

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

电路分析 基础

李晓静 编著

- 保证基础
- 强化应用
- 培养能力

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuān Diānzi Xīnxīlei Guīhuā Jiāocái

电路分析 基础

李晓静 编著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

电路分析基础 / 李晓静编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2011. 9
21世纪高职高专电子信息类规划教材
ISBN 978-7-115-25613-3

I. ①电… II. ①李… III. ①电路分析—高等职业教育—教材 IV. ①TM133

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第132797号

内 容 提 要

本书突出电路的基本理论、基本知识、基本技能,以“必须、够用”为指导原则,从高等职业技术学院培养目标出发,具有“基础性、实用性”的特点。作者按照循序渐进、理论联系实际、便于自学的原则编写;力求叙述简练,概念清晰,通俗易懂。

本书共6章,内容包含电路基本概念和定律、电阻电路的一般分析方法、线性电路的基本定理、正弦稳态电路分析、互感电路和理想变压器、一阶动态电路分析。

本书可作为高职高专非电子专业电路分析基础课程教材,也可供相关行业工作人员自学参考。

21世纪高职高专电子信息类规划教材

电路分析基础

-
- ◆ 编 著 李晓静
责任编辑 贾楠
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 10 2011年9月第1版
字数: 240千字 2011年9月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-25613-3

定价: 22.00元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

《电路分析基础》是根据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》的精神，结合当前高职学生学习基础知识的实际状况编写的一本专业基础教材，供高等职业技术学院通信和信息专业使用。

本书突出电路的基本理论、基本知识、基本技能，以“必须、够用”为指导原则，从高等职业技术学院培养目标出发，具有“基础性、实用性”的特点。希望通过本教材的学习，使学生获得电路的理论和电路分析的基本技能，以培养学生分析问题和解决问题的能力，为学习相关专业课奠定理论基础。

本书共6章，其主要内容有：电路基本概念和定律、电路的一般分析方法、线性电路的基本定理、正弦稳态电路分析、互感电路和理想变压器、一阶动态电路分析。

本书充分考虑高职学生数理基础的实际情况，按照循序渐进、理论联系实际、便于自学的原则编写；力求叙述简练，概念清晰，通俗易懂。对于电路的分析求解，力求做到解题思路简捷、步骤清晰明了、取值计算精简，以期对学生掌握具体分析方法起到指导作用；有些题目给出多解，以启发和培养学生的发散性思维能力。

本书由李晓静编写，由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2011年1月

目 录

第 1 章 电路的基础知识	1	2.3.2 含源电路的等效化简	43
1.1 电路和电路模型	1	本章小结	48
1.1.1 电路及其功能	1	习题 2	49
1.1.2 电路模型	1	第 3 章 线性电路的基本定理	53
1.2 电路的基本变量	2	3.1 叠加定理	53
1.2.1 电流及参考方向	2	3.2 戴维南定理	57
1.2.2 电压及参考极性	3	3.3 最大功率传输定理	60
1.2.3 电功率	4	本章小结	63
1.3 电路的基本元件	6	习题 3	64
1.3.1 电阻元件	6	第 4 章 正弦交流电路	68
1.3.2 电容元件	9	4.1 正弦信号的瞬时表示	68
1.3.3 电感元件	11	4.1.1 正弦信号的三要素	68
1.4 电源	13	4.1.2 相位差	70
1.4.1 独立电源	13	4.1.3 正弦信号的参考方向	70
1.4.2 受控电源	16	4.2 正弦信号的相量表示	71
1.5 基尔霍夫定律	18	4.2.1 正弦信号的相量表示	71
1.5.1 基尔霍夫电流定律	19	4.2.2 正弦信号的运算	73
1.5.2 基尔霍夫电压定律	20	4.3 三种基本元件的相量形式	74
1.6 用电位的概念分析电路	23	4.3.1 电阻元件	74
1.6.1 电位及其参考点	23	4.3.2 电感元件	76
1.6.2 电位的计算	23	4.3.3 电容元件	79
1.6.3 有接地点电路的习惯画法	24	4.4 基尔霍夫定律的相量形式	83
本章小结	25	4.4.1 基尔霍夫电流定律的相量形式	83
习题 1	27	4.4.2 基尔霍夫电压定律的相量形式	83
第 2 章 电路的等效变换	31	4.5 RLC 串联电路	84
2.1 电阻的串联、并联、混联	31	4.5.1 RLC 串联电路的相量形式	84
2.1.1 电阻的串联	31	4.5.2 复阻抗 Z	85
2.1.2 电阻的并联	33	4.5.3 电路的三种性质	86
2.1.3 电阻的混联	35	4.6 RLC 并联电路	89
2.2 Δ 形和 Y 形电阻电路的等效变换	38	4.6.1 RLC 并联电路的相量形式	89
2.3 含源电路的等效变换	42	4.6.2 复导纳 Y	90
2.3.1 电压源与电流源的等效变换	42	4.6.3 电路的三种性质	91

4.6.4 复阻抗和复导纳的等效 互换	92	5.1.3 耦合系数 K	120
4.7 用相量法分析正弦交流电路	95	5.1.4 互感电路的分析方法	121
4.8 正弦交流电路中的功率	97	*5.2 空心变压器	125
4.8.1 瞬时功率 $p(t)$	98	5.3 理想变压器	128
4.8.2 平均功率 P	98	5.3.1 理想变压器的变压作用	129
4.8.3 无功功率	98	5.3.2 理想变压器的变流作用	129
4.8.4 视在功率	99	5.3.3 理想变压器的阻抗变换	131
4.8.5 功率因数的提高	99	本章小结	133
4.8.6 正弦交流电路中的最大 功率	100	习题 5	134
4.9 谐振电路	103	第 6 章 一阶动态电路的时域分析	137
4.9.1 串联谐振电路	104	6.1 一阶电路的三要素分析法	137
4.9.2 并联谐振电路	108	6.1.1 过渡过程的概念	137
本章小结	110	6.1.2 换路定则和初始值的概念	138
习题 4	113	6.1.3 三要素分析法的标准公式	138
第 5 章 互感电路和理想变压器	118	6.2 一阶电路的零输入、零状态分 析法	142
5.1 互感耦合电路	118	本章小结	145
5.1.1 互感线圈的伏安特性	118	习题 6	146
5.1.2 互感线圈的同名端与互感电压 的极性	120	习题答案	150
		参考文献	154

本章将简单介绍电路的基础知识：电路模型、基本元件、基本变量、基本定律和电源，其重点是基尔霍夫定律，它是电路理论中的基本定律，也是学习本课程的基础。

学习本章，要求充分理解并牢固掌握电压的参考极性、电流的参考方向以及关联参考方向的基本概念；电功率 $P>0$ 和 $P<0$ 的意义；基尔霍夫定律的内容及应用。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路及其功能

电路是由若干电气元器件（如电阻器、电容器、电感器、电源、开关等）按照人们预先规定的目的相互连接而成的总体，是电流的流通通路。

电路的作用虽是多种多样的，但基本上可分为两大类：一类是进行电能的传输或转换，如电力系统的发电、传输等；另一类是实现信息的传输和处理，如通信电路、电视机电路等。

1.1.2 电路模型

组成实际电路的元器件的电磁性能比较复杂。例如，电阻器的主要功能是电能对热能的不可逆的转换，但当电流通过电阻器时，它也储存了一定的磁能和电能；电感线圈的主要功能是用来储存和交换磁能，但当电流通过时，它也消耗了部分热能，还伴随着一定的电场能量。如果将这些元器件的电磁性能统统考虑，将使电路分析的过程复杂化，而且在实际工程中也没有必要这样精确。因此，为了便于对实际电路进行分析和计算，常将电路的元器件加以理想化，在一定条件下，忽略其次要的电磁性能，用一个表征其主要性能模型来表示，我们将反映其主要性能的实际元器件的模型称为理想元器件。由理想元器件连接而成的电路

称为电路模型，简称电路图。

常用的理想元器件有：只表示将电能转换成热能的电阻元件；只表示电场现象的电容元件；以及只表示磁场现象的电感元件；还有提供电压的理想电压源和提供电流的理想电流源。图 1-1 所示为常用理想元器件的符号。

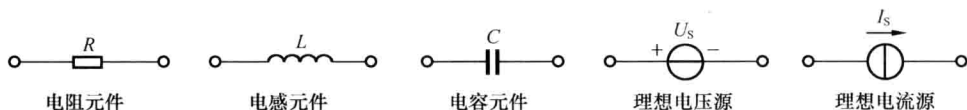


图 1-1 常用理想元器件的符号

实际电路可分为集中参数电路和分布参数电路两大类。当一个实际电路的几何尺寸远小于电路中电磁波的波长时，就称为集中参数电路，否则就称为分布参数电路。集中参数电路按其元器件参数是否为常数，分为线性电路和非线性电路。本课程讨论的都是集中参数线性电路。

1.2 电路的基本变量

1.2.1 电流及参考方向

在电场力作用下，电荷有规则的运动称为电流。习惯上规定正电荷运动的方向为电流的实际方向。

用来衡量电流大小的物理量是电流强度，其定义是：在单位时间内通过导体横截面的电量。

设在极短时间 dt 内通过导体横截面的电量为 dq ，则电流强度为

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

电流强度 i 一般是时间的函数，即随着时间按一定规律变化。

如果电流的大小和方向都不随时间变化，则这种电流称为恒定电流，简称直流。在这种情况下，电流强度用符号 I 表示，这时式 (1-2-1) 可写成

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2-2)$$

在国际单位制中，电流强度的单位是安培（国际符号为 A），常用单位还有毫安（mA）和微安（ μA ），其关系为

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

在电路分析时, 电流的实际方向是很难确定的, 尤其在交流电路中, 电流方向不断变化, 根本无法确定。基于这个原因, 可以事先任意假定电流的方向, 这个假定的方向称为参考方向。参考方向又称为正方向, 在电路图中用箭头表示。我们规定: 如果电流的实际方向与参考方向一致, 电流为正值; 如果两者相反, 电流为负值, 如图 1-2 所示。这样, 在指定参考方向下, 电流值的正、负就可以反映出电流的实际方向。除用箭头表示电流参考方向外, 还可用双下标表示, 如 I_{ab} 表示电流参考方向是从 a 点流向 b 点。在未标示参考方向的情况下, 电流的正、负是没有意义的。

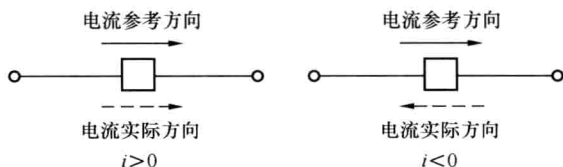


图 1-2 电流参考方向与实际方向关系

1.2.2 电压及参考极性

电路中 a、b 两点的电压就是将单位正电荷由 a 点移动到 b 点时电场力所做的功。电压也称为电位差, 用符号 u 表示。在一般情况下, 有

$$u = \frac{dw}{dq} \quad (1-2-3)$$

式中, dq 为从 a 点移动到 b 点的电量, dw 为移动过程中, 电荷 dq 所做的功。

如果正电荷由 a 点移动到 b 点电场力做正功, 这时 a 点为高电位, 即“+”极; b 点为低电位, 即“-”极, 则 $u > 0$ 。反之, 如果正电荷由 a 点移动到 b 点电场力做负功, 这时 a 点为低电位, b 点为高电位, 则 $u < 0$ 。

如果电压的大小和极性都不随时间而变化, 这样的电压叫做恒定电压, 简称直流电压, 用符号 U 表示, 这时式 (1-2-3) 可写成

$$U = \frac{W}{q} \quad (1-2-4)$$

在国际单位制中, 电压的单位是伏特 (国际符号为 V), 常用单位还有千伏 (kV) 和毫伏 (mV), 其关系为

$$1\text{kV} = 10^3\text{V} = 10^6\text{mV}$$

在电路分析时同样需要为电压规定参考极性。与电流的参考方向一样, 电压的参考极性也是任意选定的, 在电路图中用符号“+”“-”表示, “+”号表示高电位端, “-”号表示低电位端, 如图 1-3 所示。我们规定: 当电压的实际极性与参考极性相同时, 电压为正值; 反之, 当电压的实际极性与参考极性相反时, 电压为负值。在未标示参考极性的情况下, 电压

的正、负也是没有意义的。



图 1-3 电压参考极性的表示

电压的参考极性除了用“+”“-”表示外，还可以用双下标表示，如 u_{ab} 表示 a 点为参考正极， b 点为参考负极；并有 $u_{ab} = -u_{ba}$ 。

在选定电压的参考极性后，当电压的参考极性与实际极性一致时，则电压为正值；当电压的参考极性与实际极性相反时，则电压为负值，如图 1-4 所示。同样，在未标示参考极性的情况下，电压的正负也是没有意义的。



图 1-4 电压参考极性和实际极性的关系

在电路分析中，各支路的电流和电压均可随意选定其参考方向，互不相关。但为了分析方便，常常将两者的参考方向取为一致，即电流的参考方向从电压的正极指向负极，这称为关联参考方向，如图 1-5 所示；如果电流的参考方向是从电压的负极指向正极，则称为非关联参考方向，如图 1-6 所示。

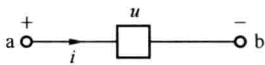


图 1-5 关联参考方向

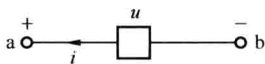


图 1-6 非关联参考方向

1.2.3 电功率

电功率（简称功率）是描述电路中能量变化速率的物理量，其定义为单位时间内电场力所作的功。在直流电路中，功率是恒定不变的，用大写字母 P 表示，即

$$P = UI \quad (1-2-5)$$

当电流和电压是随时间变化的，则功率也是随时间变化的，称为瞬时功率，用小写字母 p 表示，这时式（1-2-5）可写成

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) \quad (1-2-6)$$

或简写为

$$p = ui \quad (1-2-7)$$

从前面的定义可知：功率有正值和负值之分。若电场力做正功，则功率为正值；反之，若电场力做负功（即外力做功），则功率为负值。

在电路分析中，如何计算某个元器件或某段电路功率的正或负呢？功率的正或负值是由两个因素决定：其一是电流和电压间的参考方向；其二是电流和电压本身的正、负值。

当电压和电流为关联参考方向时，如图 1-5 所示，功率的计算公式为

$$P = UI \quad (1-2-8)$$

当电压和电流为非关联参考方向时，如图 1-6 所示，则功率的计算公式为

$$P = -UI \quad (1-2-9)$$

式中， U 、 I 本身是具有方向的代数量，即 U 和 I 是有正、负值之分。无论使用哪个公式，只需将 U 和 I 本身的代数值直接代入公式即可。最终的计算结果：若 $P > 0$ ，则是电场力作正功，说明该元件消耗功率（或称吸收功率）；若 $P < 0$ ，则是外力做功，说明该元器件产生功率（或称供出功率）。

在国际单位制中，电压的单位为伏特（V），电流的单位为安培（A），功率的单位为瓦特，简称瓦（W），有

$$1W = 1V \cdot A$$

例 1.1 如图 1-7 所示，5 个方块分别代表电源或负载元件，各支路电流、电压的参考方向如图所示。已知 $I_1 = 3A$ ， $I_2 = -5A$ ， $I_3 = 8A$ ， $U_1 = 12V$ ， $U_2 = 16V$ ， $U_3 = -4V$ ， $U_4 = 2V$ ， $U_5 = -2V$ ，试计算各元器件的功率，并说明是吸收功率还是向外供出功率。

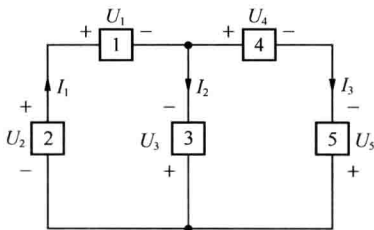


图 1-7

$$\begin{aligned} \text{解} \quad P_1 &= U_1 I_1 = 12 \times 3 = 36 \text{ (W)} \quad (\text{吸收}) \\ P_2 &= -U_2 I_1 = -16 \times 3 = -48 \text{ (W)} \quad (\text{供出}) \\ P_3 &= -U_3 I_2 = -(-4) \times (-5) = -20 \text{ (W)} \quad (\text{供出}) \\ P_4 &= U_4 I_3 = 2 \times 8 = 16 \text{ (W)} \quad (\text{吸收}) \\ P_5 &= -U_5 I_3 = -(-2) \times 8 = 16 \text{ (W)} \quad (\text{吸收}) \end{aligned}$$

电路向外供出的总功率为

$$48 + 20 = 68 \text{ (W)}$$

电路吸收的总功率为

$$36 + 16 + 16 = 68 (\text{W})$$

吸收的功率等于供出功率，称功率平衡，符合能量守恒原理，因此是正确的。

练习与思考

在如图 1-8 所示电路中，已知元件 1 向外供出的功率为 10W；元件 2 吸收的功率为 24W；元件 3 吸收的功率为 20W；元件 4 向外供出的功率为 30W；分别求 U_1 、 I_2 、 I_3 和 U_4 。

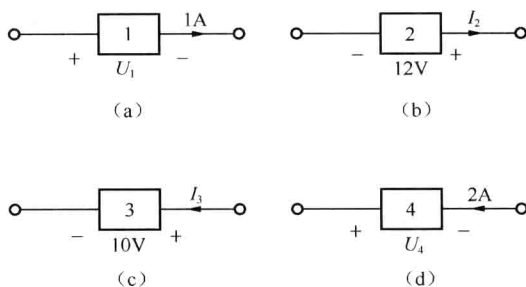


图 1-8

1.3 电路的基本元件

1.3.1 电阻元件

电阻元件是消耗能量的元件，简称耗能元件，是电路中最常见的元件之一。

1. 电阻元件的伏安特性、欧姆定律

任何二端元件的电压和电流之间的关系称为元件的伏安关系或伏安特性，电阻元件的伏安特性是由欧姆定律来描述的。

当电压和电流为关联参考方向时，如图 1-9 所示，欧姆定律记为

$$u = Ri \tag{1-3-1}$$

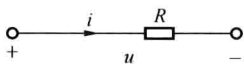


图 1-9

如果电压和电流为非关联参考方向时，如图 1-10 所示，则欧姆定律应记为

$$u = -Ri \quad (1-3-2)$$

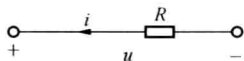


图 1-10

电阻的伏安特性也可写成

$$i = Gu \quad (1-3-3)$$

即通过电阻元件的电流和元件的端电压成正比，其比例系数

$$G = \frac{i}{u} = \frac{1}{R}$$

称为电阻元件的电导，电导为电阻的倒数。

在国际单位制中，电阻的单位为欧姆，简称欧 (Ω)；电导的单位是西门子，简称西 (S)。

电阻元件的伏安特性还可用曲线来表示。如果一个电阻元件的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线，如图 1-11 所示，则此电阻元件称为线性电阻元件；如果电阻元件的伏安特性为一条经过原点的曲线，则此电阻元件称为非线性电阻元件。例如，晶体二极管是一个非线性元器件，其伏安特性曲线如图 1-12 所示。我们通常所说的电阻元件都是指线性电阻元件。

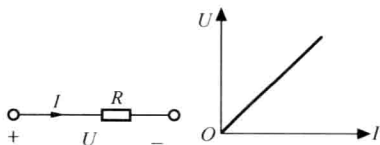


图 1-11

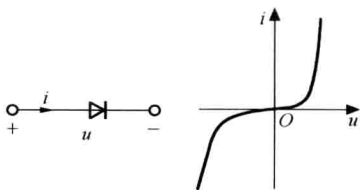


图 1-12

2. 电阻元件的功率

在关联参考方向下，电阻元件所吸收或消耗的功率为

$$p = ui$$

将式 (1-3-1) 代入上式，可得

$$p = i^2 R \quad (1-3-4)$$

或

$$p = \frac{u^2}{R} = u^2 G \quad (1-3-5)$$

在直流电路中，电阻元件的功率可记为

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} = U^2 G \quad (1-3-6)$$

从上述公式可看出：电阻元件的功率与通过该元件的电流的平方或电压的平方成正比，电阻的功率恒大于零。这说明电阻元件是一个只消耗电能而不储存电能的元件，电能从电源供给电阻，并转换成其他形式的能量，而不能返回电源。

3. 电气设备的额定值

当电流通过电气设备（电器或电路元器件）时，设备内的电阻将消耗一定的能量，使电能转变为热能，导致电气设备本身的温度增高。在电阻一定的情况下，如果加上过高的电压或过大的电流，将会烧坏电气设备。为了保证电气设备能正常工作，对各种电气设备消耗的功率或外加电流、电压的数值都有一定的限额，称为额定功率、额定电流和额定电压。它们是设备能安全工作所允许的最大值。各种电气设备一般都在铭牌上标明它们的额定值。

例 1.2 电路如图 1-13 所示。

(1) 图 1-13 (a) 中，已知 $U = 5\text{V}$ ，求 I 。

(2) 图 1-13 (b) 中，已知 $I = -2\text{A}$ ，求 U 。

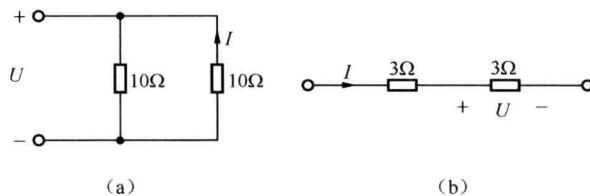


图 1-13

解

(1) 图 1-13 (a) 中电压和电流的参考方向是非关联的，即

$$I = -\frac{U}{R} = -\frac{5}{10} = -0.5(\text{A})$$

(2) 图 1-13 (b) 中电压和电流的参考方向是关联的，即

$$U = IR = (-2) \times 3 = -6(\text{V})$$

1.3.2 电容元件

1. 电容元件的伏安特性

电容元件是一种能够储存电场能量的元件，其电路符号如图 1-14 所示。

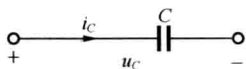


图 1-14

当电容元件的端电压 u_C 随时间发生变化时，存储在电容元件极板上的电荷 q 将随之变化，在电容元件支路中将出现电流 i_C 。

在电压和电流为关联参考方向下，电容元件的伏安特性为

$$i_C = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt} \quad (1-3-7)$$

如果电压和电流为非关联参考方向，则电容元件的伏安特性可记为

$$i_C = -C \frac{du_C}{dt} \quad (1-3-8)$$

式中， C 称为该元件的电容（值）。

在国际单位制中，电容 C 的单位是法拉（国际符号为 F），常用单位还有微法（ μF ）和皮法（ pF ），其关系为

$$1\text{F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^{12} \text{pF}$$

从式 (1-3-7)、式 (1-3-8) 可以看出：任何时刻，电容元件的电流与该时刻电压的变化率成正比，其比例系数为电容 C 。当 C 为常数时，该电容元件称为线性电容元件。当电容元件的电压发生剧变（即 du/dt 很大）时，电流也很大；当电压不随时间变化时，则电流为零，这时电容元件相当于开路。故电容元件具有通交流隔直流的作用。

2. 电容元件的惯性特性

由式 (1-3-7) 可得

$$\begin{aligned} u(t) &= \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^0 i(\tau) d\tau + \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau \\ &= u(t_0) + \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau \end{aligned}$$

若取 $t_0=0$, 则

$$u(t) = u(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau \quad (1-3-9)$$

由此说明: 电容元件的电压在任何时刻都不能突变, 称为电容元件的惯性特性。

3. 电容元件的功率和储能

在电压和电流为关联参考方向下, 电容元件的瞬时功率为

$$p_C = u_C i_C = u_C \cdot C \frac{du_C}{dt} \quad (1-3-10)$$

式中, $\frac{du_C}{dt}$ 的正、负可以与 u_C 相同, 也可以与 u_C 相反, 故 p_C 可以为正值, 也可为负值。当 $p_C > 0$ 时, 表明电容元件从外电路吸收功率 (作为电场能储存起来); 当 $p_C < 0$ 时, 表明电容元件向外电路释放功率 (将储存的电场能释放出来还给外电路)。

电容元件在任何时刻 t 所储存的电场能量与该时刻电容元件电压的平方成正比, 即

$$w_C(t) = \frac{1}{2} C u_C^2(t) \quad (1-3-11)$$

由此说明: 电容元件是一个储能元件, 这点与电阻元件完全不同。

例 1.3 设通过电容 C 的电流波形如图 1-15 (a) 所示, 已知: $C = 1\text{F}$, $u_C(0) = 0$, 试求电容电压 $u_C(t)$ 的表达式, 并画出其波形。

解 由图 1-15 (a) 波形可知, $i_C(t)$ 的表达式为

$$i_C(t) = \begin{cases} 1(\text{A}) & (0 < t < 1) \\ -1(\text{A}) & (1 < t < 2) \end{cases}$$

在 $0 < t < 1$ 时

$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau = \int_0^t 1 d\tau = t(\text{V})$$

在 $1 < t < 2$ 时

$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau = \frac{1}{C} \int_0^1 1 d\tau + \frac{1}{C} \int_1^t (-1) d\tau = 1 - (t - 1) = 2 - t(\text{V})$$

所以

$$u_C(t) = \begin{cases} t(\text{V}) & (0 < t < 1) \\ 2 - t(\text{V}) & (1 < t < 2) \end{cases}$$

其波形如图 1-15 (b) 所示。

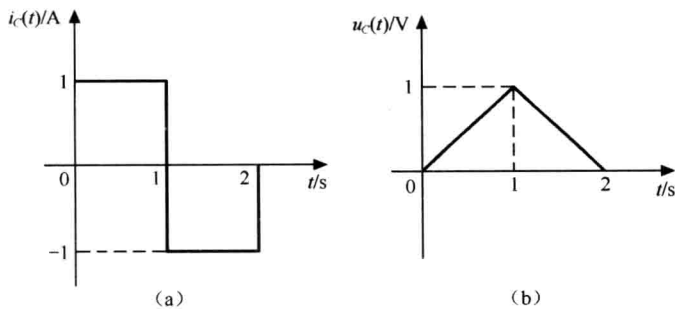


图 1-15

1.3.3 电感元件

1. 电感元件的伏安特性

电感元件也是一种储能元件，其电路符号如图 1-16 所示。在电流与电压为关联参考方向下，由物理学的知识可知电感元件的伏安特性为

$$u_L = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d(Li_L)}{dt} = L \frac{di_L}{dt} \quad (1-3-12)$$

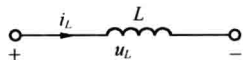


图 1-16

如果电流和电压为非关联参考方向，则式 (1-3-12) 可记为

$$u_L = -L \frac{di_L}{dt} \quad (1-3-13)$$

式中， L 称为该元件的电感（值）。

在国际单位制中，电感 L 的单位是亨利（国际符号为 H），常用单位还有毫亨（mH）和微亨（ μH ），其关系为

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

由式 (1-3-12) 和式 (1-3-13) 可以看出：任何时刻，电感元件上的电压与该时刻电流的变化率成正比。电流变化越快，则感应电压越高；电流变化越慢，则感应电压越低。当电流不随时间变化时，则感应电压为零，这时电感元件相当于短路，故电感元件具有通直流阻交流的作用。

2. 电感元件的惯性特性

由式 (1-3-12) 可得