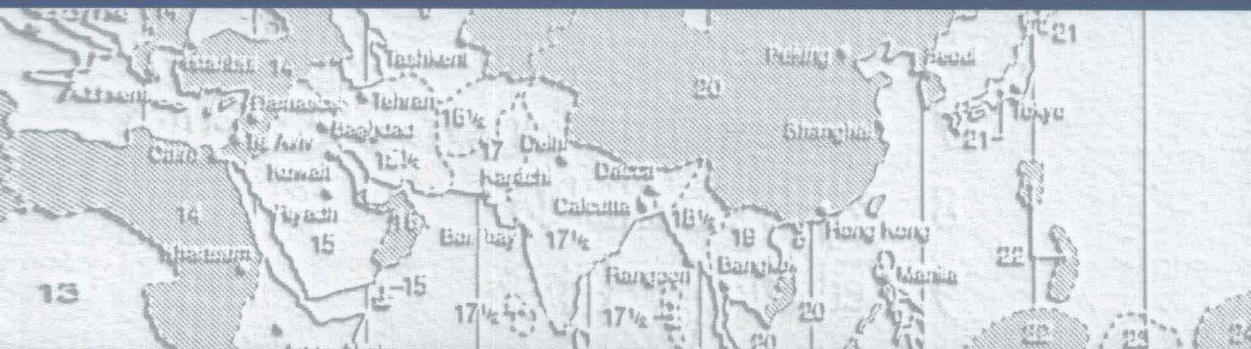




卓越系列 · 21 世纪高职高专精品规划教材



电工电子技术基础

FOUNDATION OF ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

主 编 胥卫东 王衍凤



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

卓越系列 · 21 世纪高职高专精品规划教材

电工电子技术基础

Foundation of Electrical Engineering
and Electronic Technology

主 编 胥卫东 王衍凤
副主编 方定鹿
参 编 王丽卿 王晓健 高金玉
主 审 万 鹏

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书是普通高职高专规划教材,是根据教育部最新制定的《高职高专教育电工电子技术基础课程教学基本要求》以及编者多年教学改革实践编写的。全书主要内容分为三分部,即电工技术、模拟电子技术和数字电子技术。其中电工技术包括电路基本理论及基本定律、直流电路的分析方法、正弦交流电路、电路的过渡过程、磁路和变压器、异步电动机等内容;模拟电子技术包括电子电路中常用的元件、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源等内容;数字电子技术包括逻辑电路基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器及时序逻辑电路、555 定时器及其应用、A/D 转换器等内容。本书每章均配有习题和小结,注重从实用的角度培养学生的思维与工作方法以及解决实际问题的能力,使能力培养贯穿于教学的全过程。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及民办高校的非电类专业的教材,并可作为相关专业的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础/胥卫东,王衍凤主编. —天津:天津大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-5618-3145-8

I. 电… II. ①胥…②王… III. ①电工技术②电子技术 IV. TMTN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 149801 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 迁安万隆印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 169mm×239mm

印 张 18.75

字 数 400 千

版 次 2009 年 8 月第 1 版

印 次 2009 年 8 月第 1 次

印 数 1-3 000

定 价 34.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

《电工电子技术基础》是面向 21 世纪高职高专规划教材之一,是按照高职高专电工电子技术课程的教学大纲要求编写的,体现高职高专的教学目标和教学要求。

随着高等职业教育的不断发展,为适应高职教育的迫切需要,编写具有高等职业教育特色的系列教材势在必行。发展高等职业技术教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》,实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系,调整高等教育结构的重要举措。近年来,高等职业教育以自己鲜明的特色,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献,从而日益受到社会各界的重视,得到迅速发展。

目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇,高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,符合职业特点和要求的优秀教材却似凤毛麟角。这次由天津大学出版社推出的系列高职高专教材,就是这方面的积极探索,是值得庆幸的。

电工电子技术课程分为《电工电子技术基础》和《电工电子技术实训教程》两册,教学参考学时均为 60~70 学时。

本书的编写力求适应高等职业教育的专业性、应用性、针对性、岗位性的特点,基础理论部分内容以必需够用为度,着重基本概念、基本理论及基本公式的应用,有关定理及定律仅作简要说明。针对社会职业技能的需求,及岗位群的智能密集程度及现代科技含量不断增加和复合型岗位的出现,教材的内容覆盖了电工及电子技术的基本内容,并力求突出重点,内容简洁,并注意到某些新技术、新产品、新器件及应用的介绍。

本册为理论部分,共分 16 章,包括电工电路、电机及变压器、电子技术三大部分,主要内容有电路基本理论及基本定律、直流电路的分析方法、正弦交流电路、电路的过渡过程、磁路与变压器、电机及控制、晶体管及其应用、门电路的组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路等。每章后附有小结及习题,不同专业可按不同的教学要求及学时数安排选讲或自学。

为了帮助任课教师更好地备课,按照教学计划顺利完成教学任务,对选用本教材的授课教师免费提供一套包括电子教案、教学大纲、教学计划、教学课件、习题答案、本教材附录等在内的完整的教学解决方案,从而为读者提供全方位的、细致周到的教学资源增值服务。(索取教师专用版光盘的联系电话:022-27402281。电子信箱:zhxm_cugb_tju@sina.com)

本书为高职高专非电类专业教材,也可作为普通高校专科非电类专业及职业大学、职工大学相关专业使用,并可作为有关工程技术人员及其他人员自学参考用书。

参加本书编写的有潍坊职业学院胥卫东,王衍凤,王丽卿,王晓健;合肥滨湖职业技术学院方定鹿;山东信息职业技术学院高金玉等。由胥卫东,王衍凤任主编。其中第1章由方定鹿编写,第2章由王晓健编写,第3、4章由王丽卿编写,第5、6、11至16章由王衍凤编写,第7、8、9章及前8章答案和附录由胥卫东编写,第10章由高金玉编写。全书由胥卫东统稿,山东大学万鹏副教授主审,并提出了很好的修改意见。本书在成书过程中潍坊职业学院和山东信息职业技术学院的多位老师参与研讨或提出建议,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中一定仍有不少错误或不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2009年4月

目 录

第 1 章 电路基本理论及基本定律	1
1.1 电路及电路模型	1
1.2 电路的基本物理量	2
1.3 电流、电压的参考方向	3
1.4 功率及能量	4
1.5 电阻元件	5
1.6 电感元件、电容元件	5
1.7 电压源、电流源及其等效变换	6
1.8 基尔霍夫定律	9
本章小结	12
习题	13
第 2 章 直流电路分析	16
2.1 支路电流法	16
2.2 节点电压法	17
2.3 叠加定理	19
2.4 戴维宁定理	20
本章小结	21
习题	22
第 3 章 正弦交流电路	24
3.1 正弦量的三要素	24
3.2 正弦量的向量表示法	26
3.3 电阻、电感、电容元件	29
3.4 正弦交流电路分析	32
3.5 正弦交流电路的功率	36
3.6 三相电路	38
本章小结	44
习题	44
第 4 章 电路的过渡过程	48
4.1 过渡过程的产生与换路定律	48
4.2 RC 电路的过渡过程	50
4.3 RL 电路的过渡过程	53
4.4 一阶电路过渡过程的三要素法	54

4.5 微分电路和积分电路·····	56
本章小结·····	58
习题·····	58
第5章 磁路和变压器 ·····	61
5.1 电磁感应基础·····	61
5.2 变压器的用途与结构·····	64
5.3 特殊变压器·····	70
本章小结·····	72
习题·····	72
第6章 异步电动机 ·····	74
6.1 三相异步电动机的结构与转动原理·····	74
6.2 三相异步电动机的电磁转矩与机械特性·····	79
6.3 三相异步电动机的启动、调速与制动·····	82
6.4 三相异步电动机的铭牌和技术数据·····	88
6.5 三相异步电动机的选择·····	90
6.6 常用低压电器及基本控制电路·····	92
本章小结·····	98
习题·····	99
第7章 电子电路中常用的元器件 ·····	101
7.1 半导体的基本知识·····	101
7.2 PN结的工作原理·····	103
7.3 二极管的结构及特性·····	107
7.4 稳压二极管·····	109
7.5 发光二极管·····	111
7.6 晶体三极管·····	111
本章小结·····	116
习题·····	116
第8章 基本放大电路 ·····	120
8.1 放大电路概述·····	120
8.2 放大电路的静态分析·····	123
8.3 放大电路的动态分析·····	125
8.4 射极输出器·····	137
8.5 多级放大电路及单管电路的测试·····	140
本章小结·····	141
习题·····	142
第9章 集成运算放大器 ·····	149

9.1 差动放大电路的特性	150
9.2 集成运算放大器的符号及性能参数	157
9.3 负反馈放大电路	160
9.4 集成运算放大器分析	168
9.5 集成运算放大器的使用问题	177
本章小结	180
习题	180
第 10 章 直流稳压电源	185
10.1 概述	185
10.2 整流电路	187
10.3 滤波电路	190
10.4 线性稳压电路	192
* 10.5 开关式稳压电源	197
* 10.6 电源的保护	203
本章小结	204
习题	205
第 11 章 逻辑电路基础	209
11.1 数制与编码	209
11.2 逻辑函数及应用	213
11.3 逻辑函数的化简	216
* 11.4 正负逻辑简介	221
本章小结	222
习题	223
第 12 章 逻辑门电路	225
12.1 分立元件的基本逻辑门电路	225
12.2 TTL 与非门电路	228
12.3 MOS 门电路	231
本章小结	233
习题	234
第 13 章 组合逻辑电路	236
13.1 逻辑函数的表示方式	236
13.2 组合逻辑电路的分析与设计	237
13.3 编码器	241
13.4 译码器	244
本章小结	249
习题	250

第 14 章 触发器及时序逻辑电路	251
14.1 概述	251
14.2 RS 触发器	252
14.3 JK 触发器	256
14.4 D 触发器	259
14.5 时序逻辑电路分析	263
14.6 时序逻辑电路的应用	268
本章小结	273
习题	274
第 15 章 555 定时器及其应用	276
15.1 555 定时器的电路结构与功能	276
15.2 555 定时器的应用	277
本章小结	280
习题	280
第 16 章 A/D 转换器和 D/A 转换器	282
16.1 D/A 转换器	282
16.2 A/D 转换器	285
本章小结	290
习题	290
参考文献	292

第 1 章 电路基本理论及基本定律

学习目标

- ◆ 了解电路的作用与组成。
- ◆ 理解电路元件、电路模型的意义；理解电压、电流参考方向的概念。
- ◆ 掌握电路中电位的计算；会判断电源和负载。
- ◆ 掌握基尔霍夫定律，会用支路电流法求解简单的电路。
- ◆ 理解电压源、电流源的概念，并掌握其等效变换法。



1.1 电路及电路模型

1.1.1 电路的组成及其作用

电路是为实现和完成人们的某种需求,由电源、导线、开关、负载等电气设备或元器件组合起来,能使电流流通的整体。简单地说,就是电流的通路。电路的主要作用是:实现电能的传输、分配和转换,其次能实现信号的传递和处理。如电炉在电流通过时将电能转换成热能,电视机可将接收到的信号经过处理,转换成图像和声音。

1.1.2 电路模型

1. 实际电路

如图 1.1 所示,实际电路一般由三部分组成,即提供电能的设备(电池、发电机)、传输设备(连接导线)及使用电能的设备(负载,如电灯)。

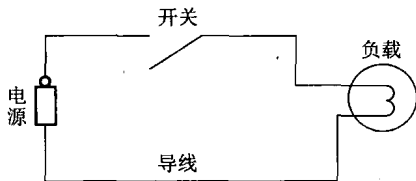


图 1.1 实际电路

2. 电路模型

在电路的分析计算中,用一个假定的二端元件如电阻元件(如图 1.2 所示)来代替实际元件(如白炽灯),二端元件的电和磁的性质反映了实际电路元件的电和磁的性质,称这个假定的二端元件为理想电路元件。

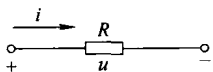


图 1.2 二端元件

理想电路元件组成的电路称为理想电路模型,简称电路模型,如图 1.3 所示。图中假定实际电源的内阻忽略不计。

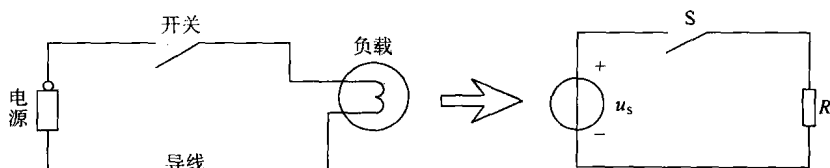


图 1.3 电路模型

1.2 电路的基本物理量

1.2.1 电流

电流是由带电粒子(电荷)有规则的定向运动而形成的。电流既有大小又有方向,其大小由电流强度(简称电流)表征,其实际方向规定为正电荷运动的方向或负电荷运动的相反方向。电流强度是单位时间内通过导体横截面的电荷量。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 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。

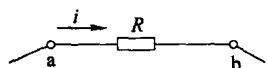


图 1.4 电流的表示

在国际单位制(SI)中,在 1 s 内通过导体横截面的电荷量为 1 C(库[仑])时,其电流为 1 A(安[培])。电流的方向可用箭头表示,也可用字母顺序表示,如图 1.4 所示。

用双下标表示时为 i_{ab} 。

1.2.2 电压及参考点

一般用电压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 点移到 b 点(如图 1.5 所示)所做的功称为 a 、 b 间的电压,用 u_{ab} 表示。习惯上把电位降低的方向作为电压的实际方向,可用+、-号表示,也可用字母的双下标表示(过去曾用箭头表示),如图 1.5 所示。

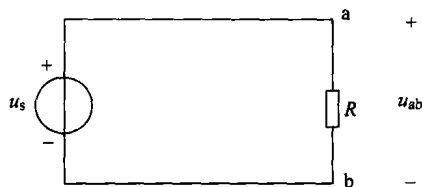


图 1.5 电压的表示

设正电荷 dq 从 a 点移至 b 点电场力所做的功为 dW ,则 a 、 b 间电压为

$$u_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad (1.2)$$

当 $u_{ab} > 0$ 时,则表示正电荷从 a 点移至 b 点通过这段电路时是电场力做功,即这段电路是吸收电能。在国际单位制中,当电场力把 1 C(库[仑])的正电荷[量]从一点移到另一点所做的功为 1 J(焦[耳])时,则这两点间的电压为 1 V(伏[特])。

有时把电路中任一点与参考点(规定电位能为零的点)之间的电压,也称为该点的电位。也就是该点对参考点所具有的电位能。电位的单位与电压相同,用 V(伏[特])表示。

电路中两点间的电压也可用两点间的电位差来表示。

$$u_{ab} = u_a - u_b \quad (1.3)$$

电路中两点间的电压是不变的,电位随参考点(零电位点)选择的不同而不同。

1.2.3 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的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从低电位指向高电位,单位与电压相同用 V(伏[特])表示。

设在电源内部非电场力把正电荷 dq 从低电位端移至高电位端所做功为 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} 等于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。在图 1.7 中,直流电源在没有与外电路连接的情况下,电动势与两端电压大小相等方向相反。

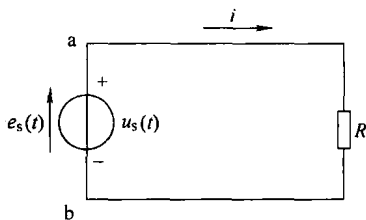


图 1.6 电动势的表示

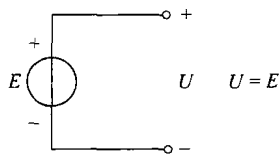


图 1.7 无外连接的电动势

1.3 电流、电压的参考方向

在电路的分析计算中,流过某一段电路或某一元件电流的实际方向或两端电压的实际方向往往不知道,这时可以任意假定一个电流方向或电压方向。当假定的电流方向或电压方向与实际方向一致时取正,相反时取负。假定的电流、电压方向称为电流、电压的参考方向。

1.3.1 电流的参考方向

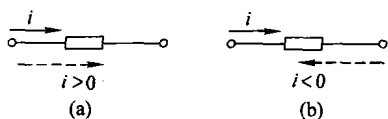


图 1.8 电流的参考方向

(a) $i > 0$; (b) $i < 0$

图 1.8(a)中电流的参考方向与实际方向一致, $i > 0$ 。图 1.8(b)中电流的参考方向与实际方向相反, $i < 0$ 。实际方向用虚线表示, 参考方向用实线表示, 全书同。

1.3.2 电压的参考方向

在图 1.9(a)中, 电压参考方向与实际方向一致取正, $u > 0$ 。在图 1.9(b)中, 电压参考方向与实际方向相反取负, $u < 0$ 。

可见电流、电压都是代数量。当电流的方向与电压方向选取一致时, 称为关联参考方向, 如图 1.10 所示。

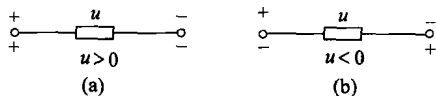


图 1.9 电压的参考方向

(a) $u > 0$; (b) $u < 0$

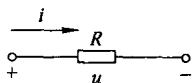


图 1.10 电压、电流的关联参考方向

1.4 功率及能量

对于一个二端元件或二端网络(与外部只有两个端钮相联的元件或网络, 这里, 网络即指较复杂的电路), 我们定义其所吸收(或产生)的功率为单位时间内该电路所吸收(或产生)的能量, 即

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (1.5)$$

在国际单位制中, 功率的单位是瓦[特], 符号为 W。在图 1.10 中, 电阻两端的电压是 u , 流过的电流是 i , 电压与电流是关联参考方向, 则电阻吸收的功率为

$$P = ui$$

电阻在 t 时间内所消耗的电能为 $W = Pt$

平时所说消耗 1 度电就是: 功率为 1 kW 的用电设备在 1 h 内消耗的电, 即 1 kWh。

元件两端电压和流过的电流在关联参考方向下时, 如图 1.10 所示。

$P = ui > 0$, 元件吸收功率; $P = ui < 0$, 元件发出功率。

如果元件两端的电压和流过的电流在非关联参考方向下时, 如图 1.11 所示。

$P = ui > 0$, 元件发出功率; $P = ui < 0$, 元件吸收功率。

对任一个电路元件, 当流经元件的电流实际方向与元件两端电压的实际方向一致时, 元件吸收功率; 电流与电压实际方向相反时, 元件发出功率。

例 1.1 试判断图 1.12 中元件是发出功率还是吸收功率。

解 在图 1.12(a)中,电压、电流是关联参考方向,且 $P=ui=10\text{ W}>0$,元件吸收功率。在图 1.12(b)中,电压、电流是关联参考方向,且 $P=ui=-10\text{ W}<0$,元件发出功率。

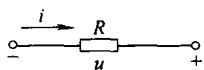
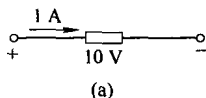
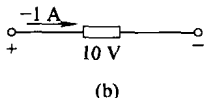


图 1.11 电压电流的非关联参考方向



(a)



(b)

图 1.12 例 1.1 图

1.5 电阻元件

对于线性电阻元件,其电路模型如图 1.2 所示,其电压、电流满足欧姆定律,即流过电阻的电流与其两端的电压成正比,也即

$$u=Ri \quad (1.6)$$

式中, R 为电阻,单位为欧姆(Ω)。 R 亦可用电导 G 表示, G 的单位为西门子(S),它与 R 之间的关系为

$$G=\frac{1}{R} \quad (1.7)$$

当电阻两端的电压与流过的电流为非关联参考方向时,如图 1.11 所示,根据欧姆定律,电压与电流有如下关系。

$$u=-Ri \quad (1.8)$$

在关联参考方向下,当 $R=\frac{u}{i}$ 是个常数时,则 R 称为线性电阻。线性电阻的伏安特性如图 1.13 所示,是过原点的直线。

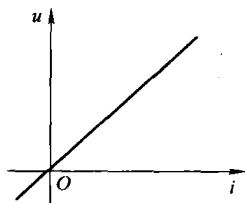


图 1.13 线性电阻的伏安特性曲线

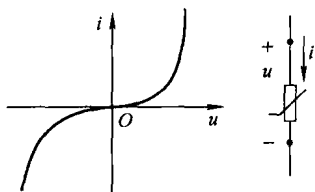


图 1.14 非线性电阻的伏安特性曲线

把式(1.6)两边乘以 i 得到

$$P=ui=Ri^2=\frac{u^2}{R}=Gu^2\geqslant 0$$

电阻总是消耗能量的。

当电阻两端的电压与流过电阻的电流不成正比关系时,伏安特性是曲线,如图 1.14 所示。电阻不是一个常数,随电压电流变动,称为非线性电阻。

1.6 电感元件、电容元件

1.6.1 电感元件

一般用图 1.15 表示实际线圈,通常称为电感元件,用字母 L 表示。电感元件为

一储能元件,能够储存磁场能量。其电路模型如图 1.16 所示。

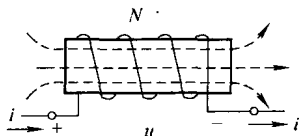


图 1.15 实际线圈

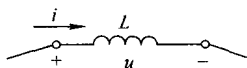


图 1.16 电感元件的电路模型

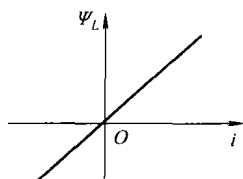


图 1.17 线性电感的韦安特性

在国际单位制中,电感的单位是 H(亨利)。当 \$L\$ 是常数时,称为线性电感,如图 1.17 所示,其韦安特性是通过原点的一条直线。

当电感元件两端电压和通过电感元件的电流在关联参考方向下,根据楞次定律,有

$$u = L \frac{di}{dt} \quad (1.9)$$

1.6.2 电容元件

电容元件为一储能元件,它储存电场能量。其电路模型及库伏特性曲线如图 1.18 所示。其伏安关系为

$$i = C \frac{du}{dt} \quad (1.10)$$

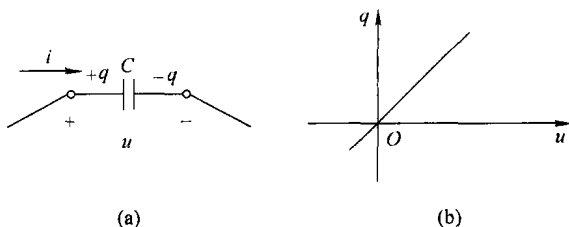


图 1.18 电容元件电路模型及库伏特性曲线

(a) \$u, i\$ 关联; (b) 库伏特性曲线

1.7 电压源、电流源及其等效变换

为了维持电路中的电流,电路中必须有能够提供电能的独立电源。独立电源一般分为电压源和电流源。

1.7.1 电压源

电压源如图 1.19 所示,具有以下特点:电压源两端的电压 \$u_s(t)\$ 为确定的时间函数,与流过的电流无关。当 \$u_s\$ 为直流电压源时,两端的电压 \$u_s(t)\$ 不变, \$u_s(t) = U\$。

直流电压源伏安特性如图 1.20 所示。

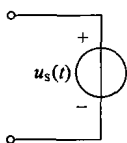


图 1.19 电压源模型

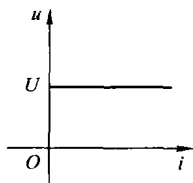


图 1.20 直流电压源的伏安特性曲线

从图 1.21 中看出,电压源两端电压不随外电路的改变而改变。直流电压源也可用图 1.22 中的符号表示。长线表示正极(高电位),短线表示负极(低电位)。

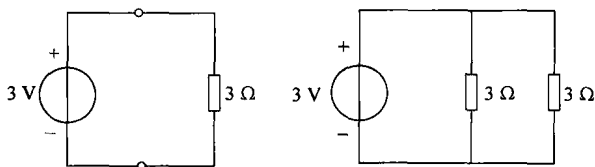


图 1.21 电压源带不同负载的模型

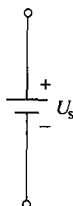


图 1.22 电压源的常用符号

当电流流过电压源时,是从低电位流向高电位,则电压源向外提供电能。当电流流过电压源时,是从高电位流向低电位,则电压源吸收电能。如电池充电的情况。

1.7.2 电流源

电流源如图 1.23 所示。电流 $i_s(t)$ 是确定的时间函数,与电流源两端的电压无关。在直流电流源的情况下,输出的电流是恒值,即 $i_s(t) = I$,伏安特性如图 1.24 所示。

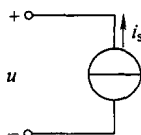


图 1.23 电流源模型

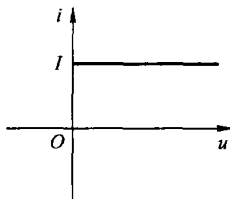


图 1.24 直流电流源的伏安特性曲线

从图 1.25 中看出电流源输出的电流不随外路的改变而改变。

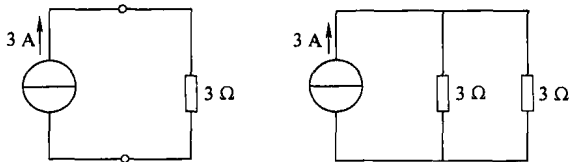
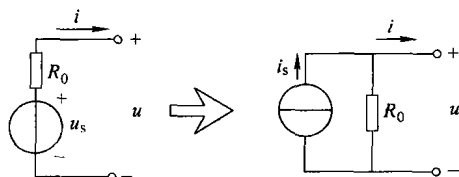


图 1.25 电流源带不同负载的模型

若电流源的电流和电压取非关联参考方向,如图 1.23 所示。在这种情况下,如果 $P > 0$,则表示电流源输出功率; $P < 0$,则表示电流源吸收功率。

1.7.3 实际电源两种模型的等效变换

实际电源可用两种电路模型来表示,一种为电压源和一电阻(内阻 R_0)的串联模型,还有一种为电流源和电阻(内阻 R_0)的并联模型,如图 1.26 所示。实际电源的这两种电路模型,对外电路是相互等效的,具体分析如下。



两种模型的特点是电阻相同,电流源电流为

$$i_s = \frac{u_s}{R_0} \quad (1.10)$$

电流 i_s 的方向为由电压源的低电位指向高电位,注意是对外电路等效。

证明:在图 1.27 中,

$$u = u_s - R_0 i \quad (1.11)$$

$$i = \frac{u_s}{R_0} - \frac{u}{R_0} \quad (1.12)$$

在图 1.28 中,

$$i = i_s - \frac{u}{R'_0} \quad (1.13)$$

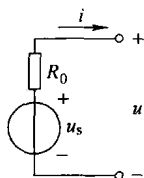


图 1.27 实际电压源

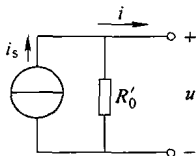


图 1.28 实际电流源

在图 1.27、图 1.28 中对外电路等效,即 u 、 i 相同,比较式(1.12)、式(1.13),当 $i_s = \frac{u_s}{R_0}$ 时,可得 $R_0 = R'_0$ 。

或当 $R_0 = R'_0$ 时, $i_s = \frac{u_s}{R_0}$,证毕。

1.7.4 电路的短路和开路

当电源与负载相连接时,根据所连接负载的情况,电路通常会出现短路、开路、带负载三种工作状态,具体分析如下。在图 1.29 所示电路中有

$$RI = U_s - R_0 I$$

则

$$I = \frac{U_s}{R + R_0}$$

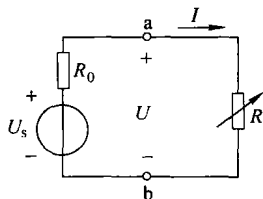


图 1.29 不同负载的电路