

TONGJI DAXUE
CHUBANSHE

电路理论基础

俞云燕 主编



同济大学出版社

电 路 理 论 基 础

俞 云 焘 主 编

同济大学出版社

(沪) 204 号

内 容 提 要

本书是一本高等工业学校电类专业本科学生使用的专业基础课教材。全书内容包括:电路和电路定律、线性电路基本分析方法、等效变换和网络定理、正弦电流电路、三相电路、双口网络、非正弦周期电流电路、动态电路时域分析、复频域分析、网络图论和网络方程、简单非线性电阻电路分析、分布参数电路、电路分析的数值方法初步以及附录磁路。本书阐述通俗顺畅,内容体系安排适合教学要求,全书各章节均配有适当的例题、思考题和习题(附有答案),有利于学生自学。

本书还可供电类专业专科生和函授生作自学参考读本。

责任编辑:张平官

封面设计:王肖生

电路理论基础

俞云焘 主编

同济大学出版社出版发行

(上海四平路 1239 号)

浙江上虞科技外文印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 27.25 字数: 693 千字

1992 年 9 月第 1 版 1992 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—3000 定价: 15.30 元

ISBN 7-5608-1103-X/TP·103

前 言

本书是按照国家教委于 1983 年组织制订的《电路课程的教学基本要求》，并参照 1980 年审订的《电路教学大纲(草案)》，结合编写者从事电路课程教学的实践经验而编写的高等工业学校电类专业(不包括无线电类专业)本科电路课程的教材。

在本书编写过程中，我们充分注意了以下几个方面的问题：

1. 传统内容和新内容的关系。对必要的传统的基本内容给予较为充分的保证；对于一些新内容，安排了适当的篇幅给予阐述介绍，有的则标以“*”号，可视具体情况决定删取。

2. 为了使學生能正确地掌握和理解重要的基本概念、基本定理，除了注意把数学推导分析和物理概念的阐述予以紧密结合外，在一些章节段落中还配以一定数量的思考题。

3. 为了便于学生自学，文字力求通畅，阐述力求浅近易懂但又不失概念与原理的严密。同时，每章的开始还有引言，介绍本章的目的要求，基本内容和基本方法，每章末尾的结束语对本章的基本内容给予归纳小结。

4. 培养学生掌握电路分析的基本理论和方法，并能正确熟练地应用于解题是电路课程教学的一个重要任务。本书编写了近 200 个例题，题解时较重视思考方法的阐述。本书还选编了 300 多个习题，供教师选用和学生练习。

5. “磁路”虽不属于电路课程的内容范围，但它对于某些后续课程的教学和从事电工技术人员来讲又是必须了解和掌握的内容。鉴于目前对“磁路”应归属于哪门课程在认识上不一致，因此编写本书时将磁路的基本内容作为附录编入。

参加本书执笔编写工作的有：俞云焘(第一、四章)；陈正伦(第二、三、十一章及附录)；孙庆堃(第五、六、九章)；张达明(第七、八章)；陈春鸿(第十、十三章)，杨扬(第十二章)；

由于我们的水平有限，本书中的缺点和错误在所难免，请读者给予批评指正。建议和意见请寄杭州浙江工学院电工原理教研室。

编 者
1991 年 12 月

目 次

第一章 电路和电路基本定律

引言	(1)
§ 1-1 电路的组成和电路模型	(1)
§ 1-2 电流、电压和电功率	(2)
§ 1-3 电阻元件	(4)
§ 1-4 电容元件	(6)
§ 1-5 电感元件	(8)
思考题	(10)
§ 1-6 电压源和电流源	(11)
§ 1-7 受控源	(14)
§ 1-8 基尔霍夫定律	(15)
思考题	(17)
§ 1-9 简单电路分析示例	(18)
结束语	(21)
习题	(22)

第二章 线性电路的基本分析方法

引言	(26)
§ 2-1 支路电流法	(26)
思考题	(29)
§ 2-2 节点电压法	(30)
思考题	(36)
§ 2-3 回路电流法	(40)
思考题	(41)
结束语	(42)
习题	(46)

第三章 等效变换和网络定理

引言	(46)
§ 3-1 电路等效变换的概念	(46)
思考题	(49)
§ 3-2 电阻的等效变换	(50)
思考题	(55)

§ 3-3 电源的等效变换	(56)
思考题	(62)
§ 3-4 叠加原理和齐性原理	(63)
思考题	(68)
§ 3-5 替代定理	(68)
§ 3-6 戴维南定理和诺顿定理	(69)
思考题	(75)
结束语	(76)
习题	(76)

第四章 正弦电流电路

引言	(82)
§ 4-1 正弦电流、正弦电压	(83)
§ 4-2 正弦电流、正弦电压的相量表示法	(86)
§ 4-3 正弦电流电路中 R 、 L 、 C 的电特性	(89)
思考题	(95)
§ 4-4 无源一端口网络的复阻抗	(96)
§ 4-5 无源一端口网络的复导纳	(102)
§ 4-6 复阻抗和复导纳的等效变换	(104)
§ 4-7 复杂正弦电流电路的分析	(106)
思考题	(109)
§ 4-8 正弦电流电路的功率	(110)
* § 4-9 最大传输功率定理	(115)
思考题	(116)
§ 4-10 串联电路的谐振	(117)
§ 4-11 并联电路的谐振	(121)
§ 4-12 互感及含有互感耦合的电路	(123)
结束语	(128)
习题	(131)

第五章 三相电路

引言	(137)
§ 5-1 三相电源及其电压特征	(137)
思考题	(141)
§ 5-2 对称三相电路的特征及计算	(141)
思考题	(151)
§ 5-3 不对称三相电路的计算	(151)
思考题	(154)
§ 5-4 三相电路的功率	(154)

思考题	(157)
结束语	(157)
习题	(158)

第六章 双口网络

引言	(162)
§ 6-1 双口网络的方程及其参数	(163)
思考题	(170)
§ 6-2 网络的互易性质与双口网络参数的转换关系	(171)
思考题	(174)
§ 6-3 接有负载的双口网络	(174)
§ 6-4 双口网络的连接	(176)
思考题	(179)
§ 6-5 双口网络的等效电路	(179)
思考题	(180)
§ 6-6 运算放大器	(180)
思考题	(184)
§ 6-7 理想变压器	(184)
思考题	(188)
§ 6-8 回转器	(188)
结束语	(190)
习题	(191)

第七章 非正弦周期电流电路

引言	(198)
§ 7-1 周期函数分解为傅里叶级数	(198)
思考题	(202)
§ 7-2 非正弦周期电流电路的计算	(202)
* § 7-3 对称三相电路中的高次谐波	(208)
§ 7-4 傅里叶级数的指数形式	(211)
§ 7-5 傅里叶积分和傅里叶变换	(213)
结束语	(215)
习题	(216)

第八章 动态电路的时域分析

引言	(220)
§ 8-1 电路的初始条件	(221)
思考题	(224)
§ 8-2 一阶电路的零输入响应	(225)

§ 8-3 一阶电路的零状态响应、阶跃响应	(229)
思考题	(235)
§ 8-4 电路的冲激响应	(236)
§ 8-5 一阶电路的全响应	(239)
思考题	(243)
§ 8-6 二阶电路的零输入响应	(244)
* § 8-7 RLC 串联电路的零状态响应	(250)
* § 8-8 高阶电路的响应	(254)
§ 8-9 线性电路的任意输入响应(卷积积分)	(255)
结束语	(257)
习题	(258)

第九章 复频域分析

引言	(264)
§ 9-1 拉普拉斯变换及其基本性质	(264)
思考题	(269)
§ 9-2 拉普拉斯反变换	(270)
§ 9-3 复频域等效电路	(275)
思考题	(281)
§ 9-4 线性电路的复频域分析法	(282)
思考题	(287)
§ 9-5 网络函数	(288)
思考题	(294)
§ 9-6 卷积定理	(294)
结束语	(296)
习题	(296)

第十章 网络图论和网络方程

引言	(304)
§ 10-1 图的概念	(304)
§ 10-2 回路和割集	(305)
思考题	(307)
§ 10-3 图的矩阵表示	(308)
思考题	(311)
§ 10-4 节点分析法	(312)
§ 10-5 改进节点法	(320)
§ 10-6 回路法与割集法	(322)
§ 10-7 状态变量法简介	(324)
§ 10-8 特勒根定理	(330)

结束语.....	(333)
习题.....	(334)

第十一章 简单非线性电阻电路的分析

引言.....	(337)
§ 11-1 非线性电阻元件.....	(337)
思考题.....	(340)
§ 11-2 非线性电阻电路的图解法.....	(340)
思考题.....	(344)
§ 11-3 小信号分析法.....	(344)
思考题.....	(346)
§ 11-4 分段线性分析法.....	(347)
思考题.....	(349)
§ 11-5 数值解法.....	(349)
结束语.....	(352)
习题.....	(353)

第十二章 分布参数电路

引言.....	(357)
§ 12-1 均匀传输线及其方程.....	(357)
§ 12-2 均匀线方程的正弦稳态解.....	(358)
§ 12-3 正弦稳态解的性质.....	(361)
思考题.....	(363)
§ 12-4 均匀传输线的参数.....	(363)
§ 12-5 行波的反射.....	(365)
§ 12-6 均匀传输线和二端口网络.....	(366)
§ 12-7 无损耗线.....	(368)
思考题.....	(371)
* § 12-8 无损耗线的过渡过程.....	(371)
结束语.....	(374)
习题.....	(375)

*第十三章 电路分析的数值方法初步

引言.....	(376)
§ 13-1 常见的复杂运算的计算机方法.....	(376)
§ 13-2 重要图形曲线的绘制.....	(381)
§ 13-3 常用的数值算法.....	(386)
结束语.....	(389)
习题.....	(390)

附录 磁 路

§ 附-1 引言	(392)
§ 附-2 磁路的基本概念和基本定律	(395)
§ 附-3 直流磁路的计算	(400)
§ 附-4 交流磁路的特点及计算	(405)
结束语	(410)
习题	(411)
习题答案	(414)

第一章 电路和电路基本定律

引 言

电路分析的主要任务是：当电路的结构、电路的参数(例如电阻 R 、电感 L 、电容 C 等)及电路中其它元件(如电源等)已经给定的条件下,对电路中的电压、电流和功率进行分析计算。

电路分析计算的最基本原则和方法是根据电路中各元件的电压与电流的关系,根据电路中各个电压各个电流相互关系所遵循的规律,得到一个或若干个数学方程式,这类数学方程式也称电路方程式。运用电路方程式可以对电路进行完整深入的分析和计算。

本章的内容是在阐述有关电路基本知识的基础上,重点介绍两方面的内容,一是基本的常见的电路元件的电压和电流之间的关系,即它们的电特性;二是电路中各个电压、各个电流相互关系所应遵循的规律——基尔霍夫定律。这些内容是对电路进行正确分析计算所必须具有的基本的基础理论。本章内容的最后部分是运用上述基础理论对简单电路进行初步的分析计算。

§ 1-1 电路的组成和电路模型

在现代社会生活的各个领域,到处都会遇到电路。实际的电路是由电工设备和电的器件用导线进行一定方式的联接而组成。图 1-1 为我国日常生活中常用的手电筒的实际电路示意图,它由于电池、小灯泡和联接导线(手电筒壳体)组成了一个最简单的实际电路。发电厂的发电机把机械能转换成电能,通过变压器、输电线等输送给各单位的用电设备,这样就构成了一个复杂的电路。

电路的作用除了传输电能外,另一个重要作用是电信号的传送和处理。例如收音机、电视接收机和各种电子仪器中的放大器电路是把电信号(又称激励)放大成所要求的输出信号(又称响应)。放大器往往可以由若干个晶体管、电阻、电容器、线圈、电源等等构成一个较为复杂的电路。

组成实际电路的电工设备和电的器件,种类繁多,功能各不相同,涉及的物理过程也很广泛。根据电路分析的主要任务,我们关心的是由其电路中的电流、电压、电荷和磁通所表征的物理过程,且最终能够集中表现为电压和电流的关系以及所形成的电功率或电能。

电路分析时,需用一些反映单一电磁性质的抽象化、理想化的电路元件。这些理想电路元件及其组合可以近似地表征各种实际电工设备、电的器件在电路中的电磁过程。因此,我们分析研究的直接对象不是各种实际电路,而是与实际电路相对应的、由理想电路元件通过一定联接方式组合而成的电路模型。图 1-2 是与手电筒实际电路相对应的电路(模型)图。本课程的主要任务是研究分析已建立的电路模型的电磁过程,重点是其中电压、电流、电功

率相互关系所遵循的规律。如何建立实际电路的电路模型,主要由后续的有关课程解决。



图 1-1 手电筒实际电路示意图

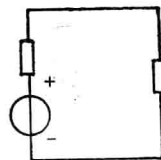


图 1-2 手电筒的电路模型

各种理想电路元件有其特定的电磁性质。本章从第三节开始将详细介绍各种常见的理想电路元件的电磁性质。

我们假定理想电路元件的电磁过程都是集中在元件内部进行的,符合这种假定的电路元件称为集总参数元件。由集总参数元件组成的电路称为集总(参数)电路。用集总电路近似地模拟实际电路是有条件的,这个条件就是实际电路的尺寸要远小于电路工作时电磁波的波长。如果不满足这个条件,实际电路就要用分布参数电路来处理。本书主要讨论集总参数电路。

§ 1-2 电流、电压和电功率

电流、电压和电功率是描述电路工作情况的主要物理量,是对电路进行研究分析的主要对象。有关这些物理量的基本知识在物理学中已经有所介绍。根据以后分析电路的需要,对电流、电压和电功率的基本概念及表示方法作进一步的阐述。

一、电流和电流的参考方向

当有净正电荷(或净负电荷)在导体内定向移动时,即形成所谓电流。我们把单位时间内通过导体的电(荷)量定义为电流强度。电流强度常简称电流,一般用符号 i 表示,即

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

上式中 dq 为 dt 时间内通过导体横截面的电量。电量的单位名称为“库仑”符号为“C”,时间单位名称为“秒”,符号为“s”,则电流 i 的单位为“安培”,简称“安”,用符号“A”表示。电流的方向习惯上规定以正电荷移动的方向为电流的方向。完整地表示电路中的电流应该既有电流的大小又要标出其方向。当电流的大小和方向都不随时间改变时,称这种电流为直流电流,用符号“ I ”表示,这时电流强度的定义可以用下式表示,即

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

Q 为时间 t 内通过导体横截面的电量。

在分析电路时,需要写出相应的电路方程式,而电路方程式的形式与电路中电流的方向有关,但是我们对电路中各个电流的实际方向往往事先难以判定。另外,有些电路(如正弦交流电路)中电流的实际方向是随着时间在改变的,不可能用一个固定的箭头来表示电流的实际方向。为了解决这些困难,下面介绍一个很重要的概念——电流的参考方向。

电流的参考方向是任意设定的，在电路图中一般用箭头表示(图 1-3)。

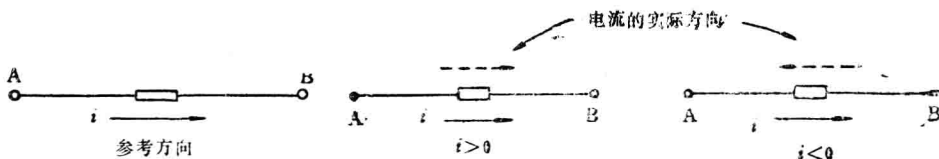


图 1-3 电流参考方向的表示法

图 1-4 电流的实际方向与参考方向的关系

分析计算电路时，应先设定电路中各个电流的参考方向，并在电路图上标出，然后根据有关的电路定律、定理和设定的电流参考方向写出电路方程式。若计算结果电流为正值，则表示电流的实际方向与设定的参考方向一致；若电流为负值，则表示电流的实际方向与设定的参考方向相反。图 1-4 表示了电流的实际方向与设定的参考方向的联系。

电流的参考方向也可称为电流的正方向。

二、电压和电压的参考极性

电路中 A 、 B 两点间的电压 u_{AB} 也称 A 、 B 两点的电位差，它表示单位正电荷由 A 点移动到 B 点电场力所做的功，即

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

上式中 φ_A 、 φ_B 分别表示 A 、 B 点的电位， dw 为正电荷 dq 由 A 点移动到 B 点电场力所作的功。 dq 的单位为“库仑”， dw 的单位为“焦耳”，简称焦，用符号“J”表示。电压 u_{AB} 的单位则为“伏特”，简称“伏”，用符号“V”表示。当 $\varphi_A > \varphi_B$ 时 dw 为正值， $\varphi_A < \varphi_B$ 时 dw 为负值。若电压的代数值不随时间改变，称直流电压，用符号“U”表示。

分析电路时需要先设定电流的参考方向。出于同样的原因也要设定电压的参考极性，即设定电路中哪一点的电位高(用符号“+”表示)，哪一点的电位低(用符号“-”表示)。

电压的参考极性也是任意设定的。在电路中，电压的参考极性可以用箭头表示，即设定沿箭头方向电位是降低的；也可以用符号“+”、“-”表示；还可以用双下标表示(图 1-5)。按设定的电压参考极性，若计算所得的电压为正值，则表示 A 点的电位高于 B 点的电位；若电压为负值，则表示 B 点的电位高于 A 点的电位。



图 1-5 电压参考极性的表示法

电压的参考极性也有称为电压的参考方向或电压的正方向。

电流、电压的参考方向在电路分析中起着重要作用。应该强调指出，在分析计算电路时，必须也只在电路中标出电流、电压的参考方向，不要求也不应该根据计算所得的电流、电压实际值修改电路中原已设定的参考方向。

三、电功率

电路中有电流通过时，就同时存在着电能与其它形式能量的转换，下面我们分析讨论一

段电路中的电能和电功率。电功率也简称功率，符号为 p 。

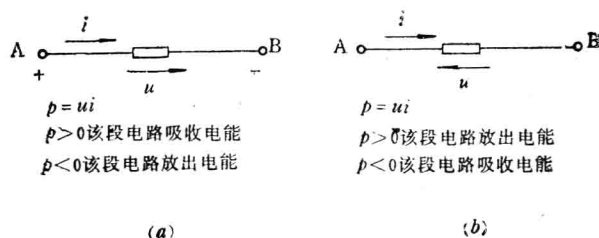


图 1-6 一段电路吸收的电功率

图 1-6 a 所示一段电路，我们设定电压 u 的参考方向和电流 i 的参考方向一致。设在 dt 时间内有正电荷量 dq 由 A 移至 B ，电场力所作的功为 dW ，根据式(1-2)

$$dw = u dq$$

该能量需要由外部提供，也就是说 AB 段电路在 dt 时间内吸收电能 dw 。因此，单位时间内吸收的电能，即吸收的电功率为

$$p = \frac{dw}{dt} = u \frac{dq}{dt},$$

根据(1-1 a)式

$$i = \frac{dq}{dt},$$

所以

$$p = ui, \quad (1-3 a)$$

在直流情况下，电功率为

$$P = UI. \quad (1-3 b)$$

根据式(1-3)计算所得的电路吸收功率，若为正值，表示电路实际是吸收功率；若为负值，则表示电路实际是放功率。

这里需要强调指出，式(1-3)是在设定的电压参考方向与电流方向一致的条件下，计算电路吸收功率的公式。如果设定的电压参考方向与电流参考方向相反(图 1-6 b)，该公式的含义正好相反，即 $p = ui$ 成为计算电路放功率的公式，而该段电路吸收的电功率应为

$$p = -ui$$

电功率的单位为“瓦特”，简称“瓦”，用符号“W”表示。

§ 1-3 电阻元件

前已述及，电路模型是由若干个足以反映实际电路元件的主要电磁性质的理想元件联接构成，对电路进行分析计算，首先必须掌握这些元件的性质。元件是通过其端钮与外部联接的，按照端钮数的不同，可以分为二端、三端元件等等。从本节开始，将陆续介绍基本的常见的二端理想元件，它们是电阻元件、电容元件、电感元件、电压源和电流源。

一、线性电阻元件两端的电压和电流的关系

电阻元件是电阻器、白炽灯、电阻炉等实际电路器件的抽象化理想化。电阻元件有线性电阻元件和非线性电阻元件。本节主要介绍线性电阻元件的电特性。

线性电阻元件是这样的二端理想元件,在任何时刻,它两端的电压与其电流的关系服从欧姆定律。线性电阻元件在电路图中以长方形符号表示(见图 1-7)。

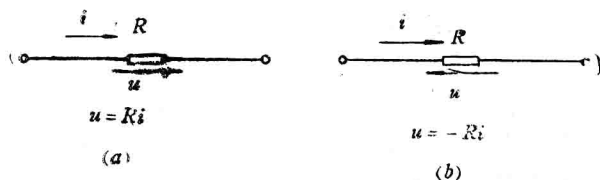


图 1-7 线性电阻元件电路图

当电压的参考方向与电流的参考方向一致时(见图 1-7a),线性电阻元件两端的电压 u 和电流 i 的关系根据欧姆定律可表示为

$$u = Ri \quad (1-4a)$$

上式 R 称为线性电阻,它是联系电压和电流关系的一个参数,其数值与电压 u 、电流 i 无关,且恒为正值。

把电阻元件上的电压取为纵坐标(或横坐标),电流为横坐标(或纵坐标),画出电压和电流的关系曲线,这条曲线称为该电阻元件的伏安特性。根据(1-4a)式,线性电阻元件的伏安特性必定是一条通过原点的直线(见图 1-8)。

令 $G = \frac{1}{R}$, 则式(1-4a)变为

$$i = Gu \quad (1-4b)$$

式中 G 称为线性电阻元件的电导。电阻的单位为“欧姆”,用符号“ Ω ”表示;电导的单位为“西门子”,用符号“S”表示。

必须指出,如果线性电阻元件两端电压的参考方向与电流的参考方向相反(见图 1-7b),则根据欧姆定律写出的电压 u 与电流 i 的关系式应为

$$u = -Ri$$

或

$$i = -Gu$$

由式(1-4)可知,任何时刻线性电阻元件的电压(或电流)完全由同一时刻的电流(或电压)所决定,而与该时刻以前的电流(或电压)的值无关。所以称线性电阻元件是一种无记忆元件。

二、线性电阻元件的功率

如图(1-7a)所示线性电阻元件从电路吸收的电功率根据式(1-3a)、(1-4a)和(1-4b)应为

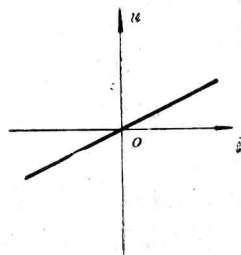


图 1-8 线性电阻元件的伏安特性图

$$p = ui = Ri^2 = Gu^2 \quad (1-5)$$

因为 R, G 恒为正值, 则上式表明电阻元件吸收的功率 p 也是正值, 不可能为负值。这说明, 电阻元件总是从电路吸收电能, 而绝不可能放出电能, 所以电阻元件是一种消耗电能的元件。在 0 到 t_1 这段时间内, 电阻元件在电路中吸收的电能为

$$W = \int_0^{t_1} p \, dt = \int_0^{t_1} u i \, dt = \int_0^{t_1} Ri^2 \, dt > 0$$

W 也总是正值。

当电阻元件的伏安特性不是一条通过原点的直线而是一条曲线时 (见图 1-9), 这种元件称为非线性电阻元件。非线性电阻元件上电压和电流的关系不能按欧姆定律写出其表示式。有关非线性电阻元件的知识在本书第十一章中作进一步介绍。

如果电阻元件的伏安特性是随着时间改变的, 称这种元件为时变电阻元件。本书不考虑时变元件。

今后, 为了叙述方便, 除非特别说明, 我们所讲的电阻元件就是指线性电阻元件, 且简称电阻。这样, “电阻”这个术语以及相应的符号 R , 一方面表示一个线性电阻元件, 另一方面也表示这个元件的参数。

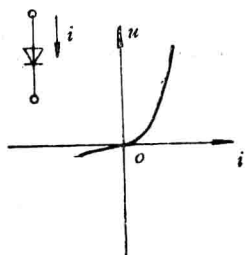


图 1-9 某二极管的伏安特性

§ 1-4 电 容 元 件

在物理学中已介绍了有关电容器的知识。工程技术中广泛使用的电容器, 虽然品种繁多, 但就其基本构成原理, 都是由用绝缘介质隔开的两个金属极板所组成。当两个极板上加上电压, 便分别积聚起等量的正负电荷, 带正电荷的极板的电位高于带负电荷的极板的电位, 这时在两个极板间的介质中存在电场并储有电场能。实际的电容器可以抽象为理想化的电容元件。

电容元件是电路中的一个基本元件, 它的图形符号如图 (1-10 a) 所示。电容元件的特征是极板上带有的电量 q 与电压 u 具有函数关系, 对于线性电容元件, u 的参考方向如图 (1-10 a) 所示, 则它们之间的关系为

$$q = Cu \quad (1-6)$$



图 1-10 线性电容元件的图形符号及其库伏特性

式中 C 称为电容, 它是一个与 q, u 无关的参量, 是正值。电容 C 的单位为“法拉”, 简称“法”, 用符号“F”表示。实际电容器的电容常以“微法”、“皮法”作单位, 它们间的换算关系为

$$1 \text{ 微法}(\mu\text{F}) = 10^{-6} \text{ 法}(\text{F})$$

$$1 \text{ 皮法}(\text{pF}) = 10^{-6} \text{ 微法}(\mu\text{F}) = 10^{-12} \text{ 法}(\text{F})$$

线性电容元件的库伏特性是一条通过原点的直线(见图 1-10 b);若电容元件的库伏特性不是直线,而是一条通过原点的曲线,该元件称为非线性电容元件。另外还有所谓时变电容元件,本书不考虑时变电容元件。今后为了叙述方便,除非特别说明,我们所讲的电容元件就是指线性电容元件,且简称电容。

一、电容上的电压与电流的关系

图 1-10 a 所示电路,若电容上的电压 u 随着时间 t 发生变化时,根据式(1-6),电容 C 极板上的电荷量 q 也将随着变化,说明电路中存在净电荷量的定向移动,即有电流 i 通过。 dt 时间内电压 u 变化 du ,则电容极板上的电荷量变化 $dq = C du$, 电流 $i = \frac{dq}{dt}$, 所以

$$i = C \frac{du}{dt} \quad (1-7)$$

上式是一个很重要的公式,它表示了电容 C 所在电路中的电流 i 和电容上电压 u 的关系,即电流 i 与电压 u 的变化率成正比。在直流电路中,由于电路中各部分的电压和电流都是不随时间变化的常量,根据式(1-7),电容 C 所在那段电路的电流必定为零,即相当于那段电路开路。所以电容有隔断直流的作用,简称隔直作用。

在分析含有电容元件的电路时,电容的电压 u 和电流 i 在一般情况下都是时间 t 的函数,电容电压、电流用 $u(t)$ 、 $i(t)$ 表示,根据式(1-7)可推导得到 $u(t)$ 与 $i(t)$ 的关系的另一种表示形式,即

$$\begin{aligned} du(t) &= \frac{1}{C} i(t) dt \\ \int_0^{t_1} du(t) &= \int_0^{t_1} \frac{1}{C} i(t) dt \\ u(t_1) &= u(0) + \frac{1}{C} \int_0^{t_1} i(t) dt \end{aligned} \quad (1-8)$$

式中 $u(t_1)$ 、 $u(0)$ 分别表示电容电压 $u(t)$ 在 $t=t_1$ 、 $t=0$ 时的值。上式表明,电容电压在 $t=t_1$ 时的值,既与 $u(0)$ 有关,且与 0 到 t_1 这段时间内所有的电流值有关,它具有“记忆”功能,所以电容元件是一种记忆元件。

例 1-1 图 (1-10 a) 所示电容电路,电容电压 u 随时间 t 变化,其表示式为 $u(t) = 100 \sin 314t \text{ V}$, 求时间 $t=0$ 和 $t = \frac{\pi}{628} = 0.005 \text{ s}$ 时的电容电压和电路中的电流。(电容 $C = 0.45 \mu\text{F}$)

解:

$$u(t) = 100 \sin 314t \text{ V}$$

$$\begin{aligned} i(t) &= C \frac{du}{dt} = C \times 100 \times 314 \cos 314t = 0.45 \times 10^{-6} \times 10^3 \times 314 \cos 314t \\ &= 0.141 \cos 314t \text{ A} \end{aligned}$$

$t=0$ 时,

$$u(0) = 0 \text{ V};$$

$$i(0) = 0.141 \text{ A}$$