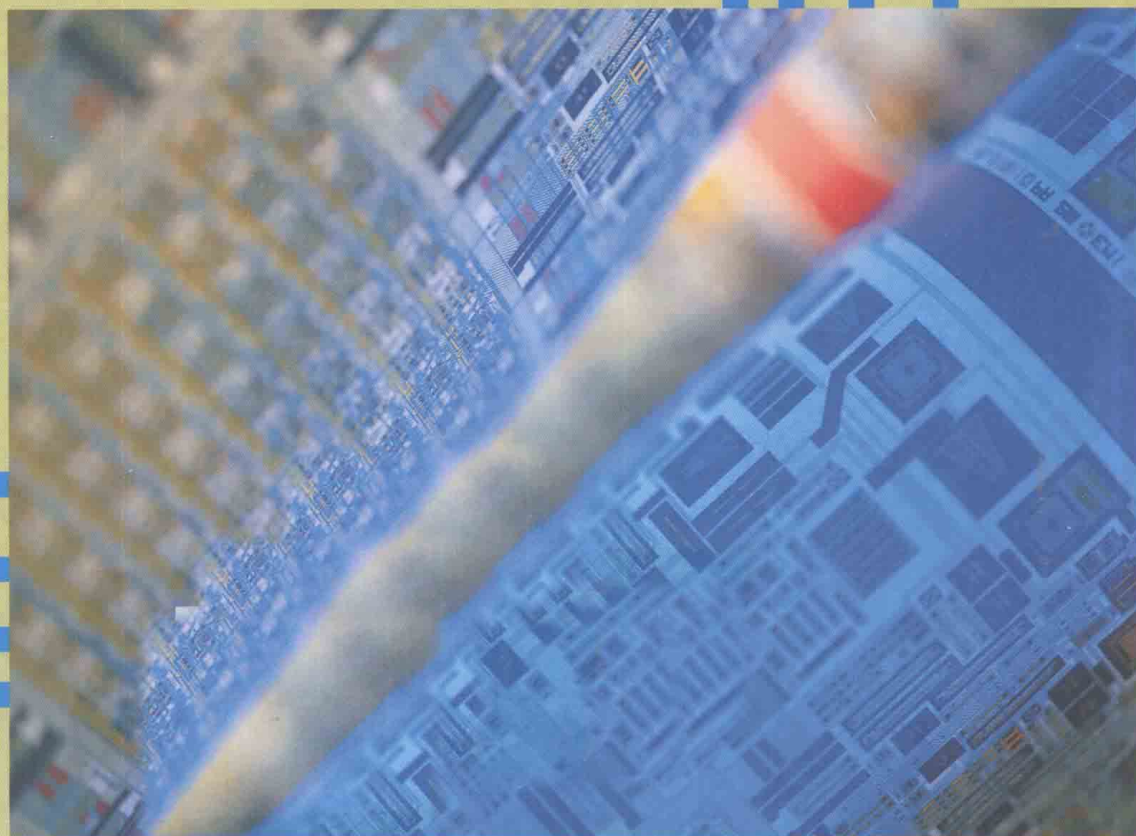


面向“十二五”高等教育规划教材

电路分析基础

刘英霞 主编

DIANLU FENXI JICHU



电子科技大学出版社

面向“十二五”高等教育规划教材

电路分析基础

主 编	刘英霞	
副主编	祝瑞玲	殷淑英
参 编	钟惠琴	胡 红
	刘玉飞	杨 敏

电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共 11 章,内容包括电路的基本概念与基本定律、电阻电路的基本分析方法、线性动态电路的时域分析、正弦稳态电路的时域分析、三相电路、谐振电路、互感耦合电路、二端口网络、滤波器、非正弦周期电流电路和传输线等。

本书以基本概念和基本定理讲解为主,思路清晰,易于读者接受和理解。基本的分析和计算方法讲解透彻,步骤明确,易于读者掌握。课后习题全面,难易适中,方便教师施教和学生自我检查。

本书可作为电子信息工程、通信工程、应用电子技术、计算机科学、自动控制等专业的高职教材,对从事本专业的工程技术人员也有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础 / 刘英霞主编. —成都:电子科技大学出版社,2010.9

ISBN 978-7-5647-0600-5

I. ①电… II. ①刘… III. ①电路分析 IV.

①TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 166105 号

电路分析基础

刘英霞 主编

出 版:电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编:610051)

责任编辑:罗 雅

主 页:www.uestcp.com.cn

电子邮箱:uestcp@uestcp.com.cn

发 行:新华书店

印 刷:北京广达印刷有限公司

成品尺寸:185 mm×260 mm 印张 12.75 字数 326 千字

版 次:2010 年 9 月第一版

印 次:2010 年 9 月第一次印刷

书 号:ISBN 978-7-5647-0600-5

定 价:21.80 元

前 言

本书是从培养高职高专人才的目标出发,根据教育部最新制定的高职高专教育课程基本要求而编写的。本书在原有教材的基础上进行了内容和体系的更新,以实用、够用为前提,降低理论深度,扩大知识面,更加注重实际应用。

本书在编写过程中突出了以下几个方面特点:

1. 充分考虑了高职高专教育的特点,根据岗位的实际需要,在选取内容时,注重基本的理论和基本的分析方法,注重培养学生的综合素质,而对繁杂的公式推导和计算并不做过多要求。

2. 在编写的过程中,始终坚持理论和实践的有机结合;在章节内容上,始终贯穿着实际应用的实例,不仅能拓宽学生的知识面,而且能让学生进一步领会所学知识,充分调动学生的学习积极性。

3. 每章内容都有小结和习题,小结总结了本章的学习重点,梳理思路;课后习题加深了学生对概念、定理以及理论分析等方面的理解。

在本书的编写过程中,编者参考借鉴了很多本学科的优秀教材,并从中受到教育和启发。本书由山东传媒职业学院刘英霞任主编并负责全书的通稿工作,参加编写的人员还有山东传媒职业学院的祝瑞玲、钟惠琴、胡红、刘玉飞、杨敏及山东德州职业技术学院殷淑英。编写分工为:第1章、第2章和第5章由刘英霞、殷淑英编写,第3章和第10章由祝瑞玲编写,第4章和第9章由钟惠琴、杨敏编写,第6章和第8章由胡红编写,第7章和第11章由刘玉飞编写。在整个编写过程中,各位老师都提出了宝贵的意见和建议,刘素萍老师在文字整理方面也做了大量的工作,这里一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中错误及欠妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2010年7月

目 录

第 1 章 电路的基本概念与基本定律	(1)
1.1 电路和电路模型	(1)
1.2 电路的物理量及参考方向	(2)
1.3 电阻元件	(7)
1.4 理想电源和实际电源	(9)
1.5 基尔霍夫定律	(14)
1.6 受控源	(16)
1.7 电路中的电位分析	(18)
本章小结	(20)
习 题	(22)
第 2 章 电阻电路的基本分析方法	(25)
2.1 电阻的等效变换	(25)
2.2 支路电流法	(27)
2.3 网孔电流法	(28)
2.4 节点电位法	(30)
2.5 叠加定理	(32)
2.6 戴维南定理和诺顿定理	(35)
2.7 最大功率传输定理	(38)
本章小结	(40)
习 题	(42)
第 3 章 线性动态电路的时域分析	(45)
3.1 电感元件	(45)
3.2 电容元件	(48)
3.3 换路定理	(51)
3.4 三要素法分析一阶电路的响应	(53)
3.5 过渡过程的应用	(55)
本章小结	(56)
习 题	(57)
第 4 章 正弦稳态电路的时域分析	(59)
4.1 正弦交流电的基本概念	(59)
4.2 正弦量的相量表示法	(62)
4.3 相量表示法的分析应用	(70)



4.4 阻抗与导纳	(79)
本章小结	(86)
习 题	(89)
第5章 三相电路	(91)
5.1 三相电源概述	(91)
5.2 三相电源的连接	(92)
5.3 三相负载的连接与计算	(95)
5.4 三相电路的功率	(100)
本章小结	(101)
习 题	(102)
第6章 谐振电路	(104)
6.1 串联谐振电路	(104)
6.2 串联谐振电路的谐振曲线和通频带	(107)
6.3 并联谐振电路	(110)
6.4 并联谐振电路的谐振曲线和通频带	(112)
6.5 谐振电路的应用	(116)
本章小结	(118)
习 题	(119)
第7章 互感耦合电路	(120)
7.1 互感及互感电压	(120)
7.2 互感线圈的串联与并联	(123)
7.3 理想变压器	(125)
7.4 全耦合变压器	(127)
本章小结	(128)
习 题	(130)
第8章 二端口网络	(132)
8.1 二端口网络的一般概念	(132)
8.2 二端口网络的基本方程和参数	(133)
8.3 有载二端口网络	(139)
8.4 二端口网络的镜像参数	(144)
8.5 阻抗匹配网络的应用	(147)
本章小结	(148)
习 题	(149)
第9章 滤波器	(151)
9.1 滤波器概述	(151)
9.2 LC 滤波器	(153)
9.3 K 式滤波器	(156)
9.4 m 式滤波器	(159)
9.5 其他类型的滤波器	(161)

本章小结	(164)
习 题	(165)
第 10 章 非正弦周期电流电路	(166)
10.1 非正弦周期波的产生与分解	(166)
10.2 非正弦周期信号的频谱	(170)
10.3 非正弦周期信号的有效值、平均值和功率	(171)
10.4 非正弦周期电流电路的分析与计算	(174)
本章小结	(176)
习 题	(177)
第 11 章 传输线	(179)
11.1 均匀传输线方程及其方程	(179)
11.2 均匀传输线的特性阻抗、反射系数及匹配	(181)
11.3 无损耗传输线	(182)
本章小结	(187)
习 题	(187)
参考答案	(188)
参考文献	(195)

第 1 章 电路的基本概念与基本定律

本章主要介绍电路模型的概念,电路的基本变量——电压、电流、电功率的概念以及参考方向的含义和参考方向的选取方法,电阻元件上电压和电流的关系,理想电压源和理想电流源的定义及特性,受控源的概念和分类,以及电路中任意点的电位分析方法等。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路

在日常生活中,人们使用着各种各样的电气设备,如电动机、雷达导航设备、计算机、电视机、手机等。从广义上说,这些电器设备都是实际中的电路。电路是由电气设备和元器件按一定方式连接起来的整体,它提供电流流通的路径。如图 1-1 所示是一个简单的实际电路——手电筒实际电路,它由电池、白炽灯、开关及连接导线组成。

电路的结构有多种形式,不同电路的作用也是各不相同的,按照完成的基本功能不同,电路可分为两类:一类是能够进行能量转换和传输的电路,如电力系统,该系统将发电机所发出的电能通过变压器和输出线远距离传输给用户,经不同的用户将电能转换成光能、机械能和热能等。在这类电路中,一般要求在传输和转换过程中尽可能减少能量损耗,以提高传输效率。另一类是能够实现信号的产生、传递和处理的电路,如扩音系统,话筒将语音信号转换为电信号,经过放大器进行放大处理,并传递给扬声器,以推动扬声器发声。对于这一类电路,虽然也有能量的传输和转换问题,但是更关心的是信号传递的质量,如要求快速、准确、不失真等。

一般来说,无论电路具有什么功能,都是由电源、负载和中间环节三部分组成的。

电源是提供能量的设备,除发电机外,电池是常见的电源,它们分别将其他形式的能转换为电能。

负载是取用电能的设备,将电能转换成其他形式的能量。如照明灯、电动机、电炉等都是负载,它们分别将电能转换为光能、机械能和热能。扬声器也是负载,是接收和转换信号的设备。

中间环节是连接电源和负载的,中间环节包括导线和控制设备等。如为电流提供通路的导线,控制电路通、断的开关,保障安全用电的熔断器、漏电保护器等,这些设备不仅保证了电路安全、可靠地工作,而且能使电路自动完成某些特定工作。

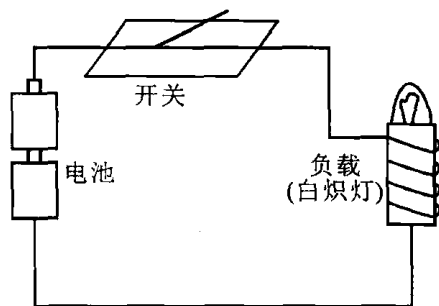


图 1-1 手电筒实际电路

1.1.2 电路模型

在实际电路中有着各种各样的电气元器件,如电阻器、电容器、电感器、灯泡、电池、晶体管、变压器等。实际的电路部件虽然种类繁多,但在电磁现象方面却有许多共同的地方。在进行电路分析计算时,如果要考虑一个器件的所有电磁性质,是十分困难的。因此,对于实际电路的各种器件,应忽略其次要性质,只抓住主要的电磁特性,把工程实际中的各种设备和电路元件用有限的几个理想化的电路元件来表示。例如,电阻器、灯泡、电炉等,它们主要消耗的是电能,这样可以用一个具有两个端钮的理想电阻来反映消耗电能的特征,当电流流过它时,在它内部进行着将电能转换成其他形式的能的过程,理想电阻模型如图 1-2(a)所示。各种电容器主要是储存电能的,用一个理想的二端电容来反映储存电能的特征,理想电容的模型符号如图 1-2(b)所示。同样,用一个理想的二端电感来反映储存磁场的特征,其模型符号如图 1-2(c)所示。这种由一个或几个具有单一电磁特性的理想电路元件所组成的电路就是实际电路的电路模型,图 1-3 就是图 1-1 的电路模型。

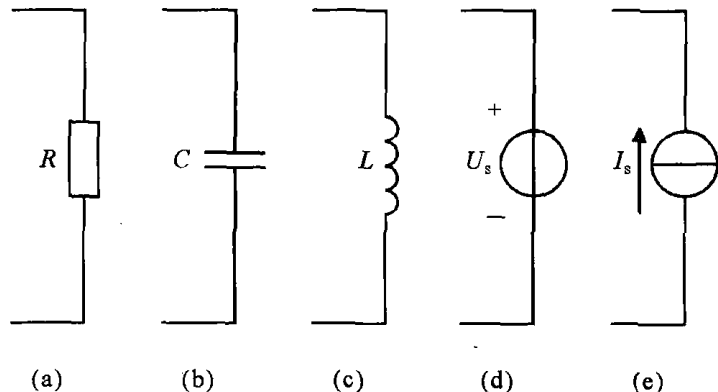


图 1-2 理想电阻、电容、电感元件和电源模型

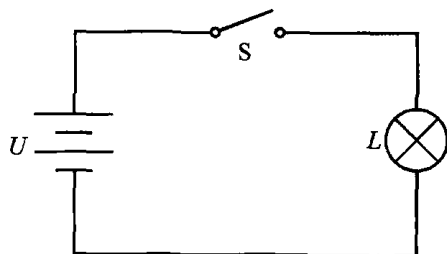


图 1-3 电路模型

理想电路元件简称电路元件,通常包括电阻元件、电感元件、电容元件、理想电压源和理想电流源。前三种元件均不产生能量,称为无源元件;后两种元件是电路中提供能量的元件,称为有源元件,如图 1-2(d)、图 1-2(e)所示。

1.2 电路的物理量及参考方向

在电路理论中分析和研究的问题很多,但主要的物理量是电流、电压和电功率。下面分别讨论这三个变量的基本概念、特性以及与参考方向的关系。

1.2.1 电流及参考方向

电荷的定向移动形成电流,通常把单位时间内通过导体横截面的电荷量定义为电流强度,简称电流,用符号 I 或 i 表示。

电流主要分为两种:一类是大小和方向均不随时间变化的电流,称为恒定电流,简称为直流,简写为 DC 或 dc,其电流强度的大小用符号 I 表示;另一类是大小和方向均随时间变化的

电流,称为变动电流,其强度的大小用符号 i 表示。其中,一个周期内电流的平均值为零的变动电流称为交流,用 AC 或 ac 表示。

图 1-4 给出了几种常见的电流,其中,图 1-4(a)所示为直流,图 1-4(b)所示为正弦交流电流,图 1-4(c)所示为锯齿交流电流。

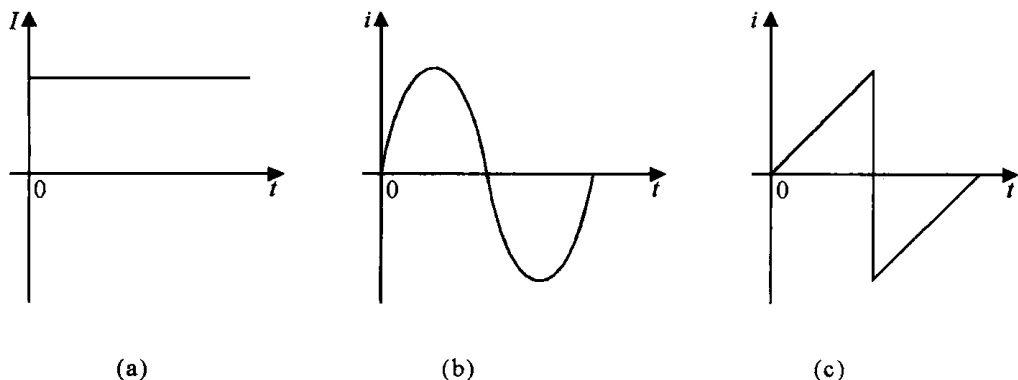


图 1-4 常见的电流

对于直流电流,单位时间内通过导体横截面的电荷量是不变的,其电流强度定义为

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

对于变动电流,若假设在很小的时间间隔 dt 内,通过导体横截面的电荷量为 dq ,则该瞬间电流强度为

$$i = \frac{dq(t)}{dt} \quad (1-2)$$

电流的单位是安培,SI 符号是 A。在电力系统中,安培单位太小,有时取千安(kA)为电流强度的单位;而在无线电系统中(如晶体管电路中),安培这个单位又太大,常用毫安(mA)或微安(μ A)作为电流强度的单位。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$$

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ } \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

电流有大小和方向,通常把正电荷的运动方向定义为电流的实际方向,但是若电路较复杂时,很难确定电流的实际方向。为了分析电路方便,在一段电路中,事先任意假定一个电流方向称为电流的参考方向。电流的参考方向可以任意假设,但电流的实际方向客观存在,因此,假设的电流参考方向并不一定是电流的实际方向。在对电路中的电流设定了参考方向后,若经计算得出电流为正值,说明所设参考方向与实际方向一致;若经计算得到电流为负值,说明所设参考方向与实际方向相反。电流值的正负是在设定参考方向的前提下才有意义的,在本书中,电路图中所标的电流方向均为参考方向。电流的实际方向和参考方向的关系可以用图 1-5 表示。

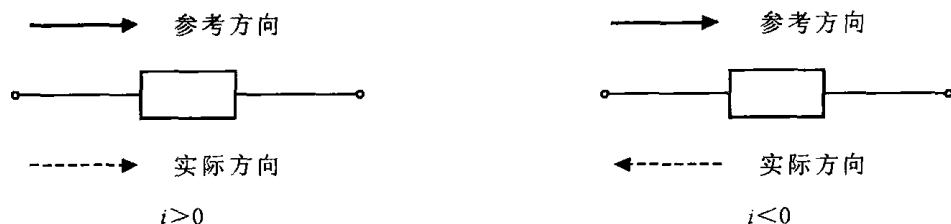


图 1-5 电流参考方向和实际方向的关系

例 1-1 如图 1-6 所示电路中电流的参考方向已经选定, 指出电流的实际方向。

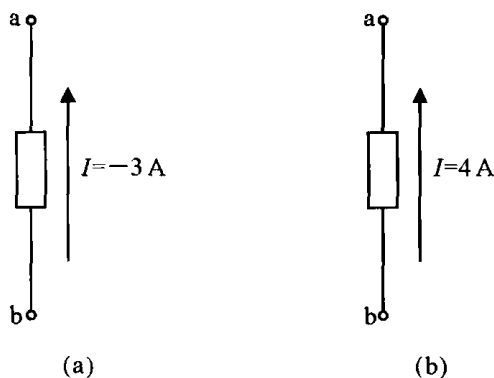


图 1-6 例 1-1 图

解 图 1-6(a) 中, $I < 0$, 电流 I 的实际方向与参考方向相反, 因此 I 的实际方向由 a 流向 b , 大小为 3 A 。

图 1-6(b) 中, $I > 0$, 电流 I 的实际方向与参考方向相同, 因此 I 的实际方向由 b 流向 a , 大小为 4 A 。

1.2.2 电压及参考方向

在物理学中已经讲过, a, b 两点间的电压定义为电场力把单位正电荷由 a 点移动到 b 点所做的功。电压的实际方向就是正电荷在电场中受电场力作用移动的方向。

在直流电路中, 电压为一恒定值, 用 U 表示, 即

$$U = \frac{W}{Q} \quad (1-3)$$

在变动电流电路中, 电压为一变值, 用 u 表示, 即

$$u = \frac{dw}{dq} \quad (1-4)$$

电压的单位是伏特, 简称伏, SI 符号为 V 。在电力系统中, 会用到千伏 (kV) 的概念, 在无线电系统中, 还会用到毫伏 (mV) 和微伏 (μV) 的概念。

和分析电流相同, 电压也有大小和方向。规定电位真正降低的方向为电压的实际方向。在分析电路时, 也需要事先选择电压的参考方向, 电压的参考方向也是任意选择的, 在电路中通常用“+”、“-”极性表示, 如图 1-7(a) 所示。电压的参考方向还可以用双下标 u_{ab} (电压参考方向由 a 点指向 b 点) 表示, 如图 1-7(b) 所示, 也可以用实线箭头表示, 如图 1-7(c) 所示。

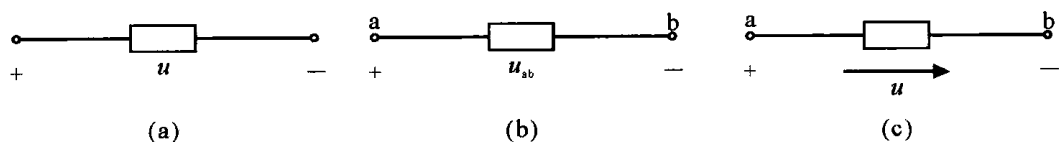


图 1-7 电压的参考方向

在设定的参考方向下进行计算,若计算后得到的电压值为正,则说明电压的参考方向与实际方向一致,若为负,则参考方向与实际方向相反,如图 1-8 所示。



图 1-8 电压的实际方向和参考方向的关系

在电路分析中,电流和电压的参考方向可以任意单独假设,但是为了分析电路方便,通常将一段电路或一个元件的电压和电流设成关联参考方向,即电流从电压的“+”极流向“-”极,如图 1-9 所示。

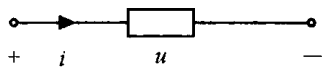


图 1-9 电压和电流参考方向关联

例 1-2 电路如图 1-10 所示,电路上各电压的参考方向已经设定,指出各电压的实际方向。

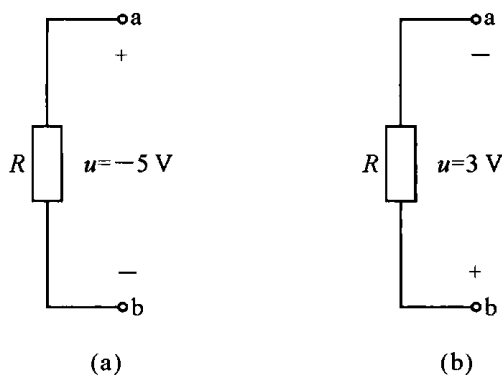


图 1-10 例 1-2 图

解 图 1-10(a)中, $u < 0$,电压 u 的实际方向与参考方向相反,因此, u 的实际方向是 b 端为“+”,a 端为“-”,大小为 5 V。

图 1-10(b)中, $u > 0$,电压 u 的实际方向与参考方向相同,因此, u 的实际方向是 b 端为“+”,a 端为“-”,大小为 3 V。

1.2.3 电功率

在电路的分析和计算中,功率和能量是很重要的概念。一方面,电路在工作时总伴随有其他形式能量的互相交换;另一方面,电气设备和电路部件本身都有功率的限制,在使用时要注意是否超过其额定值,造成设备损坏或者不能正常工作。

电功率定义为单位时间内电路吸收或消耗的能量,即

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

在直流电路中,式(1-5)可写成

$$P = UI \quad (1-6)$$

在应用上面两个式子计算功率时,电压和电流选择为关联参考方向。若电压与电流选择为非关联参考方向,则

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

功率的单位是瓦特,简称瓦,SI符号为W。

无论电压和电流选择关联参考方向还是非关联参考方向,在计算某个元器件的功率时,主要有以下几种情况:

- (1) $p > 0$, 说明该元器件吸收(或消耗)功率;
- (2) $p < 0$, 说明该元器件放出(或产生)功率;
- (3) $p = 0$, 说明该元器件不产生也不消耗功率。

例 1-3 已知电路如图 1-11 所示, $I_1 = -1 \text{ A}$, $I_2 = 2 \text{ A}$, $I_3 = -1 \text{ A}$, $U_1 = 6 \text{ V}$, $U_2 = -8 \text{ V}$, $U_3 = 2 \text{ V}$, $U_4 = 2 \text{ V}$ 。求各元件的功率。

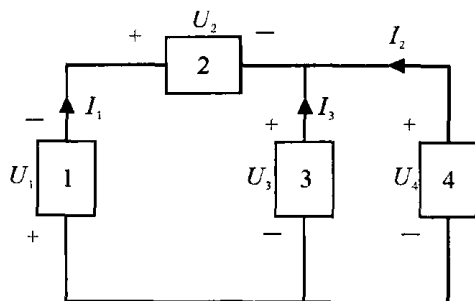


图 1-11 例 1-3 图

解 元件 1 电压和电流为关联参考方向,故元件 1 的功率为

$$P_1 = U_1 I_1 = 6 \times (-1) = -6 \text{ (W)}$$

即元件 1 产生的功率为 6 W。

元件 2 电压和电流为关联参考方向,故元件 2 的功率为

$$P_2 = U_2 I_1 = (-8) \times (-1) = 8 \text{ (W)}$$

即元件 2 消耗功率为 8 W。

元件 3 电压和电流为非关联参考方向,故元件 3 的功率为

$$P_3 = -U_3 I_3 = -2 \times (-1) = 2 \text{ (W)}$$

即元件 3 消耗的功率为 2 W。

元件 4 电压和电流为非关联参考方向,故元件 4 的功率为

$$P_4 = -U_4 I_2 = -2 \times 2 = -4 \text{ (W)}$$

即元件 4 产生的功率为 4 W。

1.3 电阻元件

1.3.1 电阻元件

电阻元件是实际电阻器、白炽灯、电炉甚至某些半导体器件的理想化电路模型,用 R 表示,简称电阻,电阻对电流呈现阻力作用,当电流通过时将有能量消耗。

对金属导体来说,它的电阻是由导体的长短、粗细、材料以及温度决定的。在保持温度 ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) 不变的条件下,电阻的大小与材料有关,而与电压、电流无关。电阻与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,即

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

其中, R 为电阻,单位为欧姆 (Ω); l 为导体的长度,单位为米 (m); S 为导体的横截面积,单位为平方米 (m^2); ρ 为材料的电阻率,单位为欧·米 ($\Omega \cdot \text{m}$)。

不同的物质有不同的电阻率,电阻率的大小反映了该种材料的导电性能的好坏,电阻率越小的物质,导电性能越好。通常将导电率小于 $10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ 的材料称为导体,电阻率大于 $10^7 \Omega \cdot \text{m}$ 的材料称为绝缘体,电阻率的大小介于导体和绝缘体之间的材料称为半导体。

一般金属的电阻随温度的上升而增大,温度每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,金属电阻的增加量约为 $3\% \sim 6\%$ 。所以当温度变化不大时,金属电阻可认为是不变的。但当温度变化较大时,电阻的变化就不可忽视。利用电阻的热敏性,可以制成温度传感器等有用的测量元件。

电阻可以分为线性电阻和非线性电阻。电阻值不随其上电压或电流数值变化的电阻称为线性电阻,阻值不随时间变化的线性电阻称为线性时不变电阻。在本书中,电阻就是指线性时不变电阻。非线性电阻元件的阻值随外加电压的变化而变化。

1.3.2 欧姆定律

欧姆定律是电路分析中重要的基本定律之一,它说明了流过线性电阻的电流与该电阻两端电压之间的关系,反映了电阻元件的特性。当电压和电流选择关联参考方向时,如图 1-12(a) 所示,欧姆定律可以写成

$$u = Ri \quad (1-8)$$

若电压和电流为非关联参考方向时,如图 1-12(b) 所示,欧姆定律为

$$u = -Ri$$

电阻的倒数称为电导,用符号 G 表示,即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-9)$$

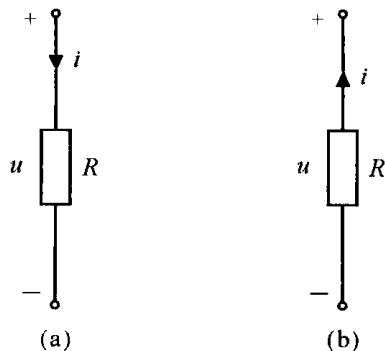


图 1-12 欧姆定律的形式

在国际单位制中,电导的单位是西门子,简称西 (S)。从物理概念上看,电导是反映材料导电能力强弱的参数。电阻和电导是从相反的两个方面来表征同一材料的两个电路参数。应用电导参数确定的欧姆定律的形式



式为

$$i = Gu \quad (1-10)$$

从欧姆定律可以看出,电阻上的电压和电流是同时存在同时消失的,即电阻是瞬时元件,没有记忆作用。

根据电阻 R 的大小,在电路中有两种特殊的工作状态:

(1) 当 $R=0$ 时,根据欧姆定律, $u=Ri$, 无论电流 i 为何值,电压 u 恒等于零,把电阻的这种状态称为短路。

(2) 当 $R=\infty$ 时,根据欧姆定律, $i=\frac{u}{R}$, 无论电压 u 为何值,电流 i 恒等于零,把电阻的这种状态称为开路。

1.3.3 电阻元件上消耗的功率与电能

当电阻元件上电压和电流选择关联参考方向时,根据功率的计算公式可得

$$p = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R} \quad (1-11)$$

从式(1-11)可以看出,对电阻元件来说,它吸收的功率总是大于或等于零。

电阻(或其他的电路元件)上吸收的能量与时间区间有关。设 $t_0 \sim t$ 区间内电阻吸收的能量为 $w(t)$, 则有

$$w(t) = \int_{t_0}^t p(\xi) d\xi = \int_{t_0}^t ui d\xi = \int_{t_0}^t Ri^2 d\xi = \int_{t_0}^t \frac{u^2}{R} d\xi \quad (1-12)$$

从式(1-12)可以看出,电阻 R 吸收的能量 $w(t)$ 一定是非负的。从物理概念上讲,电阻吸收的能量转换为其他形式的能量(热能,光能等),也就是说,电阻是耗能元件。

实际用电器都会标有额定值,这样是为了保证安全、正常地使用电器,由制造厂家给出电压、电流或功率的限制数值。例如,一只灯泡标有“220 V, 40 W”的字样,表示这只灯泡接 220 V 电压,消耗功率为 40 W。如果所接电压超过 220 V,灯泡消耗功率大于 40 W,就有可能将灯泡烧坏(不安全),如果所接电压低于 220 V,灯泡消耗功率小于 40 W(较暗),灯泡工作不正常,这样使用也是不合理的。

例 1-4 求图 1-13 所示各电路中的电压 u 。

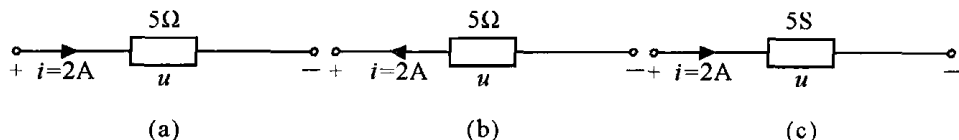


图 1-13 例 1-4 图

解 图 1-13(a)中,电压和电流为关联参考方向,因此根据欧姆定律有

$$u = Ri = 2 \times 5 = 10 \text{ (V)}$$

图 1-13(b)中,电压和电流为非关联参考方向,因此根据欧姆定律有

$$u = -Ri = -2 \times 5 = -10 \text{ (V)}$$

图 1-13(c)中,电压和电流为关联参考方向,因此根据欧姆定律有

$$u = \frac{i}{G} = \frac{2}{5} = 0.4 \text{ (V)}$$

例 1-5 某用户家里有“220 V, 40 W”灯泡 5 只, 每只灯泡平均每天用电 2 小时, 求一个月 (按 30 天计算) 消耗的电能是多少?

解 $w = pt = 40 \times 5 \times 2 \times 30 = 12\,000 \text{ (W} \cdot \text{h)}$

1.4 理想电源和实际电源

实际电源有电池、发电机、信号源等。理想电压源和理想电流源是从实际电源抽象得到的电路模型, 是有源二端元件。

1.4.1 理想电压源和理想电流源

1. 理想电压源

理想电压源可以描述为: 不管外部电路如何, 其两端电压总能保持定值或一定的时间函数的电源。常见的理想电压源有直流电压源和交流电压源, 图 1-14(a) 既可以表示直流电压源又可以表示交流电压源, 图 1-14(b) 只能表示直流电压源, 图 1-14(c) 给出了理想电压源的伏安特性, 表明其端电压与电流的大小无关。

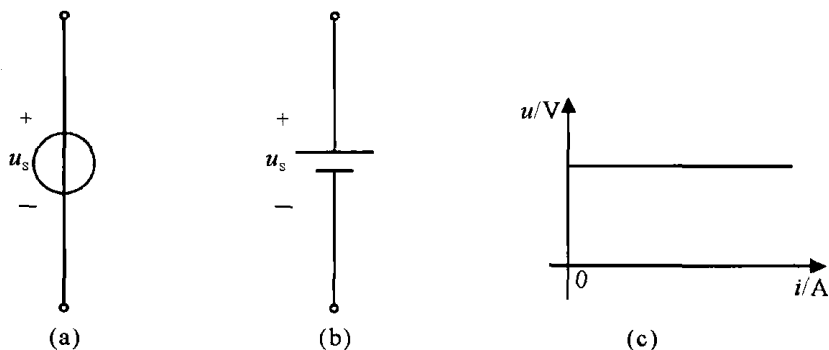


图 1-14 理想电压源模型及伏安特性

电压源具有以下两个特点:

(1) 任一时刻, 电压源对外电路提供的电压总保持定值 U_s 或者给定的时间函数 $u_s(t)$, 不会因为所接的外电路不同而不同。

(2) 流过理想电压源的电流由它及外电路共同决定。

由于实际电源的功率有限, 而且存在内阻, 因此恒压源是不存在的, 它只是理想化模型, 只有理论上的意义。

几个理想电压源串联后, 等效的端电压等于相串联的理想电压源的代数和, 即

$$u_s = u_{s1} + u_{s2} + \cdots + u_{sn} \quad (1-13)$$

在相加时注意电压源的参考方向, 若某个电压源与端电压的参考方向一致, 则该电压源取正号, 否则取负号。图 1-15 给出了两个电压源相串联的情况。在图 1-15(a) 中, $u_s = u_{s1} + u_{s2}$, 图 1-15(b) 中, $u_s = u_{s1} - u_{s2}$ 。

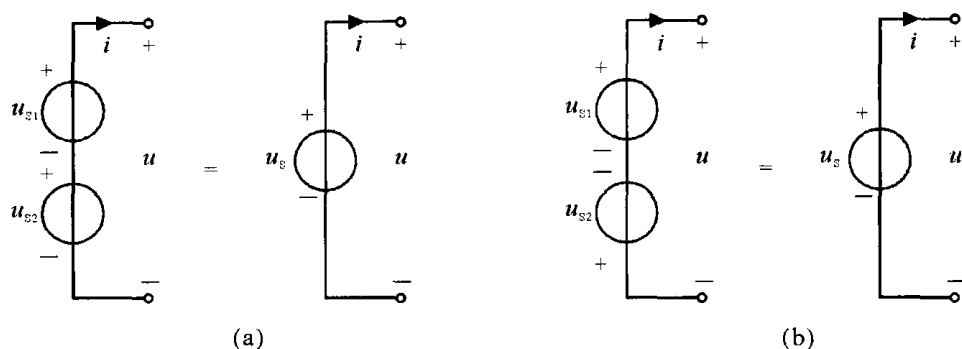


图 1-15 理想电压源串联等效

注意:将端电压不相等的电压源并联是没有意义的,将端电压不为零的电压源短路也是没有意义的。

2. 理想电流源

理想电流源是另一种理想电源,它也是一种实际电源抽象、理想化的模型。可以描述为:不管外电路如何,其输出电流总能保持定值或一定的时间函数的电源。其模型可以用图 1-16(a)表示,图 1-16(b)为理想电流源的伏安特性,表示其电流与电压无关。

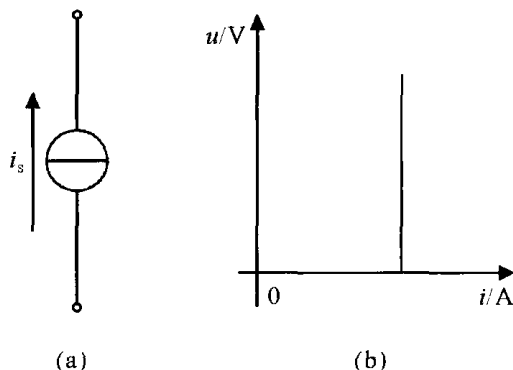


图 1-16 理想电流源模型及伏安特性

电流源有以下两个特点:

(1) 电流源向外电路提供的电流总保持定值 I_s 或给定的时间函数 $i(t)$, 不会因所接的外电路不同而改变。

(2) 理想电流源的端电压由其本身的输出电流和外部电路共同决定。

恒流源是理想化模型,现实中并不存在。实际的恒流源一定有内阻,且功率总是有限的,因而产生的电流不可能完全输出给外电路。

几个理想电流源并联后,其等效的输出电流等于相并联的理想电流源输出电流的代数和,即

$$i_s = i_{s1} + i_{s2} + \cdots + i_{sn} \quad (1-14)$$

在相加时注意参考方向的选择,和等效电流源参考方向一致的电流源取正,否则取负。图 1-17 给出了三个电流源并联的情况。在图 1-17(a)中, $i_s = i_{s1} + i_{s2}$, 图 1-17(b)中, $i_s = i_{s1} - i_{s2}$ 。