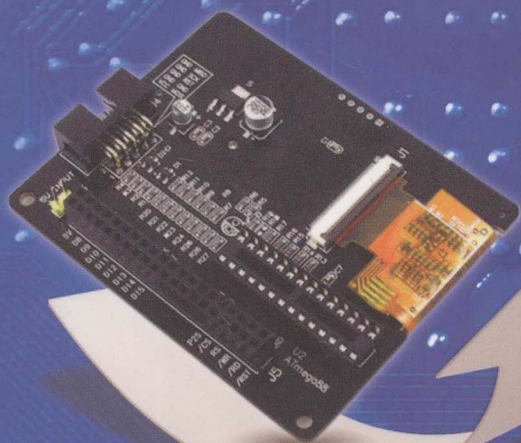


电工电子技术

(非电类)

张维玲 主 编
祁鸿芳 副主编



赠送
电子课件



清华大学出版社

电工电子技术

(非电类)

张维玲 主 编

祁鸿芳 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据教育部制定的《高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求》编写而成, 主要内容包括直流电路、正弦交流电路、三相电路、磁路和变压器、异步电动机、继电器接触器控制、工厂供电和安全用电、电工测量、电子电路中的常用元件、直流稳压电源、基本放大电路、集成运算放大器、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器及其应用。

本书可作为高职高专院校、成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校非电类专业的教材, 也可作为岗位培训用书, 还可供工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术(非电类)/张维玲主编; 祁鸿芳副主编. —北京: 清华大学出版社, 2012.1

ISBN 978-7-302-27633-3

. ①电… II. ①张… ②祁… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 272764 号

责任编辑: 桑任松 郑期彤

封面设计: 山鹰工作室

版式设计: 杨玉兰

责任校对: 王 晖

责任印制: 何 芊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 三河市金元印装有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 20 字 数: 480 千字

版 次: 2012 年 1 月第 1 版 印 次: 2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 35.00 元

产品编号: 040884-01

前 言

本书是根据教育部制定的《高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求》编写的。编者根据自己多年的教学经验，结合高职高专教育的特点和要求，在编写过程中，力求讲清基本概念，分析准确，减少数理论证，做到深入浅出，通俗易懂。

本书力求使读者通过学习，掌握电工电子技术的基础理论、基础知识和基本技能，提高分析、解决实际问题的能力，掌握相关技术与技能，为后续学习和从事专业技术工作打下一定的基础，并有助于读者通过相关升学考试和职业资格证书考试。

本书的主要特色如下。

(1) 编写过程中始终贯彻“以实际应用为目的，理论够用为度”的教学原则，以就业为导向，以职业能力为本位，培养学生的实际技能。淡化理论，强调教学内容的应用性与实践性。根据需要，部分章后附有实训，每章附有思考题与习题，加强实际应用能力的训练。

(2) 面向学生，表述通俗易懂，图文并茂，例题经典。立足于学生角度编写教材，让学生“易于学”。在教材编写过程中，精心选择各个例题、习题，力争做到有针对性，能够让学生通过实例很快掌握对应知识。

(3) 采用目标教学体系。每章之前都有本章要点、技能目标和主要理论及工程应用导航。

本书由张维玲担任主编，并负责全书内容的组织和统稿；祁鸿芳担任副主编；李萍和刘文莉参编。其中第1~3章由张维玲编写，第4~7章由祁鸿芳编写，第9~12章由李萍编写，第8章及第13~15章由刘文莉编写。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免有错漏和不妥之处，敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 直流电路	1	第 2 章 正弦交流电路	35
1.1 电路	1	2.1 正弦量的三要素	35
1.1.1 电路的基本概念	1	2.1.1 振幅	36
1.1.2 电路模型	2	2.1.2 角频率	36
1.2 电路的主要物理量及方向	3	2.1.3 相位、初相、相位差	37
1.2.1 电流及其参考方向	3	2.1.4 有效值	38
1.2.2 电压及其参考方向	3	2.2 正弦量的相量表示法	39
1.2.3 电流与电压的关联参考方向	4	2.2.1 复数	39
1.2.4 电动势	5	2.2.2 相量	41
1.2.5 功率	5	2.3 电阻、电感、电容元件的 VAR 的 相量形式	42
1.3 理想电路元件	7	2.3.1 电阻	42
1.3.1 电阻元件	7	2.3.2 电感	44
1.3.2 电感元件	8	2.3.3 电容	47
1.3.3 电容元件	9	2.4 简单正弦交流电路的计算	50
1.4 电压源与电流源及其等效变换	10	2.4.1 基尔霍夫定律的相量形式	50
1.4.1 电压源	10	2.4.2 电阻、电感、电容元件的 串联电路	50
1.4.2 电流源	12	2.4.3 阻抗的串联与并联	52
1.4.3 电压源模型与电流源模型的 等效变换	13	2.5 正弦交流电路的功率	54
1.4.4 电路的短路和开路	14	2.5.1 有功功率	54
1.5 基尔霍夫定律	15	2.5.2 无功功率	55
1.5.1 基尔霍夫电流定律	16	2.5.3 视在功率	55
1.5.2 基尔霍夫电压定律	17	2.6 功率因数的提高	56
1.5.3 电阻的串联和并联	18	2.6.1 提高功率因数的意义	56
1.6 支路电流法	20	2.6.2 提高功率因数的方法	57
1.7 节点电压法	22	2.7 电路中的谐振	58
1.8 叠加定理	24	2.7.1 串联谐振	58
1.9 戴维南定理	26	2.7.2 并联谐振	60
1.10 本章实训	29	2.8 本章实训——照明电路安装及 功率因数的提高	62
1.10.1 基尔霍夫定律的验证实训	29	思考题与习题	64
1.10.2 戴维南定理的验证实训	30		
思考题与习题	32		

第3章 三相电路	67	5.2.1 电磁转矩	108
3.1 三相电源	67	5.2.2 机械特性	108
3.2 三相电源的连接	68	5.3 三相异步电动机的启动、调速、 制动与反转	110
3.2.1 三相电源的星形连接	68	5.3.1 三相异步电动机的启动	110
3.2.2 三相电源的三角形连接	69	5.3.2 三相异步电动机的调速	112
3.3 三相负载的连接	70	5.3.3 三相异步电动机的反转	113
3.3.1 三相负载的星形连接	70	5.3.4 三相异步电动机的制动	113
3.3.2 三相负载的三角形连接	71	5.4 三相异步电动机的铭牌数据	114
3.4 三相电路的功率	73	5.5 三相异步电动机的选择及安装	116
3.5 本章实训——三相负载的连接	74	5.5.1 三相异步电动机的选择	116
思考题与习题	76	5.5.2 电动机的安装与接地	118
第4章 磁路和变压器	78	5.6 单相异步电动机	118
4.1 磁路的基本知识	78	5.6.1 单相异步电动机的 工作原理	118
4.1.1 磁路的基本物理量	78	5.6.2 单相异步电动机的启动	120
4.1.2 磁场的基本性质	80	5.7 本章实训——三相异步电动机的 降压启动实验	121
4.1.3 铁磁物质的磁化曲线	81	思考题与习题	124
4.1.4 磁路和磁路定律	83	第6章 继电器接触器控制	126
4.1.5 交变磁通磁路	87	6.1 常用低压电器	126
4.1.6 交流铁芯线圈	89	6.1.1 低压电器的基本知识	127
4.2 变压器	91	6.1.2 刀开关	127
4.2.1 变压器的结构	91	6.1.3 组合开关	128
4.2.2 变压器的基本原理及 主要作用	92	6.1.4 熔断器	130
4.2.3 变压器的使用	94	6.1.5 空气断路器	131
4.3 特殊变压器	97	6.1.6 按钮	132
4.3.1 自耦变压器	97	6.1.7 接触器	133
4.3.2 仪用互感器	97	6.1.8 中间继电器	135
4.4 本章实训——变压器参数测定及 绕组极性判别	98	6.1.9 热继电器	136
思考题与习题	101	6.2 基本电气控制电路(一)	137
第5章 异步电动机	103	6.2.1 手动直接启动控制线路	137
5.1 三相异步电动机的构造和转动原理 ...	103	6.2.2 点动控制和长动控制线路	138
5.1.1 三相异步电动机的构造	103	6.2.3 正、反转控制线路	141
5.1.2 旋转磁场	105	6.2.4 顺序和多点控制线路	144
5.1.3 三相异步电动机的转动原理 ...	107	6.3 基本电气控制电路(二)	146
5.2 三相异步电动机的电磁转矩和 机械特性	108	6.3.1 时间控制	146
		6.3.2 行程控制	149

6.3.3 速度继电器和三相笼型 异步电动机制动控制线路	152	9.1.2 杂质半导体	186
6.4 电气识图的基本知识	154	9.1.3 PN 结及其单向导电性	187
6.4.1 电气图形符号和文字符号	154	9.2 二极管	189
6.4.2 电气图的分类与作用	156	9.2.1 二极管的伏安特性	189
6.5 本章实训——三相异步电动机的 正、反转控制电路实验	157	9.2.2 二极管的主要参数	190
思考题与习题	159	9.2.3 二极管的简单测试	190
第 7 章 工厂供电和安全用电	161	9.2.4 二极管电路的应用举例	191
7.1 供电系统及供电质量	161	9.3 特殊二极管	192
7.1.1 供电系统	161	9.4 三极管	194
7.1.2 供电质量	162	9.4.1 三极管的结构及类型	194
7.2 安全用电	163	9.4.2 三极管的电流分配关系和 电流放大作用	195
7.2.1 触电	163	9.4.3 三极管的特性曲线	196
7.2.2 安全用电的措施	164	9.4.4 三极管的主要参数	197
7.2.3 触电急救	166	9.4.5 三极管的简单测试	198
7.3 电气火灾的防范及扑救常识	167	9.5 本章实训——二极管钳位电路、 单向限幅电路的仿真	199
思考题与习题	167	思考题与习题	201
第 8 章 电工测量	169	第 10 章 直流稳压电源	203
8.1 电工测量仪表的分类与形式	169	10.1 直流稳压电源的组成	203
8.1.1 电工测量仪表的分类	169	10.2 单相半波整流电路	204
8.1.2 电工测量仪表的形式	170	10.3 单相桥式整流电路	205
8.2 电流、电压与功率的测量	173	10.4 常用的整流组合元件	207
8.2.1 电流的测量	173	10.5 滤波电路	208
8.2.2 电压的测量	175	10.5.1 电容滤波电路	209
8.2.3 功率的测量	176	10.5.2 电感滤波电路	210
8.3 万用表	178	10.5.3 复式滤波电路	210
8.3.1 模拟万用表	178	10.6 稳压电路	211
8.3.2 数字万用表	179	10.6.1 硅稳压管稳压电路	211
8.4 电度表及电能的测量	181	10.6.2 串联型晶体管稳压电路	213
8.4.1 电度表及其接线方式	181	10.6.3 开关型稳压电路和 集成稳压器	213
8.4.2 电能的测量	183	思考题与习题	216
思考题与习题	184	第 11 章 基本放大电路	217
第 9 章 电子电路中的常用元件	185	11.1 基本放大电路的组成及工作原理	217
9.1 半导体的基本知识	185	11.1.1 基本放大电路的组成	218
9.1.1 本征半导体	186	11.1.2 基本放大电路的工作原理	219

11.2 放大电路的静态分析	220	12.4.1 集成运放电路自激的判别和 消除	255
11.2.1 放大电路的交直流通路	220	12.4.2 集成运放的调零及其异常 现象的判别和处理	255
11.2.2 图解分析法	221	12.4.3 集成运放的保护措施	256
11.2.3 估算分析法	222	12.5 本章实训——同相比例放大电路、 积分运算电路的仿真分析	257
11.3 放大电路的动态分析	222	思考题与习题	258
11.3.1 微变等效电路法	223		
11.3.2 图解分析法	226	第 13 章 逻辑门电路	261
11.3.3 静态工作点的设置与稳定	227	13.1 数字电路概述	261
11.4 射极输出器	231	13.1.1 数字电路的主要特点	261
11.4.1 静态分析	231	13.1.2 数制与编码	262
11.4.2 动态分析	232	13.2 逻辑代数及其应用	264
11.5 多级放大电路	233	13.2.1 逻辑代数及其基本运算	264
11.6 放大电路的调整和测试	234	13.2.2 逻辑代数的基本定律	266
11.6.1 静态调试	234	13.3 基本逻辑门电路	267
11.6.2 动态调试	235	13.3.1 与门电路	268
11.7 本章实训——单管共射放大 电路性能测试	235	13.3.2 或门电路	268
思考题与习题	237	13.3.3 晶体管非门电路	269
第 12 章 集成运算放大器	239	13.3.4 晶体管与非门电路	270
12.1 集成运算放大器的组成及参数	239	13.3.5 晶体管或非门电路	270
12.1.1 集成运算放大器的 基本组成	240	13.3.6 几种常用的复合逻辑运算	271
12.1.2 集成运算放大器的 主要参数	241	13.4 集成逻辑门电路	272
12.2 放大电路中的负反馈	242	13.4.1 TTL 集成逻辑门	272
12.2.1 反馈的基本概念	242	13.4.2 CMOS 集成逻辑门	274
12.2.2 反馈的分类及判别方法	243	13.5 本章实训——集成逻辑门多余 输入端的处理及应用	275
12.2.3 负反馈对放大电路性能的 影响	245	思考题与习题	276
12.3 理想集成运算放大器的分析 方法及应用	247	第 14 章 组合逻辑电路	278
12.3.1 理想集成运算放大器	248	14.1 组合逻辑电路的分析	278
12.3.2 理想集成运算放大器的 线性应用	249	14.2 组合逻辑电路的设计	281
12.3.3 理想集成运算放大器的 非线性应用	253	14.3 中规模组合逻辑电路及其应用	282
12.4 集成运算放大器使用中应注意的 问题	255	14.3.1 编码器	282
		14.3.2 译码器	286
		思考题与习题	289

第 15 章 触发器及其应用	291	15.5 寄存器	299
15.1 基本 RS 触发器	292	15.6 计数器	302
15.2 同步 RS 触发器	294	思考题与习题	306
15.3 JK 触发器	296	参考文献	308
15.4 D 触发器	298		

第1章 直流电路

本章要点

- 电路的基本概念及电路模型。
- 电流、电压的参考方向及关联方向的概念。
- 几种电路元件的物理特性。
- 电压源和电流源之间的等效变换。
- 基尔霍夫定律的内容及应用。
- 运用支路电流法和节点电压法求解电路。
- 叠加定理、戴维南定理的内容及运用。

技能目标

- 会测量直流电路中的电流和电压。
- 掌握有源二端网络等效参数的测量方法。

主要理论及工程应用导航

本章主要讨论电路模型、电路的基本物理量、电路的基本元件，引进电流、电压的参考方向的概念，介绍应用基本定律及电路分析方法对直流电路进行分析计算的方法，为后面分析各种电工电子电路奠定必要的基础。

随着科技的飞速发展，电作为一种优越的能量形式和信息载体成为当今经济建设和社会生活中不可或缺的重要部分，渗透到了人类生活的每一个角落。在当代社会中，电工和电子技术有着非常广泛的应用，作为工科类大学生，更有必要学习电的相关概念和知识。

1.1 电 路

1.1.1 电路的基本概念

当代社会中，电工和电子技术有着非常广泛的应用。为了实现某种应用目的，人们需要将某些电工、电子器件或设备按一定的方式相互连接，构成电路。例如常用的日光灯照明电路是由灯管、镇流器、启动器、开关和交流电源用导线相互连接而成的；收音机电路是用一定数量的晶体管(或集成电路器件)、电阻器、电容器、扬声器及直流电源等器件组成的。因此，电路是各种元器件为某种目的、按一定方式连接而组成的总体，它提供了电流通过的闭合路径。电路的组成部分如下。

(1) 电源：指供应电能的设备，如发电厂、电池等。

(2) 负载：指取用电能的设备，如电灯、电机等。

(3) 中间环节：指连接电源和负载的部分，起传输和分配电能的作用，如变压器、输电线、开关等。

实际应用中的电路种类繁多，不同电路的作用也是各不相同的。电路根据功能可分为电力电路和信号电路两种。其中，电力电路用于对电能进行传输、转换和分配，一般的照明电路和动力电路都属于电力电路；信号电路用于对信号进行处理和传递，如收音机、电视机、计算机网络、通信等电路都属于信号电路。

1.1.2 电路模型

实际电路种类很多，用途各异，组成电路的元器件也多种多样。在工作过程中，电路的元器件所表现出的电磁性能和能量转换过程往往较复杂，给电路分析(即在已知电路的结构及参数的情况下，求解各部分电压、电流及功率)带来很大困难。例如白炽灯不仅具有消耗电能的性质，即具有电阻性，而且当电流流过时，还会产生磁场，说明它还具有电感性质，这样很难用一个数学表达式来表达其端钮的电压与电流关系。但由于其电感甚小，可忽略不计，因此其主要性质为电阻性，这样就可将白炽灯作为电阻元件。所以为了简化分析，必须抓住电路元件的主要性质，忽略其次要性质，使之尽可能用简单的数学式表达。这样经过简化的元件称为理想元件或元件模型。理想的电路元件主要有电阻元件、电容元件、电感元件及电压源和电流源等。理想元件都用规定的图形符号来表示，如图 1-1 所示。

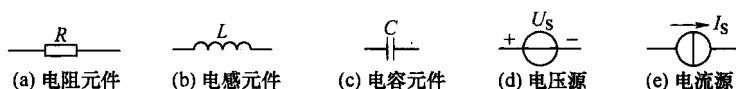


图 1-1 理想元件的图形符号

用理想电路元件代替实际电路元件而构成的电路称为电路模型。这样，图 1-2(a)所示的手电筒的实际电路就可以用图 1-2(b)所示的电路模型来表示，即用理想电压源 U_s 和电源内阻 R_i 串联表示电源(干电池)，电阻 R_L 表示负载(小灯泡)，S 表示电路的开关。

本书所给的电路一般都是由理想元件构成的电路模型。

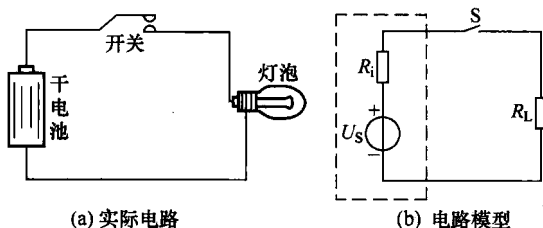


图 1-2 手电筒的实际电路和电路模型

1.2 电路的主要物理量及方向

1.2.1 电流及其参考方向

在电场力的作用下,电荷有规则地定向移动,从而形成了电流。把在单位时间内流过导体截面积的电荷[量]定义为电流强度。设在 dt 时间内通过导体截面的电荷为 dq ,则电流表示为

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

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。大写字母如 U 、 I 表示电压、电流为恒定量,不随时间变化,一般称为直流电压、直流电流。小写字母 u 、 i 表示电压、电流随时间变化。

在国际单位制(SI)中,在1s内通过导体横截面的电荷量为1C(库[仑])时,其电流为1A(安[培])。

电流的实际方向规定为正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向,常用箭头表示。

对于简单的电路,可以容易地判断出电流的实际方向,但是在分析复杂电路时,难以事先判定出电流的实际方向,为此,引入一个十分重要的概念——参考方向。所谓参考方向就是假定的电流的正方向。电流的参考方向可以任意假定,并在图上用箭头表示出来。

根据电流的正负和假定的参考方向可以确定电流的实际方向,如图1-3所示。电流实际方向的判定方法如下。

(1) 若电流为正值($i > 0$),则实际方向与参考方向相同,如图1-3(a)所示。

(2) 若电流为负值($i < 0$),则实际方向与参考方向相反,如图1-3(b)所示。

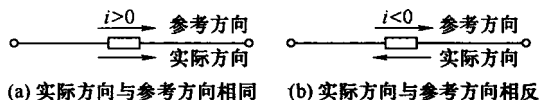


图 1-3 电流的参考方向与实际方向

注意: 不设定参考方向时,电流的正负号是没有意义的。

1.2.2 电压及其参考方向

电压一般用来反映电场力做功的本领。电场力把单位正电荷从电场中的 a 点移至 b 点(见图1-4)所做的功称为 a 、 b 间的电压,用 u_{ab} (U_{ab})表示。设正电荷 dq 从 a 点移至 b 点,电场力所做的功为 dW ,则 a 、 b 间的电压为

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

在国际单位制中,若电场力把1C(库[仑])的正电荷[量]从一点移至另一点所做的功为

1J(焦[耳]), 则这两点间的电压为 1V(伏[特])。

大写字母 U 用来表示不随时间变化的电压, 即直流电压; 小写字母 u 用来表示随时间变化的电压, 即交流电压。

电压也可以用电位来表示, 电路中某点的电位就是该点到参考点之间的电压。规定参考点的电位为零, 电位用大写字母 V 表示。一旦选定了参考点, 电路中各点都将有确定的电位值。例如, 若选 c 点为参考点, 则任一点 a 的电位可表示为 $V_a = U_{ac}$ 。因此, 电位实质上就是电压, 是相对于参考点的电压。

如果已知任意两点 a 、 b 的电位分别为 V_a 、 V_b , 则 a 、 b 两点间的电压可表示为

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

由上式可见, 任意两点间的电压等于这两点的电位之差, 故电压又称电位差。电路中两点间的电压是不变的, 电位随参考点选择的不同而不同。

电压的实际方向规定为电压降的方向, 即由高电位端指向低电位端。表示时, 可用箭头表示, 箭头由高电位端指向低电位端, 如图 1-4(a)所示; 也可用极性符号表示, “+”表示高电位, “-”表示低电位, 如图 1-4(b)所示; 此外, 还可用于下标的顺序来表示, 如 U_{ab} 表示电压的方向由 a 指向 b 。

和电流一样, 各元件电压的实际方向也是难以事先判断出来的, 因此, 对电压也要指定参考方向。根据电压的正负和假定的参考方向可以确定电压的实际方向。

- (1) 若电压为正值($u > 0$), 则实际方向与参考方向相同。
- (2) 若电压为负值($u < 0$), 则实际方向与参考方向相反。

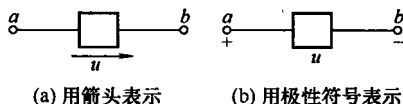


图 1-4 电压方向的表示方法

1.2.3 电流与电压的关联参考方向

一般而言, 电流与电压的参考方向可以独立地任意指定。若在选取两者的参考方向时, 使电流从电压的 “+” 号端流向 “-” 号端, 如图 1-5(a)所示, 这种情形称为电流与电压为关联参考方向, 或称一致的参考方向; 相反的情形称为电流与电压为非关联参考方向, 如图 1-5(b)所示。

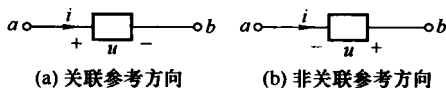


图 1-5 电流与电压的关联参考方向和非关联参考方向

1.2.4 电动势

在电路中, 正电荷是从高电位流向低电位的, 因此, 要维持电路中的电流, 就必须有能把正电荷从低电位移至高电位的非电场力, 电源内部就存在非电场力。非电场力(即局外力)把单位正电荷在电源内部由低电位 b 端移到高电位 a 端所做的功, 称为电动势, 用字母 $e(E)$ 表示。电动势的实际方向在电源内部为从低电位指向高电位, 单位与电压相同, 为 V(伏[特])。

设电源内部的非电场力把正电荷 dq 从低电位端移至高电位端所做的功为 dW , 则电源的电动势为

$$e(t) = \frac{dW}{dq} \quad (1-4)$$

在图 1-6 中, 电压 u_{ab} 是电场力把单位正电荷由外电路从 a 点移到 b 点所做的功, 由高电位指向低电位的方向是电压的实际方向。电动势是非电场力在电源内部克服电场阻力, 把单位正电荷从 b 点移到 a 点所做的功。直流电源在没有和外电路连接的情况下, 其电动势与两端电压大小相等、方向相反。

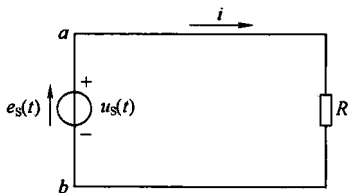


图 1-6 电源的电动势和电压

1.2.5 功率

1. 电功率

电功率是电路元件在单位时间内吸收或释放的电能, 或者说是电能对时间的变化率(即电能对时间的导数), 简称功率。电功率的表达式为

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \times \frac{dq}{dt} = ui \quad (1-5)$$

式中, W 为电能, 单位是 J(焦[耳]); t 为时间, 单位是 s(秒); u 为电压, 单位是 V(伏[特]); i 为电流, 单位是 A(安[培]); p 为功率, 用小写字母 p 表示随时间变化的功率, 单位是 W(瓦[特]), 常用的单位还有 kW(千瓦)、mW(毫瓦)等。

在直流电路中, 功率用大写字母 P 表示, 功率计算公式为

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-6)$$

在电路分析中, 不仅要计算电路元件功率的大小, 有时还要判断功率的性质, 即该元件是产生功率还是吸收功率(消耗功率)。产生功率的元件属于电源性质, 而吸收功率(消耗功率)的元件属于负载性质。下面介绍功率性质的判别方法。

(1) 由电压 U 和电流 I 的参考方向确定功率计算公式(1-6)中的符号。

① 当电压 U 和电流 I 为关联参考方向时, 功率的计算公式取正号, 即按下式计算:

$$P = UI \text{ 或 } p = ui \quad (1-7)$$

② 当电压 U 和电流 I 为非关联参考方向时, 功率的计算公式取负号, 即按下式计算:

$$P = -UI \text{ 或 } p = -ui \quad (1-8)$$

(2) 将已知的电压和电流的数值及符号代入相应的公式中得到计算结果。

(3) 判断功率的性质。

① 若计算结果 $P > 0$, 表明该元件为吸收(或消耗)功率, 属于负载性质。

② 若计算结果 $P < 0$, 表明该元件为产生功率, 属于电源性质。

【例 1-1】 (1) 在图 1-7(a)中, 已知 $U_1 = 10\text{V}$, $I_1 = -2\text{A}$, 求元件的功率, 并说明是吸收功率还是产生功率。

(2) 在图 1-7(b)中, 已知元件吸收的功率为 12W , $I_2 = 3\text{A}$, 求电压 U_2 。

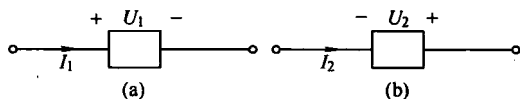


图 1-7 例 1-1 图

解: (1) 图 1-7(a)中电压、电流为关联参考方向, 则功率的计算式为

$$P_1 = U_1 I_1 = 10 \times (-2) = -20 \text{ (W)}$$

因 $P_1 < 0$, 所以该元件为产生功率。

(2) 图 1-7(b)中电压、电流为非关联参考方向, 则功率的计算式为 $P_2 = -U_2 I_2$ 。

$$\text{由已知得 } P_2 = 12\text{W}, \text{ 则 } U_2 = -\frac{P_2}{I_2} = -\frac{12}{3} = -4\text{(V)}$$

2. 电能

除了功率之外, 有时还要计算一段时间内($t_1 \sim t_2$)电路元件所消耗(或产生)的电能。电能的计算公式为

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

在直流电路中, 电能的计算公式为

$$W = Pt = UIt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t \quad (1-10)$$

式中, t 为通电时间。在国际单位制中, 电能的单位是 J(焦[耳]); 在实际应用中常以 $\text{kW} \cdot \text{h}$ (千瓦时)作为电能单位, 千瓦时俗称度。1 度 = 1 千瓦 $\times$ 1 小时 = 1 千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$), 即 1 度电等于功率为 1 千瓦的用电设备在 1 小时内所消耗的电能, 换算关系为

$$1 \text{ 度} = 1\text{kW} \cdot \text{h} = 10^3\text{W} \times 3600\text{s} = 3.6 \times 10^6\text{J} = 3.6\text{MJ}$$

1.3 理想电路元件

1.3.1 电阻元件

电阻元件一般指实际电路中的耗能元件，如电炉、电灯等。电流通过它时，将受到阻碍，沿电流方向产生压降。当电压与电流为关联参考方向时，如图 1-8(a)所示，欧姆定律的表达式为

$$u = Ri \quad (1-11)$$

当电压与电流为非关联参考方向时，如图 1-8(b)所示，欧姆定律的表达式为

$$u = -Ri \quad (1-12)$$

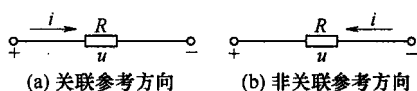


图 1-8 电阻元件

在关联参考方向下，若 $R = \frac{u}{i}$ 是个常数，则 R 称为线性电阻。线性电阻的伏安特性，是过原点的直线，如图 1-9 所示。

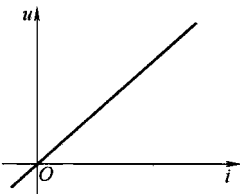


图 1-9 线性电阻元件的伏安特性

把式(1-11)两边乘以 i 得到

$$p = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} = Gu^2 \geq 0$$

式中 $G = \frac{1}{R}$ ，称为电导，单位是 S(西[门子])。 $p \geq 0$ ，说明电阻总是消耗能量的。

在国际单位制中，当电阻两端的电压为 1V(伏[特])，流过电阻的电流为 1A(安[培])时，电阻为 1Ω(欧[姆])。

当电阻两端的电压与流过电阻的电流不成正比关系时，其伏安特性是曲线，如图 1-10 所示。这时，电阻不是一个常数，而是随电压、电流变动的，称为非线性电阻。

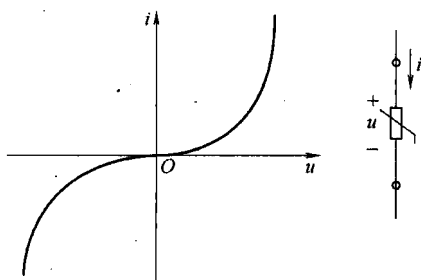


图 1-10 非线性电阻元件

通常所说的“电阻”，如不作特殊说明，均指线性电阻。

1.3.2 电感元件

图 1-11(a)所示为实际的线圈，假定绕制线圈的导线无电阻，线圈有 N 匝，当线圈通以电流 i 时，在线圈内部将产生磁通 Φ_L ，若磁通 Φ_L 与线圈 N 匝都交链，则磁通链 $\Psi_L = N\Phi_L$ 。

在电路中一般用如图 1-11(b)所示的符号表示实际电感，并用字母 L 表示。电感元件能够储存磁场能量。 Φ_L 和 Ψ_L 都是由线圈本身的电流产生的，称为自感磁通和自感磁通链。当磁通 Φ_L 和磁通链 Ψ_L 的参考方向与电流 i 的参考方向之间满足右手螺旋定则时，有

$$\Psi_L = Li \quad (1-13)$$

式中， L 称为线圈的自感或电感。

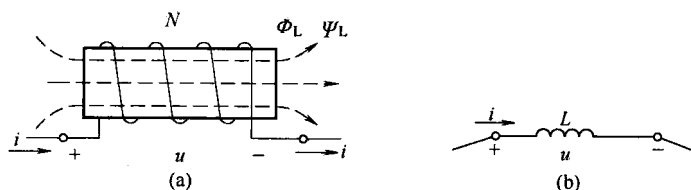


图 1-11 电感元件

在国际单位制中，磁通和磁通链的单位是 Wb(韦[伯])，自感的单位是 H(亨[利])。

若 $L = \frac{\Psi_L}{i}$ 是常数，称为线性电感，其韦安特性是通过原点的一条直线，如图 1-12 所示。

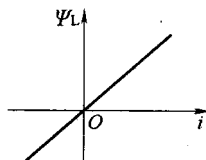


图 1-12 线性电感元件的韦安特性