

高等职业教育规划教材

许传清 主编

高等职业教育规划教材

电工与电子技术基础



3

223



苏州大学出版社



高等职业教育规划教材

电工与电子技术基础

许传清 主 编



苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础/许传清主编. —苏州: 苏州大学出版社, 2004. 12(2006. 7 重印)

高等职业教育规划教材

ISBN 7-81090-435-3

I. 电… II. 许… III. ①电工技术—高等学校: 技术学校—教材②电子技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 004309 号

电工与电子技术基础

编 主 青 许 许

电工与电子技术基础

许传清 主编

责任编辑 苏 秦

苏州大学出版社出版发行

(地址: 苏州市干将东路 200 号 邮编: 215021)

常州市武进第三印刷有限公司印装

(地址: 常州市武进区湟里镇村前街 邮编: 213154)

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 13.25 字数 327 千

2004 年 12 月第 1 版 2006 年 7 月第 3 次印刷

ISBN 7-81090-435-3/TN·4(课) 定价: 17.00 元

苏州大学版图书若有印装错误, 本社负责调换

苏州大学出版社营销部 电话: 0512-67258835

高等职业教育规划教材

前言

目前,各类高职、高专学校工科专业的电工与电子应用的系列教材一般分为《电路基础》、《模拟电子技术基础》、《数字电子技术基础》、《电力电子技术》等几门,它们各自独立,自成体系。为强调自身理论的完整与系统,各课程内容偏多、偏难,相互之间难免存在交叉、重复和错位现象。同时还不同程度地存在内容陈旧、教学与工程实际脱节的现象,不能满足教学改革和人才培养之需。

本书按照教育部关于高职、高专教育必须以就业为导向、以能力培养为目标的办学思路,根据电工与电子课程的基本要求,对原有相对独立的几门课程进行了整体优化和组合,形成了新的体系结构,以适应目前高职、高专教学改革的实际需要。

教材主要包括:电路基础知识和直流电路分析、正弦交流电路、线性电路的过渡过程、半导体元件与基本放大电路、集成电路与集成运算放大器、电子电源与变流技术、门电路与组合逻辑电路、触发器与时序逻辑电路、波形的产生与变换以及电子电路读图等。

教材具有以下特点:

1. 在选材方面,正确处理经典与现代、理论与应用的关系;慎重处理教材起点的高与低、难与易、广与深的关系;力求基本内容稳定,以保证原有课程内容的独立性和学科性。
2. 在内容编排方面,充分体现高等职业教育的特点,理论知识以够用为度,既兼顾课程自身的系统性,又突出了教学的实用性。
3. 教材编写中,注意融入教学方法。教材加强了对基本概念的定义性阐述,力求避免过于繁杂的数学推理。讲元件、器件时着重突出其外部特性和正确选用,讲电路时着重突出其功能和应用。
4. 习题和例题比较丰富,取材着眼于问题的分析和应用,不过分强调解析能力。同时加强了电子电路读图教学,以期培养学生的工程适应能力。
5. 教材力求语言通顺、文字流畅、图文并茂、可读性强,以利于学生自学。

本书由许传清任主编,刘美玲、陆淑伟、尹俊任副主编,常州轻工职业技术学院的薛茂元任主审。参加本书编写工作的有:南京工业职业技术学院的许传清、刘美玲、傅大梅,常州轻工职业技术学院的陆淑伟,南京化工职业技术学院的尹俊,常州机电职业技术学院的夏春风,江苏信息职业技术学院的刘恩华。

在本书编写过程中始终得到苏州大学出版社和许多老师的指导和帮助,在此谨向他们以及所有为本书的编写、出版给予支持和帮助的同志们表示诚挚的感谢。

由于编写者的学识和水平有限,书中难免有缺点、错误和不妥之处,恳请使用本书的老师和学生批评指正。

编 者

2004 年 12 月

目 录

CONTENTS

第一章 电路基础知识和直流电路分析

第一节	电路和电路中的基本物理量	(1)
第二节	电路的工作状态与电气设备的额定值	(6)
第三节	电阻元件与电源元件	(7)
第四节	基尔霍夫定律	(10)
第五节	电路分析的等效变换法	(13)
第六节	电路分析的网络方程法	(20)
第七节	线性电路的叠加定理	(21)
习题一		(22)

第二章 正弦交流电路

第一节	正弦量的基本概念	(27)
第二节	正弦量的相量表示法	(30)
第三节	正弦交流电路中的理想电阻、电感和电容	(32)
第四节	RLC 串联电路	(37)
第五节	正弦交流电路的功率及其测量	(40)
第六节	电路的谐振	(43)
第七节	三相电路	(47)
第八节	互感线圈与理想变压器	(56)
习题二		(58)

第三章 线性电路的过渡过程

第一节	过渡过程的基本概念	(61)
第二节	换路定律与电路的初始值	(62)
第三节	RC 电路的过渡过程	(64)
第四节	RL 电路的过渡过程	(67)
第五节	一阶电路的三要素法	(69)

习题三	(70)
-----------	------

第四章 半导体元件与基本放大电路

第一节 电路中的半导体元件	(73)
第二节 共射放大电路	(81)
第三节 共集电极放大电路	(86)
第四节 多级放大电路	(88)
第五节 差动放大电路	(89)
第六节 低频功率放大电路	(91)
习题四	(93)

第五章 集成电路与集成运算放大器

第一节 集成电路与集成运放	(95)
第二节 放大电路中的负反馈	(99)
第三节 集成运算放大器的应用	(102)
第四节 集成运算放大器的使用常识	(106)
习题五	(108)

第六章 电子电源与变流技术

第一节 直流稳压电源	(111)
第二节 常用电力电子器件	(118)
第三节 晶闸管整流电路	(123)
第四节 触发电路	(125)
第五节 交流调压与交流变频	(127)
习题六	(129)

第七章 门电路与组合逻辑电路

第一节 数字电路基础	(132)
第二节 门电路	(135)
第三节 逻辑代数	(144)
第四节 组合逻辑电路的分析	(146)
第五节 常用组合逻辑器件	(149)
习题七	(157)

第八章 触发器与时序逻辑电路

第一节 触发器	(161)
第二节 时序逻辑电路	(167)

习题八	(176)
-----------	-------

第九章 波形的产生与变换

第一节 正弦波振荡电路	(179)
第二节 555 定时器	(184)
第三节 555 定时器的应用	(185)
习题九	(191)

第十章 电子电路读图

第一节 怎样读电子技术电路图	(194)
第二节 电子电路读图示例	(194)
习题十	(199)

参考答案	(201)
------------	-------

参考文献	(203)
------------	-------

第一章 电路基础知识和直流电路分析

电路是电流通过的路径,是各种电气设备按一定方式联接起来组成的整体.电路也称电网,简称网络.本章主要讨论电路的基本概念、基本物理量、基本元件和基本定律,并以直流电路为例介绍电路的基本分析方法.

第一节 电路和电路中的基本物理量

一、电路

人们在工作和生活中常会遇到一些实际电路,它们根据需要由各种电气设备和元器件按一定方式联接而成.如手电筒电路、电力输电线路、集成电路等.电路通常由电源、负载和中间环节组成.如图 1.1.1 所示,手电筒电路中的电池、灯泡和开关,分别属于电源、负载和中间环节.

电源是供给电能的设备,其作用是将其其他形式的能转变成电能;负载是取用电能的设备,其作用是将电能转换为其他形式的能;中间环节的作用则是实现电能的传输、分配、控制与信号的处理,如导线、开关、熔断器等.

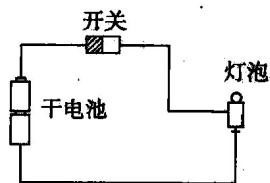


图 1.1.1 手电筒电路

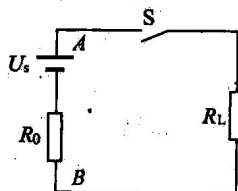


图 1.1.2 电路模型

电路的功能和作用有两类：一是进行能量的转换和输配,如电力系统中的变压器、输电线路等.二是进行信号的加工和处理,如电视机电路、计算机网络等.

二、电路模型

实际电路在工作时,其中的电磁关系十分复杂.为便于分析和计算,通常把电路中的实际器件理想化、近似化,即在一定条件下,仅考虑其主要电磁性质,而忽略其次.这样,可以把实际器件看成只有单一电磁性质的理想电路元件,如白炽灯,其主要作用是消耗电能,呈电

阻特性. 当其中通过电流时, 虽有磁场效应, 却是很微弱的, 故可忽略不计, 而用理想电阻表示. 如果某实际器件的几种电磁性质都应考虑, 那么就可由几种不同性质的理想电路元件的组合来表示. 如干电池原本是产生电能的, 若同时考虑其内部损耗时, 则可用理想电源和电阻元件(反映电池的内阻)的组合来表示. 因此, 任何实际器件都可以用理想电路元件来表示. 由理想元件组成的电路称为实际电路的电路模型. 今后所研究的电路都是指电路模型. 如图 1.1.1 所示的手电筒电路, 就可用图 1.1.2 所示的电路模型来表示.

三、电路中的基本物理量

电路中的物理量主要包括电流、电压、电位、电动势、功率以及电能等.

1. 电流及其参考方向

带电质点的定向移动形成电流, 如金属导体中的自由电子受到电场力的作用, 逆着电场方向做定向移动, 从而形成电流.

电流的大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量. 电流的实际方向习惯上是指正电荷移动的方向. 在外电路, 电流由正极流向负极; 在电源内部, 电流则由负极流向正极.

电流分为两类: 一是大小和方向均不随时间变化, 称为恒定电流, 简称直流, 用 I 表示. 二是大小和方向均随时间变化, 称为交变电流, 简称交流, 用 i 表示.

对于直流电流, 单位时间内通过导体截面的电荷量是恒定不变的, 其大小为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.1.1)$$

对于交流, 若在一个无限小的时间间隔 dt 内, 通过导体横截面的电荷量为 dq , 则该瞬间的电流为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1.2)$$

在国际单位制(SI)中, 电流的单位是安[培](A).

在如图 1.1.2 所示的简单电路中, 电流的实际方向可根据电源的极性直接确定. 而在复杂电路中, 电流的实际方向有时难以确定. 为了便于分析计算, 便引入电流参考方向的概念.

所谓电流的参考方向, 就是在分析计算电路时, 先任意选定某一方向, 作为待求电流的方向, 并根据此方向进行分析计算. 若计算结果为正, 说明电流的参考方向与实际方向相同; 若计算结果为负, 说明电流的参考方向与实际方向相反. 图 1.1.3 表示了电流的参考方向(图中实线所示)与实际方向(图中虚线所示)之间的关系.

例 1.1.1 如图 1.1.4 所示, 电流的参考方向已标出, 并已知 $I_1 = -1\text{A}$, $I_2 = 1\text{A}$, 试指出电流的实际方向.

解: $I_1 = -1\text{A} < 0$, 则 I_1 的实际方向与参考方向相反, 应由点 B 流向点 A.

$I_2 = 1\text{A} > 0$, 则 I_2 的实际方向与参考方向相同, 由点 B 流向点 A.

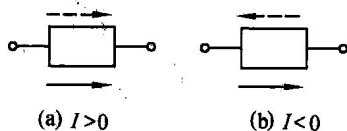


图 1.1.3 电流的参考方向与实际方向

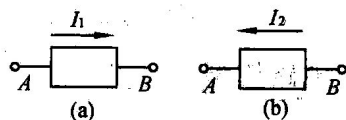


图 1.1.4 例 1.1.1 图

2. 电压及其参考方向

在图 1.1.5 所示的实验电路中,导体 A、B 带等量异号电荷,其中 A 带正电,称为正极;B 带负电,称为负极。若用导线将 A、B 两极通过白炽灯相连,白炽灯会发光,说明灯泡中有电流通过,即正电荷在电场力作用下由 A 沿外电路移动到 B 形成电流。电压则是指单位正电荷从 A 移到 B 电场力所做的功,记为

$$U_{AB} = \frac{W}{Q} \quad (1.1.3)$$

对于交流,则为

$$u_{AB} = \frac{dw}{dq} \quad (1.1.4)$$

电压的单位为伏[特](V)。

电压总是针对两点而言,因此用双下标表示。第一个下标表示正电荷运动的起点,第二个下标表示正电荷运动的终点。电压的实际方向则由起点指向终点。

电压的方向也称极性。在电路图中,一般用极性符号“+”与“-”标注,它们分别代表正电荷运动的起点和终点,因此电压的方向为从“+”极指向“-”极。和电流的参考方向一样,也需设定电压的参考方向。电压的参考方向也是任意选定的,当参考方向与实际方向相同时,电压值为正;反之,电压值则为负。

例 1.1.2 如图 1.1.6 所示,电压的参考方向已标出,并已知 $U_1 = 1V$, $U_2 = -1V$,试指出电压的实际方向。

解: $U_1 = 1V > 0$, 则 U_1 的实际方向与参考方向相同,由 A 指向 B。

$U_2 = -1V < 0$, 则 U_2 的实际方向与参考方向相反,应由 B 指向 A。

还要特别指出,电流与电压的参考方向原本可以任意选择,彼此无关,但为了分析方便,对于负载,一般把两者的参考方向选为一致,称之为关联参考方向。对于电源,一般把两者的参考方向选择为相反,则称之为非关联参考方向。

3. 电位

在电工技术中,大都使用电压的概念,例如,日光灯的电压为 220V,干电池的电压为 1.5V 等。而在电子技术中,经常要用到电位的概念。在电路中任选一点作为参考点,则电路中某一点与参考点之间的电压称为该点的电位。

一般规定参考点的电位为零,因此参考点也称零电位点。这样电位也可定义为:电场力把单位正电荷从某点移到零电位点所做的功就等于该点的电位。电位用符号 V 或 v 表示。例如, A 点的电位记为 V_A 或 v_A 。

电位的单位是伏[特](V)。

电位具有相对性和单值性,电位的相对性是指:电位随参考点选择而异,参考点不同,即使是电路中的同一点,其电位值也不同。电位的单值性是指:参考点一经选定,电路中各点的电位即为一确定值。和电压一样,电位也是一个代数量,凡比参考点电位高的各点为正

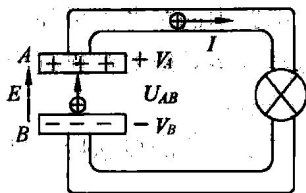


图 1.1.5 电路示意图

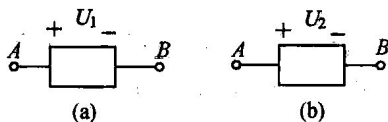


图 1.1.6 例 1.1.2 图

电位,比参考点电位低的各点为负电位。

电路中的参考点可任意选定.当电路中有接地点时,则以地为参考点.若没有接地点时,则选择较多导线的汇集点为参考点.在电子线路中,通常以设备外壳为参考点.参考点用符号“⊥”表示。

有了电位的概念后,电压也可用电位来表示,即

$$\left. \begin{aligned} U_{AB} &= V_A - V_B, \\ u_{AB} &= v_A - v_B. \end{aligned} \right\} \quad (1.1.5)$$

因此,电压也称为电位差。

还需指出,电路中某两点间的电压与参考点的选择无关,即对于不同的参考点,虽然各点的电位不同,但该两点间的电压始终不变。

例 1.1.3 图 1.1.7 所示电路中,已知各元件的电压为: $U_1 = 10\text{V}$, $U_2 = 5\text{V}$, $U_3 = 8\text{V}$, $U_4 = -23\text{V}$. 若分别选 B 点与 C 点为参考点,试求电路中各点的电位。

解: 选 B 点为参考点, 则

$$V_B = 0,$$

$$V_A = U_{AB} = -U_1 = -10\text{V},$$

$$V_C = U_{CB} = U_2 = 5\text{V},$$

$$V_D = U_{DB} = U_3 + U_2 = 8\text{V} + 5\text{V} = 13\text{V},$$

选 C 点为参考点, 则

$$V_C = 0,$$

$$V_A = U_{AC} = -U_1 - U_2 = -10\text{V} - 5\text{V} = -15\text{V},$$

$$\text{或 } V_A = U_{AC} = U_4 + U_3 = -23\text{V} + 8\text{V} = -15\text{V},$$

$$V_B = U_{BC} = -U_2 = -5\text{V},$$

$$V_D = U_{DC} = U_3 = 8\text{V}.$$

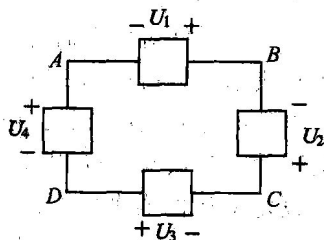


图 1.1.7 例 1.1.3 图

4. 电动势

在图 1.1.5 中,随着正电荷的不断移动,正、负两极板上的电荷会越来越少,电路中的电流也越来越小.为了维持电路中有持续不断的电流,必须有一种外力,把正电荷从低电位(如负极 B)移到高电位(如正极 A),从而维持两极板之间的电位差.在各类电源内部就存在着这种外力,也称电源力.例如干电池中的化学力,发动机内部的电磁力等。

电源力把单位正电荷由低电位点 B 经电源内部移到高电位点 A 克服电场力所做的功,称为电源的电动势.电动势用 E 或 e 表示,即

$$\left. \begin{aligned} E &= \frac{W}{Q}, \\ e &= \frac{dw}{dq}. \end{aligned} \right\} \quad (1.1.6)$$

电动势的单位也是伏[特](V)。

电动势与电压的物理意义不同.电压是衡量电场力做功的能力,而电动势是衡量电源力做功的能力.电动势与电压的实际方向不同,电动势的方向是从低电位指向高电位,即由“—”极指向“+”极,而电压的方向则从高电位指向低电位,即由“+”极指向“—”极.此外,电动势只存在于电源的内部。

5. 功率

单位时间内电场力或电源力所做的功,称为功率,用 P 或 p 表示,即

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{W}{t}, \\ p &= \frac{dw}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (1.1.7)$$

若已知元件的电压和电流,功率的表达式则为

$$\left. \begin{aligned} P &= UI, \\ p &= ui. \end{aligned} \right\} \quad (1.1.8)$$

功率的单位是瓦[特](W).

如前所述,由于电压、电流皆为代数量,因此,由式(1.1.8)所计算的功率也是代数量.

当电流、电压为关联参考方向时,式(1.1.8)表示元件消耗能量.若计算结果为正,说明电路确实消耗功率,为耗能元件.若计算结果为负,说明电路实际产生功率,为供能元件.

当电流、电压为非关联参考方向时,则式(1.1.8)表示元件产生能量.若计算结果为正,说明电路确实产生功率,为供能元件.若计算结果为负,说明电路实际消耗功率,为耗能元件.

例 1.1.4 在图 1.1.8 所示电路中,若电流均为 2A, $U_1=1V$, $U_2=-1V$. (1) 求该两元件消耗或产生的功率. (2) 在图(b)中,若元件产生的功率为 4W,求电流.

解: (1) 对图(a), 电流、电压为关联参考方向, 元件消耗的功率为

$$P=U_1 I=1 \times 2W=2W>0.$$

表明元件消耗功率,为负载.

对图(b), 电流、电压为非关联参考方向, 元件产生的功率为

$$P=U_2 I=(-1) \times 2W=-2W<0.$$

表明元件消耗功率,为负载.

(2) 因图(b)中电流、电压为非关联参考方向,且是产生功率,故

$$P=U_2 I=4W,$$

$$I=\frac{4W}{U_2}=\frac{4}{-1}A=-4A.$$

负号表示电流的实际方向与参考方向相反.

前面已介绍了电路中几个基本物理量的 SI 单位,如安(A)、伏(V)、瓦(W)等.在实际应用中,有时嫌这些单位太小或太大,通常可在这些单位前加上相关的词冠,构成所需实用单位.例如,1mA(毫安) $=1 \times 10^{-3}A$, 2kV(千伏) $=2 \times 10^3V$ 等.

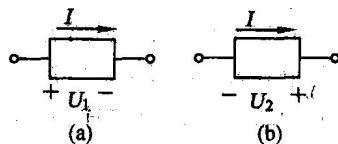


图 1.1.8 例 1.1.4 图

第二节 电路的工作状态与电气设备的额定值

一、电路的工作状态

电路的工作状态有三种,分别是开路、短路和有载工作状态。

1. 开路

开路是指电源与负载没有构成闭合路径。在图 1.1.2 所示电路中,当开关 S 断开时,电路即处于开路状态。此时电路中的电流为零,电源无电能输出。因此,电路开路也称为电源空载。

2. 短路

短路是指电源未经负载而直接通过导线接成闭合路径。如图 1.1.2 所示电路中,若误用一根导线把 A 和 B 点直接连通将会造成短路。电源短路时,流过灯泡的电流为零,又因为电源内阻一般都很小,所以短路电流很大,严重时将会烧毁电源,因此,应尽量避免。为了防止短路事故造成的危害,通常在电路中装设熔断器或自动断路器。一旦发生短路,便能迅速将故障部分切断,从而保护电源,免于烧坏。而有时也会因某种需要,将电路中某一部分或某一元件的两端用导体直接连通,这种做法通常称为短接。

3. 有载工作状态

如图 1.1.2 所示,当开关 S 闭合时,电源与负载构成闭合通路,电路便处于有载工作状态。

二、电气设备的额定值

各种电气设备在运行时,所允许通过的电流、所承受的电压以及所输入或输出的功率,都有一定的限额,若超过这个限额,设备会遭到损坏或缩短使用寿命。例如,若发电机线圈中的电流过大,线圈就会因过热而损坏绝缘;再如电容器,若承受过高电压,两极板之间的介质就会被击穿;各种指针式仪表,若超过其量程则不能读数或打弯指针等。这些使用限额叫做额定值。

额定值的项目很多,主要包括额定电流、额定电压以及额定功率等。分别用 I_N 、 U_N 和 P_N 表示,通常都标在设备的铭牌或外壳上。例如,滑线变阻器的额定电流和额定电阻为 1A 和 300 Ω ;某电动机的额定电压、额定电流、额定功率和额定频率分别为 380V、8.6A、4kW 和 50Hz;便携式微型计算机的输入电压和输入电流分别为直流 19V 和 3.16A 等。

各种电气设备都应在额定状态下运行。通常把工作电流超过额定值时的情况叫做超载或过载;把工作电流低于额定值时的情况叫轻载或欠载;工作电流等于额定电流则称为满载。

此外,额定值的大小会随着工作条件和环境温度变化,若设备在高温环境下使用,则应适当降低额定值或改善散热条件。例如,某些三极管和集成电路的散热片就是为了安全使用而装设的。

金属导线虽然不是电气设备,但通过电流时也要发热,为此也规定了安全载流量.导线截面越大,安全载流量越高;若明线敷设且散热条件好,安全载流量显然大于穿管敷设的状况.

第三节 电阻元件与电源元件

电路中的基本元件主要包括电阻、电容、电感,各种半导体元件以及各类电源.本节先介绍电阻、电压源、电流源以及受控源.

一、电阻

电阻元件也简称电阻,是各类电阻器、白炽灯、电炉等实际器件的理想模型.电阻元件有两个端钮,通过该两端钮与外部电路相联接,称为二端元件.电阻有线性与非线性之分.线性电阻的阻值为常数,通过其中的电流和两端的电压由欧姆定律确定.以直流为例,若为关联参考方向,如图 1.3.1(a)所示,可表示为

$$U=RI. \quad (1.3.1)$$

式中 R 为元件的电阻,单位为欧[姆](Ω).

若为非关联参考方向,如图 1.3.1(b)所示,则欧姆定律的形式为

$$U=-RI. \quad (1.3.2)$$

若电阻中通过的电流为交流,则式(1.3.1)、(1.3.2)的形式分别为

$$u=Ri, \quad (1.3.3)$$

$$u=-Ri. \quad (1.3.4)$$

在电气技术中,通常也用曲线来反映元件的电压(V)与电流(A)的关系,称为伏安(V-A)特性,也称外特性曲线.在直角坐标系中,若取电压为横坐标,电流为纵坐标,根据实验数据可以绘制各种元件的伏安特性.显然,线性电阻的伏安特性为一条过原点的直线,如图 1.3.2(a)所示.非线性电阻中的电流和两端的电压不再符合欧姆定律,其伏安特性不是一条直线.例如,晶体二极管的伏安特性曲线如图 1.3.2(b)所示.

在电工技术中,有时也用电导来表征导体对电流的通过能力.显然,电导与电阻互为倒数,即

$$G=\frac{1}{R}. \quad (1.3.5)$$

电导的单位为西门子,简称西(S).

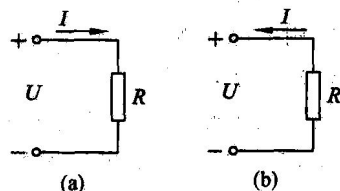


图 1.3.1 电阻元件

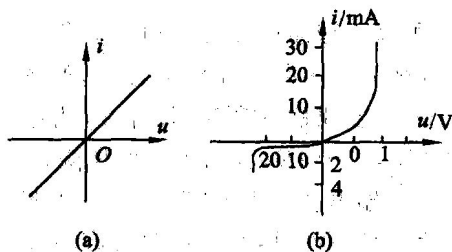


图 1.3.2 电阻元件的伏安特性

这样,欧姆定律还可以表示为

$$I = \pm GU, \quad (1.3.6)$$

$$i = \pm Gu. \quad (1.3.7)$$

电阻是一个耗能元件,它所消耗的功率为

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}. \quad (1.3.8)$$

二、电源

电源有独立源和非独立源之分.能独立向电路提供电压或电流的电源为独立源,例如,干电池、发电机和受到光的激发就能产生一定大小电流的光电池.非独立源也叫受控源,它的电压或电流受电路中其他部分的电压或电流的控制,例如变压器和晶体三极管等.

1. 电压源

常用的电压源有干电池、蓄电池和发电机等.

(1) 理想电压源

理想电压源是一个二端元件,它两端的电压为恒定值 U_s ,或按一定规律随时间变化的电压 u_s ,与流过其中的电流无关;它的电流由与之相联接的负载决定.

图 1.3.3 (a) 中虚线框内所示为直流理想电压源的电路符号,其中 U_s 为电压源的端电压,所标极性为输出电压的参考极性.图 (b) 为电压源的伏安特性,它表明端电压与负载的电流无关.

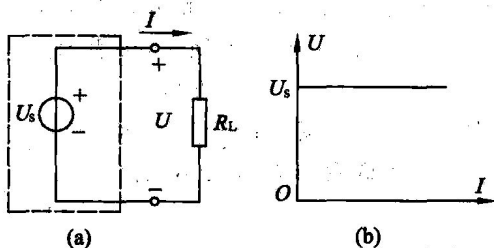


图 1.3.3 理想电压源及其外特性

(2) 实际电压源

理想电压源实际上是不存在的,因为任何电源总存在内阻,当电流通过电源内部时,内阻上会产生电压降,导致输出电压降低.可以用理想电压源与电阻元件的串联组合来表征实际电压源的性能,如图 1.3.4 (a) 中虚线框内所示.图中 R_o 为电压源的内阻, $U_o = IR_o$ 为内阻上的压降, U 为电压源的端电压.图 (b) 为实际电压源的外特性曲线.由特性曲线可得实际电压源的端电压方程为

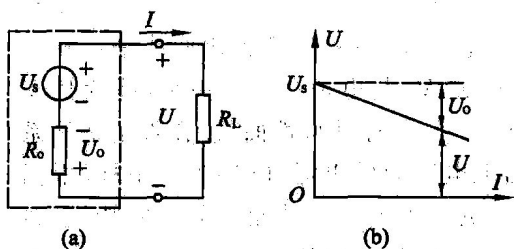


图 1.3.4 实际电压源及其外特性

$$U = U_s - U_o = U_s - IR_o. \quad (1.3.9)$$

式(1.3.9)说明,实际电压源的输出电压不是恒定值,与通过其中的电流有关.电流越大,电源内阻上的压降越大,输出电压越低.也就是说,当负载电阻变化时,电源的输出电压随之变化,这是负载所不希望的,称之为电源带负载能力较差.

由式(1.3.9)还可看出,内阻 R_o 对输出电压有影响.因此,电源内阻也叫输出电阻.

此外,当电源开路时, $I = 0$, 电压 $U = U_s = U_{oc}$, 叫做开路端电压.

2. 电流源

各种光电池就是常见的电流源,如太阳能电池,它是一种把光能转换成电能的半导体器件。

(1) 理想电流源

理想电流源也是一个二端元件,能够输出恒定不变的电流 I_s 或按一定规律变化的电流 i_s ,而与其端电压无关;它的端电压由与之相联接的负载决定。图 1.3.5(a) 框内所示为直流电流源的电路符号,其中 I_s 为其恒定电流,所标方向为电流的参考方向, U 为电流源的端电压。

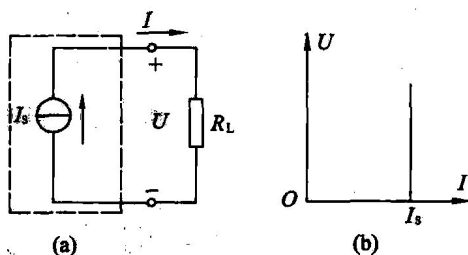


图 1.3.5 理想电流源及其外特性

图 1.3.5(b) 为电流源的 V-A 特性曲线,它表明电流源的输出电流与端电压无关。

(2) 实际电流源

理想电流源实际上也是不存在的,可以用理想电流源与电阻的并联组合来表征实际电流源的性能,如图 1.3.6(a) 虚线框内所示。图中 R_o' 为电流源的内阻, I 为输出电流, I_o 为通过内阻中的电流, U 为端电压。

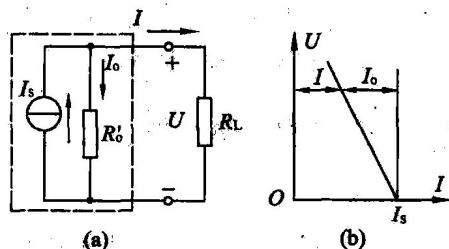


图 1.3.6 实际电流源及其外特性

图 1.3.6(b) 为实际电流源的外特性曲线。由特性曲线可得实际电流源输出电流的方程为

$$I = I_s - I_o = I_s - \frac{U}{R_o'} \quad (1.3.10)$$

式(1.3.10)说明,实际电流源的输出电流不再是恒定值,而与端电压有关。端电压越高,通过内阻上的电流越大,输出电流越小。

3. 受控源

前面所讨论的电压源或电流源都能独立向电路提供一定的电压或电流,称为独立电源。另外还有一类电源,其电流或电压受电路中其他部分电流或电压的控制,称为受控源。例如,在半导体三极管中,其输出电流受输入电流控制,称为电流控制电流源;在变压器中,副方电压受原方电流的控制,称为电压控制电压源。

按受控量与控制量的不同组合,受控源可分为四种类型,即电压控制电压源(VCVS)、电压控制电流源(VCCS)、电流控制电压源(CCVS)、电流控制电流源(CCCS)。仍以直流电流为例,它们的电路模型分别如图 1.3.7 所示。图中用菱形符号表示受控源,以与独立源区别,被控制量表达式中的 μ 、 γ 、 g 以及 α 分别为受控源的控制系数,其中 γ 和 g 分别具有电阻和电导的量纲,称为转移电阻或转移电导。而 μ 和 α 无量纲。对于线性受控源, μ 、 γ 、 g 和 α 均为常数。