1-4)$$

为分析电路方便起见，一般在电路中任选一点为参考点，令参考点电位为零，则电路中某点相对于参考点的电压就是该点的电位。

电压方向规定为由高电位指向低电位，即电位降方向。在电路分析中也可选取电压的参考方向。电压的参考方向可用箭头表示，即设定沿箭头方向电位是降低的；也可以用“+”、“-”表示；还可用双下标表示，如图 1.8 所示。若计算所得电压为正值，则实际方向

与参考方向一致；反之，则相反。



图 1.8 电压参考方向的表示法

在分析电路时电压和电流参考方向的选择是独立无关的，但为了方便分析问题，常常把两者的参考方向选择为一致，即选取成关联参考方向。

3) 电动势

为维持恒定电流不断在电路中通过，必须保持 U_{ab} 恒定，因此需要电源力不断克服电场力，使正电荷由负极 b 移向正极 a 。电源力对电荷做功的能力用物理量电动势来衡量。电源电动势在数值上等于电源力把单位正电荷从负极 b 经电源内部移到正极 a 所做的功，用 E 表示。电动势的方向规定为由低电位指向高电位，即电位升方向，其单位也为伏[特](V)。

3. 电功率

除了电压和电流两个基本物理量外，还需要知道电路元件的功率。电路中，单位时间内电路元件的能量变化用功率表示，即

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (1-5)$$

功率 p 的单位为瓦[特](W)。将式(1-5)等号右边分子、分母同乘以 dq 后，变为

$$p = \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} \quad (1-6)$$

将式(1-1)、式(1-3)代入式(1-6)，得

$$p = ui \quad (1-7)$$

即元件吸收或发出的功率等于元件上的电压与电流之积。直流电路的这一公式写为

$$P = UI \quad (1-8)$$

在直流电路中，当 U 、 I 参考方向一致时， $P=UI$ ；当 U 、 I 参考方向相反时， $P=-UI$ 。若计算结果 $P>0$ ，说明该元件吸收或消耗功率；若计算结果 $P<0$ ，说明该元件发出功率。

当已知设备的功率为 P 时，则 t 秒钟内消耗的电能

$$W = Pt \quad (1-9)$$

电能 W 的单位为焦[耳](J)，实际中，常用千瓦时(kW·h)作单位。

例 1-1 图 1.9 是由 5 个元件组成的电路，关联方向下，如果 $P_1 = -205 \text{ W}$ ， $P_2 = 60 \text{ W}$ ， $P_4 = 45 \text{ W}$ ， $P_5 = 30 \text{ W}$ ，判断元件 3 是吸收功率还是发出功率，并计算其值。

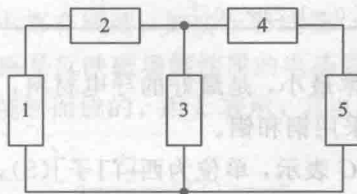


图 1.9 例 1-1 用图

解 电路也应遵守能量守恒定律, 即 $\sum P = 0$ 。

由题意可知, 元件 1 发出功率 205 W, 元件 2、4、5 共吸收功率 135 W, 则元件 3 吸收功率 70 W。

1.2.2 元件的伏安关系

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

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-10)$$

式中: ρ 是电阻率, 单位为欧[姆]米($\Omega \cdot \text{m}$); l 是导体的长度, 单位为米(m); S 是导体的横截面积, 单位为平方米(m^2)。

电阻率 ρ 是单位长度、单位横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°C 时的电阻率及其温度系数。

表 1.1 常用导电材料的电阻率与温度系数(环境温度为 20°C)

材料名称	电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	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

由表 1.1 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, 单位为西[门子](S), 即

$$G = \gamma \frac{S}{l} \quad (1-11)$$

式中, γ 为电导率, 是电阻率的倒数, 单位为西[门子]每米(S/m)。

例 1-2 一台电动机的线圈由直径为 1.13 mm 的漆包铜线绕成,测得在 20°C 时电阻为 1.64 Ω,求共用了多长的导线?

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

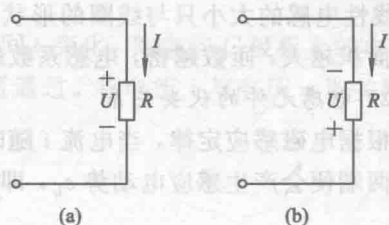
$$l = R \frac{S}{\rho} = \frac{1.64 \times 1.003 \times 10^{-6}}{1.69 \times 10^{-8}} \approx 97 \text{ m}$$

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,如图 1.10(a)所示,则欧姆定律可表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{或} \quad U = RI \quad (1-12)$$



若电压与电流取非关联参考方向,如图 1.10(b)所示,则欧姆定律可表示为

$$I = -\frac{U}{R} \quad \text{或} \quad U = -RI \quad (1-13)$$

图 1.10 电阻元件的伏安关系

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 1.11(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 1.11(b)所示)时,称为非线性电阻元件。

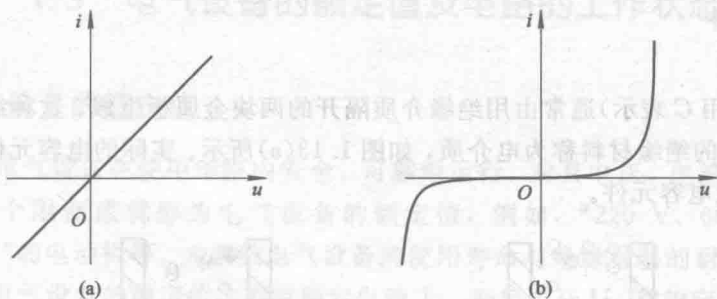


图 1.11 电阻元件的伏安特性

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 1.12 所示。

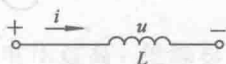


图 1.12 线性电感元件

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 $N\Phi$ 称为线圈的磁链 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, 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(也称为电感) L , 即

$$\Psi = N\Phi = Li \quad (1-14)$$

$$L = \frac{\Psi}{i} \quad (1-15)$$

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

空芯线圈的电感系数 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 , 即

$$e_L = -\frac{d\Psi}{dt} = -N\frac{d\Phi}{dt} = -L\frac{di}{dt} \quad (1-16)$$

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 的参考方向一致(如图 1.12 所示), 其伏安关系为

$$u_L = L\frac{di}{dt} \quad (1-17)$$

即电感两端电压与通过电流的变化率成正比。

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电介质, 如图 1.13(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。

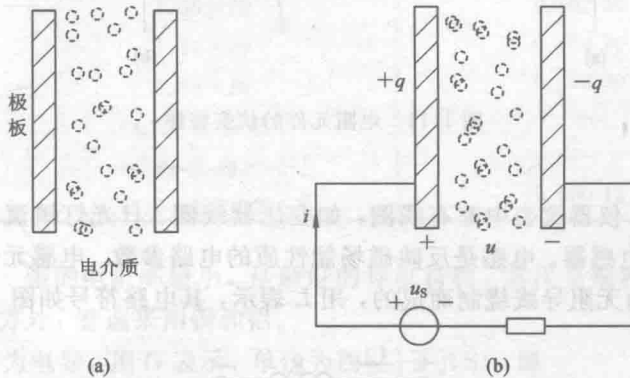


图 1.13 平板电容

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 1.13

(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

$$C = \frac{q}{u} \quad (1-18)$$

式中, C 为电容元件的电容量, 单位为法[拉](F)。

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

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (1-19)$$

式中: A 为两极板的正对面积; d 为两平行极板间的距离; ϵ 为电介质的介电常数。

2) 电容元件的伏安关系

如图 1.14 所示的电容元件, 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

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1-20)$$

即通过电容的电流与电容两端电压的变化率成正比。

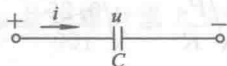


图 1.14 线性电容元件

1.3 电气设备的额定值及电路的工作状态

1.3.1 电气设备的额定值

为了保证电气设备在使用年限内安全、可靠地运行, 对其电压、电流、功率设定了一个限额值, 这个限额值就称为电气设备的额定值, 例如, “220 V、60 W”的白炽灯, “380 V、4 kW”的电动机等。大多数电气设备的使用寿命与绝缘材料的耐热性能及绝缘强度有关, 因此电气设备的额定值主要有额定电流 I_N 、额定电压 U_N 和额定功率 P_N 。

1. 额定电流 I_N

当电气设备中通过工作电流时, 由于电气设备本身有电阻, 会产生热量, 使电气设备温度升高。如果通过的电流过大, 会导致温度过高, 使绝缘材料因过热而损坏。为使电气设备工作温度不超过其最高允许温度, 对电气设备长期运行时的最大允许电流设定了一个限定值, 该限定值便是电气设备的额定电流 I_N 。

2. 额定电压 U_N

如果电气设备绝缘材料两端的电压过高, 绝缘材料会因承受过大的电场强度而击穿, 导致电气设备损坏。为了限制电气设备的电流及限制绝缘材料承受的电压, 允许加在各电气设备上的电压也有一个限定值, 该限定值便是电气设备的额定电压 U_N 。