



高职高专精品课程规划教材

GAOZHIGAOZHUANJINGPINKECHENGGUIHUAJIAOCAI



电工电子技术基础

饶蜀华◎主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高职高专精品课程规划教材

电工电子技术基础

饶蜀华 主编

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书为高职高专教材,是根据国家教育部制定的《高职高专教育电工电子技术基础教学基本要求》,并结合我们长期讲授该门课程的经验编写而成的。全书共分14章,主要内容有电路的基本知识、直流电路分析、正弦交流电路、三相交流电路、磁路及变压器、异步电动机、继电-接触器控制、常用半导体器件及应用、集成运算放大器、直流稳压电源、逻辑代数及逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、555集成定时器及应用。每章附有小结、习题,书末附有部分习题答案,便于自学。

本书内容以“应用”为主旨,“够用”为度。全书按照循序渐进、理论联系实际、便于自学的原则编写,基本概念讲述清楚,基本分析方法归类恰当,步骤明确,叙述简练,做到深入浅出,通俗易懂。

本书可作为高等职业学院、高等专科学校、成人高校、中等职业学校非电专业的教材,也可供工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础/饶蜀华主编. —北京:北京理工大学出版社,2008.2
高职高专精品课程规划教材
ISBN 978-7-5640-1386-8

I. 电… II. 饶… 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. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 008319 号

出版发行 / 北京理工大学出版社
社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号
邮 编 / 100081
电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)
网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>
经 销 / 全国各地新华书店
印 刷 / 北京地质印刷厂
开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16
印 张 / 16.75
字 数 / 335 千字
版 次 / 2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷
印 数 / 1~6000 册
定 价 / 25.80 元

责任校对 / 陈玉梅
责任印制 / 周瑞红

图书出现印装质量问题,本社负责调换

《电工电子技术基础》编写委员会

主 编 饶蜀华

副主编 高 焕 许高骥

编写人员 (以姓氏笔划为序)

卫正秀 王建军 叶 茂 邹涯梅

周 兴 胡海华 侯 涛

主 审 林金泉

前 言

《电工电子技术基础》是为高职高专非电类专业提供的一门专业技术基础课，是依据国家教育部制定的《高职高专教育电工电子技术基础教学基本要求》，为进一步适应我国高职高专职业教育的迅猛发展，推动学校向“以就业为导向”的现代高职高专教育新模式转变，促进学校的办学特色，遵循高职高专理论以够用为度，内容为应用服务的原则编写的。

本书包括两大部分内容：电工技术和电子技术基础。本书选材广泛，深度适宜，基础理论层次清楚，技术应用注重实例。为加强实践环节，培养学生的实际动手能力和激发学生的学习兴趣，每章结束还提出了本章实验要求，不同学校和专业可根据实际情况选作部分实验。为使本书能适应各高职高专院校不同专业的实际教学需要，在保证满足课程教学基本要求的前提下，还适当增加了一些拓宽的选学内容，这些内容在章节前均标有“*”号。

由于编者水平有限，书中难免有缺陷和错误之处，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

(17)	.....	.....	.....
(18)	.....	.....	.....
(19)	.....	.....	.....
(20)	.....	.....	.....
(21)	.....	.....	.....
(22)	.....	.....	.....
(23)	.....	.....	.....
(24)	.....	.....	.....
(25)	.....	.....	.....
(26)	.....	.....	.....
(27)	.....	.....	.....
(28)	.....	.....	.....
(29)	.....	.....	.....
(30)	.....	.....	.....
(31)	.....	.....	.....
(32)	.....	.....	.....
(33)	.....	.....	.....
(34)	.....	.....	.....
(35)	.....	.....	.....
(36)	.....	.....	.....
(37)	.....	.....	.....
(38)	.....	.....	.....
(39)	.....	.....	.....
(40)	.....	.....	.....
(41)	.....	.....	.....
(42)	.....	.....	.....
(43)	.....	.....	.....
(44)	.....	.....	.....
(45)	.....	.....	.....
(46)	.....	.....	.....
(47)	.....	.....	.....
(48)	.....	.....	.....
(49)	.....	.....	.....
(50)	.....	.....	.....
(51)	.....	.....	.....
(52)	.....	.....	.....
(53)	.....	.....	.....
(54)	.....	.....	.....
(55)	.....	.....	.....
(56)	.....	.....	.....
(57)	.....	.....	.....
(58)	.....	.....	.....
(59)	.....	.....	.....
(60)	.....	.....	.....
(61)	.....	.....	.....
(62)	.....	.....	.....
(63)	.....	.....	.....
(64)	.....	.....	.....
(65)	.....	.....	.....
(66)	.....	.....	.....
(67)	.....	.....	.....
(68)	.....	.....	.....
(69)	.....	.....	.....
(70)	.....	.....	.....
(71)	.....	.....	.....
(72)	.....	.....	.....
(73)	.....	.....	.....
(74)	.....	.....	.....
(75)	.....	.....	.....
(76)	.....	.....	.....
(77)	.....	.....	.....
(78)	.....	.....	.....
(79)	.....	.....	.....
(80)	.....	.....	.....
(81)	.....	.....	.....
(82)	.....	.....	.....
(83)	.....	.....	.....
(84)	.....	.....	.....
(85)	.....	.....	.....
(86)	.....	.....	.....
(87)	.....	.....	.....
(88)	.....	.....	.....
(89)	.....	.....	.....
(90)	.....	.....	.....
(91)	.....	.....	.....
(92)	.....	.....	.....
(93)	.....	.....	.....
(94)	.....	.....	.....
(95)	.....	.....	.....
(96)	.....	.....	.....
(97)	.....	.....	.....
(98)	.....	.....	.....
(99)	.....	.....	.....
(100)	.....	.....	.....
(101)	.....	.....	.....
(102)	.....	.....	.....
(103)	.....	.....	.....
(104)	.....	.....	.....
(105)	.....	.....	.....
(106)	.....	.....	.....
(107)	.....	.....	.....
(108)	.....	.....	.....
(109)	.....	.....	.....
(110)	.....	.....	.....
(111)	.....	.....	.....
(112)	.....	.....	.....
(113)	.....	.....	.....
(114)	.....	.....	.....
(115)	.....	.....	.....
(116)	.....	.....	.....
(117)	.....	.....	.....
(118)	.....	.....	.....
(119)	.....	.....	.....
(120)	.....	.....	.....
(121)	.....	.....	.....
(122)	.....	.....	.....
(123)	.....	.....	.....
(124)	.....	.....	.....
(125)	.....	.....	.....
(126)	.....	.....	.....
(127)	.....	.....	.....
(128)	.....	.....	.....
(129)	.....	.....	.....
(130)	.....	.....	.....
(131)	.....	.....	.....
(132)	.....	.....	.....
(133)	.....	.....	.....
(134)	.....	.....	.....
(135)	.....	.....	.....
(136)	.....	.....	.....
(137)	.....	.....	.....
(138)	.....	.....	.....
(139)	.....	.....	.....
(140)	.....	.....	.....
(141)	.....	.....	.....
(142)	.....	.....	.....
(143)	.....	.....	.....
(144)	.....	.....	.....
(145)	.....	.....	.....
(146)	.....	.....	.....
(147)	.....	.....	.....
(148)	.....	.....	.....
(149)	.....	.....	.....
(150)	.....	.....	.....
(151)	.....	.....	.....
(152)	.....	.....	.....
(153)	.....	.....	.....
(154)	.....	.....	.....
(155)	.....	.....	.....
(156)	.....	.....	.....
(157)	.....	.....	.....
(158)	.....	.....	.....
(159)	.....	.....	.....
(160)	.....	.....	.....
(161)	.....	.....	.....
(162)	.....	.....	.....
(163)	.....	.....	.....
(164)	.....	.....	.....
(165)	.....	.....	.....
(166)	.....	.....	.....
(167)	.....	.....	.....
(168)	.....	.....	.....
(169)	.....	.....	.....
(170)	.....	.....	.....
(171)	.....	.....	.....
(172)	.....	.....	.....
(173)	.....	.....	.....
(174)	.....	.....	.....
(175)	.....	.....	.....
(176)	.....	.....	.....
(177)	.....	.....	.....
(178)	.....	.....	.....
(179)	.....	.....	.....
(180)	.....	.....	.....
(181)	.....	.....	.....
(182)	.....	.....	.....
(183)	.....	.....	.....
(184)	.....	.....	.....
(185)	.....	.....	.....
(186)	.....	.....	.....
(187)	.....	.....	.....
(188)	.....	.....	.....
(189)	.....	.....	.....
(190)	.....	.....	.....
(191)	.....	.....	.....
(192)	.....	.....	.....
(193)	.....	.....	.....
(194)	.....	.....	.....
(195)	.....	.....	.....
(196)	.....	.....	.....
(197)	.....	.....	.....
(198)	.....	.....	.....
(199)	.....	.....	.....
(200)	.....	.....	.....

3.3 欧姆定律的相量形式、阻抗及导纳	(54)
3.4 正弦交流电路分析	(55)
3.5 正弦交流电路的功率及功率因素提高	(61)
* 3.6 交流电路中的谐振	(66)
【本章小结】	(69)
【实验要求】	(72)
习题 3	(72)
第 4 章 三相交流电路	(75)
【学习要点】	(75)
4.1 三相正弦交流电源	(75)
4.2 三相交流电路分析	(78)
4.3 三相功率及功率测量	(83)
【本章小结】	(85)
习题 4	(86)
第 5 章 磁路及变压器	(88)
【学习要点】	(88)
5.1 磁路的基本知识	(88)
5.2 交流铁芯线圈	(91)
5.3 变压器的用途、结构及工作原理	(94)
5.4 特殊变压器及电磁铁	(98)
【本章小结】	(101)
【实验要求】	(101)
习题 5	(101)
第 6 章 异步电动机	(103)
【学习要点】	(103)
6.1 三相异步电动机的结构及转动原理	(103)
* 6.2 三相异步电动机的特性	(106)
6.3 三相异步电动机的铭牌和技术数据	(110)
6.4 三相异步电动机的运行方式	(112)
6.5 异步电动机的选择	(118)
* 6.6 单相异步电动机	(119)

【本章小结】	(122)
【实验要求】	(123)
习题 6	(123)
第 7 章 继电—接触器控制	(125)
【学习要点】	(125)
7.1 常用低压电器	(125)
7.2 三相笼型电动机的基本控制电路	(132)
7.3 开关自动控制	(135)
7.4 基本电气识图	(139)
7.5 安全用电	(141)
【本章小结】	(143)
【实验要求】	(144)
习题 7	(144)
第 8 章 常用半导体器件及应用	(146)
【学习要点】	(146)
8.1 半导体二极管	(146)
8.2 稳压二极管	(149)
8.3 发光二极管	(150)
8.4 二极管的应用举例 (半波整流)	(150)
8.5 晶体三极管	(151)
8.6 三极管的应用举例	(155)
【本章小结】	(157)
【实验要求】	(158)
习题 8	(158)
第 9 章 集成运算放大器	(161)
【学习要点】	(161)
9.1 集成运算放大器介绍	(161)
9.2 放大电路中的负反馈	(163)
9.3 集成运算放大器的应用	(167)
9.4 集成运算放大器使用中应注意的问题	(169)
【本章小结】	(169)

习题 9	(169)
第 10 章 直流稳压电源	(171)
【学习要点】	(171)
10.1 直流稳压电源的组成	(171)
10.2 整流电路	(171)
10.3 滤波电路	(173)
10.4 稳压电路	(175)
【本章小结】	(177)
习题 10	(177)
第 11 章 逻辑代数及逻辑门电路	(179)
【学习要点】	(179)
11.1 数制与编码	(179)
11.2 逻辑代数	(183)
11.3 集成逻辑门电路及其芯片	(188)
11.4 TTL 与非门的电压传输特性及主要参数	(189)
【本章小结】	(190)
【实验要求】	(190)
习题 11	(191)
第 12 章 组合逻辑电路	(192)
【学习要点】	(192)
12.1 小规模集成组合逻辑电路的分析	(192)
12.2 中规模集成组合逻辑电路的功能与应用	(194)
【本章小结】	(209)
【实验要求】	(209)
习题 12	(209)
第 13 章 时序逻辑电路	(212)
【学习要点】	(212)
13.1 中规模集成寄存器	(212)
13.2 中规模集成计数器	(218)
【本章小结】	(223)

习题 13	(224)
第 14 章 555 集成定时器及应用	(226)
【学习要点】	(226)
14.1 555 集成定时器的电路组成和工作原理	(226)
14.2 555 集成定时器的典型应用	(227)
【本章小结】	(232)
【实验要求】	(233)
习题 14	(233)
附录 电工测量	(234)
【学习要点】	(234)
一、电工测量仪表的基本知识	(234)
二、电流与电压的测量	(237)
三、功率的测量	(238)
四、万用表	(241)
五、电度表及电能的测量	(244)
六、兆欧表及绝缘电阻测量	(247)
【本章小结】	(248)
习题	(248)
习题答案	(250)
参考文献	(254)

第1章 电路的基本知识

【学习要点】

本章主要介绍电路的基本概念、主要物理量、基本元件和基本定律,这是电路分析、电气控制和电子技术的基础。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路和电路的组成

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成的,能使电流流通的整体。简单地说,电流流通的路径称为电路。电路的基本作用是实现电能的产生、传输和转换。电路可分为简单电路和复杂电路。

一个完整电路一般由电源、负载和中间环节三部分组成。

(1) 电源是产生并提供电能的设备,其作用是将化学能、光能、机械能等非电能量转换为电能。

(2) 负载是使用电能的设备,其作用是将电源提供的电能转换为其他形式的能量。

(3) 中间环节的作用是将电源和负载联接起来形成闭合电路,并对整个电路实行控制、保护及测量。主要包括联接导线,控制电器,保护电器,测量仪表等。

一个最简单的电路——手电筒电路如图 1-1(a)所示。其中,干电池为电源,其作用是把化学能转换为电能;小灯泡为负载,其作用是把电能转换为光和热能;开关和导线构成中间环节。

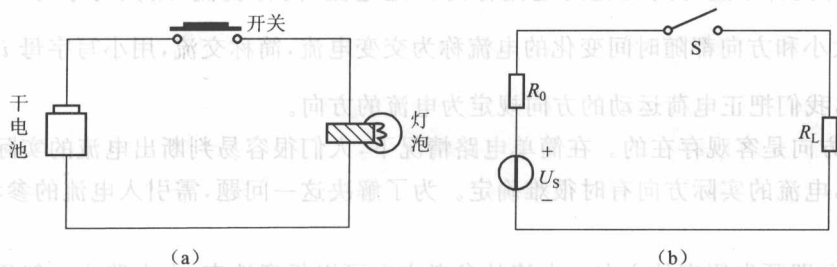


图 1-1 手电筒电路

1.1.2 电路模型

由于电路的复杂性和多样性,如果在分析电路时都用实际电路去分析,必然会事倍功半。为了使电路的分析与计算大大简化,常把实际元件在一定条件下,进行近似化、理想化处理,得到理想元件,并用规定的符号去表示。由理想元件组成的电路称为实际电路的电路模型。图 1-1(b)即为图 1-1(a)的电路模型,简称电路图。

1.1.3 电路的工作状态

一个电路可以呈现出三种状态。

- (1) 通路:开关接通,形成闭合回路,电路中有电流。
- (2) 开路或断路:开关断开或电路中某处断线,电路中无电流。
- (3) 短路:电路中不应该联接的地方被联接起来了,此时电路中电流往往很大,很容易损坏器件,在实际中应严禁短路现象发生。

【思考题】

1-1 什么叫电源? 什么叫负载? 试各举数例。

1-2 在电路分析中采用理想元件和电路模型有何好处?

1.2 电路的主要物理量

1.2.1 电流

电荷(电子或离子)在电场力或外力作用下,做有规律的运动形成电流。电流的大小用电流强度来表征。

电流强度简称电流,其定义为通过导体横截面的电荷量随时间的变化率,即

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

在国际单位制中,当电量 q 的单位为库仑(C),时间 t 的单位为秒(s)时,电流的单位为安培,简称安(A)。实际中,千安(kA)、毫安(mA)和微安(μ A)也是电流常用的单位。

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,用大写字母 I 表示,此时 $\frac{dq}{dt} = \text{常数}$;大小和方向都随时间变化的电流称为交变电流,简称交流,用小写字母 i 表示。

习惯上,我们把正电荷运动的方向规定为电流的方向。

电流的方向是客观存在的。在简单电路情况下,人们很容易判断出电流的实际方向,而在复杂电路中,电流的实际方向有时很难确定。为了解决这一问题,需引入电流的参考方向这一概念。

参考方向即预先假定的方向。电流的参考方向可以任意选定,在电路中一般用箭头表示。当然,所选的电流参考方向不一定就是电流的实际方向。若电流实际方向与参考方向相同,电

流取正值($i > 0$),如图 1-2(a)所示;若电流实际方向与参考方向相反,电流取负值($i < 0$),如图 1-2(b)所示。这样,在选定的参考方向下,根据电流的正负,就可以确定电流的实际方向。

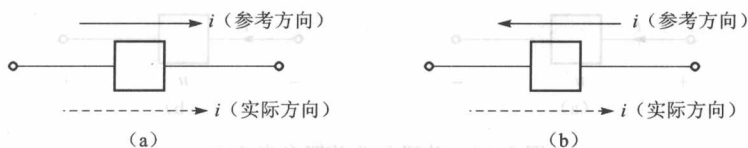


图 1-2 电流的参考方向与实际方向

综上,在分析电路时,首先要假定电流的参考方向,并以此进行分析计算,最后再从答案的正负来确定电流的实际方向。注意:无论参考方向如何设定,都不会影响结果的准确性,离开参考方向谈电流的正负是没有意义的。

电路中的电流具有连续性。例如,当电荷在无分支电路中运动时,任意瞬间通过电路各部分的电流强度均相等。电流的连续性是下面将要研究的基尔霍夫电流定律的基础。

1.2.2 电压

电压是描述电场属性(或做功本领)的物理量。在电路中,电场力把单位正电荷由 A 点移到 B 点所做的功,定义为 A、B 两点之间的电压,即

$$u_{AB} = \frac{dw}{dq} \quad (1-2)$$

在国际单位制中,当功 w 的单位为焦耳(J),电量 q 的单位为库仑(C)时,电压的单位为伏特,简称伏(V)。实际中,千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)也是电压常用的单位。

大小和方向都不随时间变化的电压称为直流电压,用大写字母 U 表示;大小和方向要随时间变化的电压称为交流电压,用小写字母 u 表示。

我们规定电压降低的方向为电压的实际方向。在电路的分析计算时,一个元件两端的电压实际方向往往并不知道,因此,需引入参考方向。电压的参考方向仍然可以任意选定,其表示方法有三种,如图 1-3 所示,且都表示电压的参考方向由 A 指向 B。

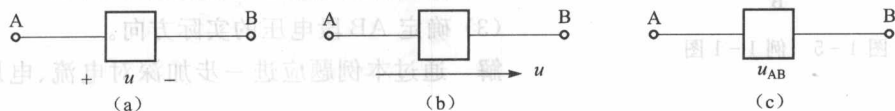


图 1-3 电压参考方向的三种表示方法

(a) 极性法; (b) 箭头法; (c) 下标法

和电流一样,所选的电压参考方向不一定和实际方向一致。若电压实际方向与参考方向相同,电压取正值($u > 0$);若电压实际方向与参考方向相反,电压取负值($u < 0$),由此可见,电压的正负也是只在设定了参考方向后才具有意义。

对于任意一个元件的电流或电压参考方向可以独立设定。如果电流和电压的参考方向相

同,则称为关联参考方向,如图 1-4(a)所示;如果电流和电压的参考方向不相同,则称为非关联参考方向,如图 1-4(b)所示。



图 1-4 关联与非关联参考方向

电路中任意两点间的电压只与起点及终点的位置有关,而与计算时选取的路径无关,即两点间的电压具有唯一性。否则,若两点间的电压随计算路径不同而变化,我们就无法单值地确定两点间的电压,电压的定义也就无意义。电压的唯一性是后面要研究的基尔霍夫电压定律的基础。

在电路的分析中,电压也常用两点之间的电位差来表示,即

$$U_{AB} = v_A - v_B \quad (1-3)$$

电路中任意一点与参考点之间的电压,叫做该点的电位,也就是该点对参考点所具有的电位能。电位用字母 v 表示。参考点是在电路中选定的零电位点,用符号“ \perp ”表示。电位的单位与电压相同,即伏特(V)、千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V)等。

计算电位时,参考点可以任意选定。工程上常选大地、仪器外壳或底板作参考点。理论研究时常取无穷远处为参考点。参考点选择的不同,同一点的电位就不同,此为电位的相对性;但电压与参考点的选择无关,此为电压的绝对性。

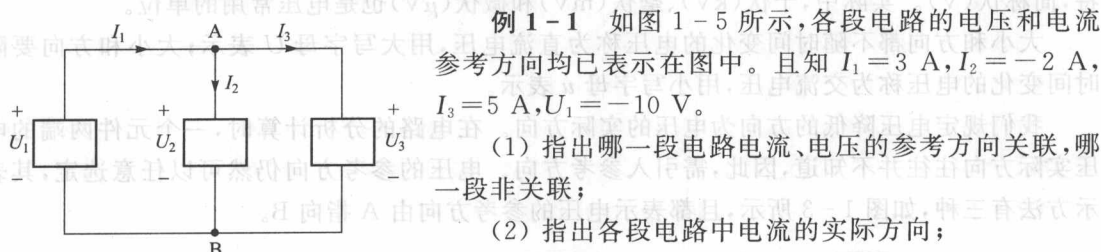


图 1-5 例 1-1 图

例 1-1 如图 1-5 所示,各段电路的电压和电流参考方向均已表示在图中。且知 $I_1 = 3 \text{ A}$, $I_2 = -2 \text{ A}$, $I_3 = 5 \text{ A}$, $U_1 = -10 \text{ V}$ 。

(1) 指出哪一段电路电流、电压的参考方向关联,哪一段非关联;

(2) 指出各段电路中电流的实际方向;

(3) 确定 AB 段电压的实际方向。

解 通过本例题应进一步加深对电流、电压参考方向

的理解。

(1) U_2 和 I_2 、 U_3 和 I_3 都是关联参考方向, U_1 和 I_1 是非关联参考方向。

(2) 电流 I_1 、 I_3 为正值,表明它们的实际方向与图示参考方向相同。 I_2 为负值,表明其实际方向与图示参考方向相反,是流入 A 点的。

(3) U_1 为负值,表明其实际方向与图示参考方向相反,即 B 点是实际的高电位点,A 点是低电位点,该段电压的实际方向是从 B 点指向 A 点。

1.2.3 电功率和电能

电能对时间的变化率叫做电功率,简称功率,也就是电场力在单位时间内所做的功,用 P 或 p 表示。

当电压和电流的参考方向为关联参考方向时,如图 1-6 所示,元件的功率为

$$p = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = ui \quad (1-4)$$

直流电路中,有 $P = UI$ (1-5)

当电压和电流的参考方向为非关联参考方向时,如图 1-7 所示,元件的功率为

$$p = -ui \quad (1-6)$$

直流电路中,有 $P = -UI$ (1-7)



图 1-6 关联参考方向

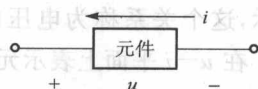


图 1-7 非关联参考方向

综上所述,在计算元件的功率时,可先根据电压和电流的参考方向是否关联,选用相应的公式,再代入电压和电流的代数值。若得到的功率为正值,则表示元件吸收(消耗)功率,在电路中的作用为负载;若得到的功率为负值,则表示元件输出(产生)功率,在电路中的作用为电源。其分析过程如下:

$$\left. \begin{array}{l} u \text{ 和 } i \text{ 方向关联} \rightarrow p = ui \\ u \text{ 和 } i \text{ 方向非关联} \rightarrow p = -ui \end{array} \right\} \begin{array}{l} \xrightarrow[\text{(} u, i \text{ 可正可负)}]{\text{代入 } u, i} \\ \left\{ \begin{array}{l} p > 0 \text{ 吸收功率} \\ p < 0 \text{ 输出功率} \end{array} \right. \end{array}$$

在国际单位制中,当电压 u 的单位为伏特(V),电流 i 的单位为安培(A)时,功率的单位为瓦特,简称瓦(W)。实际中千瓦(kW)也是功率常用的单位。

根据式(1-4),从 t_0 到 t 时间内,电路吸收(消耗)的电能为

$$W = \int_{t_0}^t p dt \quad (1-8)$$

直流电路中,有 $W = P(t - t_0)$ (1-9)

例 1-2 如图 1-8 所示,已知 $I = 4 \text{ A}$, $U_1 = 5 \text{ V}$, $U_2 = 3 \text{ V}$, $U_3 = -2 \text{ V}$ 。计算各元件的功率,并指出各元件是吸收还是输出功率。

解 通过本例题的计算,应进一步掌握判断一个元件或一段电路是提供还是吸收功率的方法。

元件 1 U_1 和 I 为关联参考方向

$$P_1 = U_1 I = 5 \times 4 = 20 \text{ W}, P_1 > 0, \text{ 是吸收功率。}$$

元件 2 U_2 和 I 为非关联参考方向

$$P_2 = -U_2 I = -3 \times 4 = -12 \text{ W}, P_2 < 0, \text{ 是输出功率。}$$

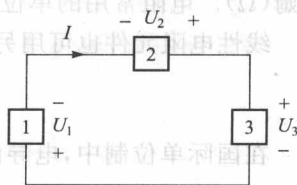


图 1-8 例 1-2 图

元件3 U_3 和 I 为关联参考方向

1 用, 电压的参考方向 $P_3 = U_3 I = (-2) \times 4 = -8 \text{ W}$, $P_3 < 0$, 是输出功率。

整个电路吸收的功率 20 W 等于提供的总功率 $12 + 8 = 20 \text{ W}$, 满足功率平衡关系。

【思考题】 式(1-10)和式(1-12)图成, 相向式等参解关系式向式等参解新由由由

1-3 如何根据电压的正、负和参考极性判定电压的实际方向?

1.3 电阻元件

电阻元件一般反映实际电路中的耗能特性, 如电炉、电灯、电阻器等。它是从实际电阻器中抽象出来的一种最常见的理想电路元件。电阻元件的特性可以用元件电压与元件电流的代数关系表示, 这个关系称为电压电流关系 (Voltage-Current Relationship), 也称为伏安关系, 缩写为 VCR。在 $u-i$ 平面上表示元件电压电流关系的曲线称为伏安特性曲线。若该伏安特性曲线是通过坐标原点的直线, 则这种电阻元件就称为线性电阻元件, 否则即为非线性电阻元件。

线性电阻元件的图形符号如图 1-9 所示。在电压和电流参考方向关联的情况下, 其伏安特性曲线如图 1-10 所示, 表达式为

$$u = Ri \quad (1-10)$$

满足欧姆定律。其中, R 为电阻元件, 它一方面表示了这个元件是电阻元件, 另一方面也表示了该元件的参数。

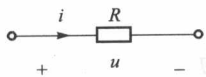


图 1-9 线性电阻元件

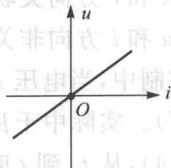


图 1-10 线性电阻元件的伏安特性曲线

在国际单位制中, 当电压 u 的单位为伏特 (V), 电流 i 的单位为安培 (A) 时, 电阻的单位为欧姆 (Ω)。电阻常用的单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$) 等。

线性电阻元件也可用另一个参数——电导表征, 电导用符号 G 表示, 其定义为

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-11)$$

在国际单位制中, 电导的单位是西门子 (S)。欧姆定律用电导来表示为

$$i = Gu \quad (1-12)$$

式(1-10)和式(1-12)只在关联参考方向时才成立。若电压和电流的参考方向为非关联时, 欧姆定律为

$$u = -Ri \text{ 或 } i = -Gu \quad (1-13)$$

电阻元件吸收的功率为

$$p = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R} \quad (1-14)$$

由式(1-14)可见,电阻元件是一个耗能元件。

今后,我们主要分析的是线性电阻元件,简称为电阻。

【思考题】

1-4 什么叫电阻元件? 其伏安特性如何?

1.4 电感元件和电容元件

1.4.1 电感元件

电感元件是实际电感器的理想化模型。把导线绕制成线圈便构成电感器,如图1-11所示,也称为电感线圈。当一个匝数为 N 的线圈通过电流 i 时,在线圈内部将产生磁通 Φ ,亦称为自感磁通。若磁通 Φ 与线圈 N 匝都交链,则形成磁链 ψ , $\psi = N\Phi$,亦称自感磁链。

在电路中一般用电感元件来表示电感线圈,如图1-12所示,并用字母 L 表示。

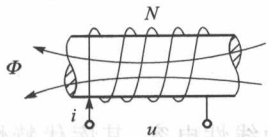


图 1-11 线圈结构

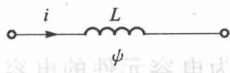


图 1-12 电感元件

当电流 i 的参考方向与磁链 ψ 的参考方向满足右螺旋法则时,有

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

其中, L 定义为电感元件的电感,简称自感。当 $L = \frac{\psi}{i}$ 为常数时,称为线性电感,其韦安特性曲线如图1-13所示。

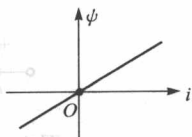


图 1-13 电感元件的韦安特性曲线

在国际单位制中,磁链 ψ 的单位为韦伯(Wb),电流 i 的单位为安培(A)时,电感的单位为亨利(H)。电感常用的单位还有毫亨(mH)、微亨(μ H)等。

$1 \text{ H} = 10^3 \text{ mH} = 10^6 \mu\text{H}$

本书中的电感元件都是指线性电感元件,简称电感,用 L 表示。 L 一方面表示该元件为电感元件,另一方面也表示了该元件的参数——电感量。

当电感元件两端的电压和流过它的电流在关联参考方向下,根据楞次定律,有

$$u = \frac{d\psi}{dt} = L \frac{di}{dt} \quad (1-16)$$