

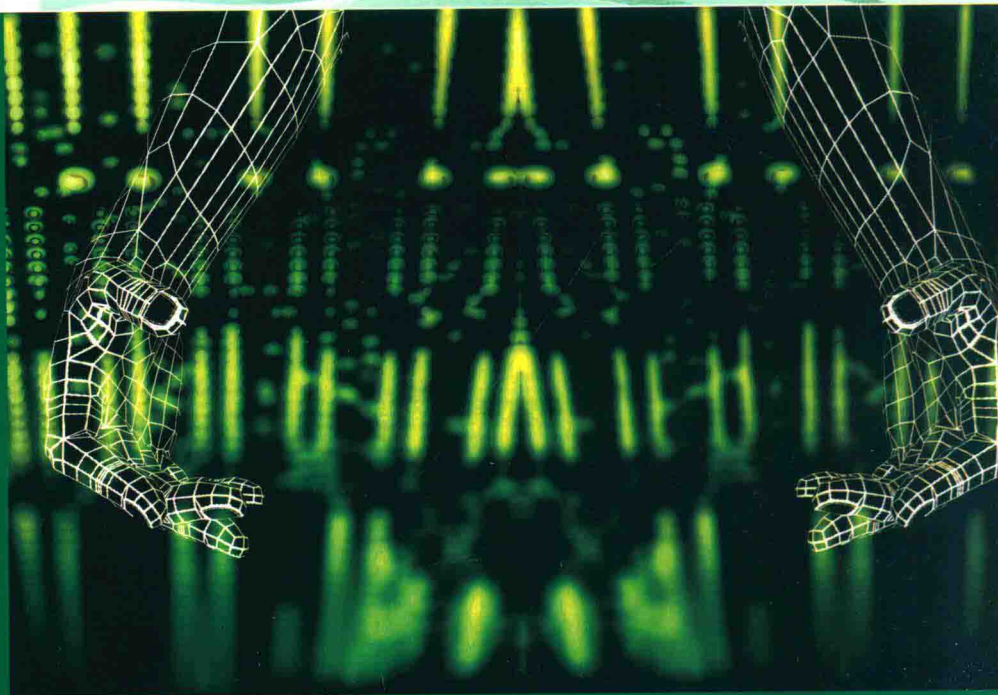


高职高专“十三五”规划教材 机电专业

电工与电子技术

(第二版)

主 编 余明辉 徐 明 李进旭



南京大学出版社



高职高专“十三

电工与电子技术

(第二版)

主 编 余明辉 徐 明 李进旭

副主编 张 嘉 罗继军 林优礼

李王辉 龚文杨



南京大学出版社

内 容 摘 要

本书分为电工技术基础知识和电子技术基础知识两大部分。第一部分是电工技术基础,分为7个模块,主要包括:电路的基本概念、复杂直流电路分析方法、正弦交流电路、三相电路、磁路和变压器、电动机和常用低压电器与控制电路。第二部分是电子技术基础,也分为7个模块,主要包括:半导体二极管和三极管、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电路、数字逻辑电路、时序逻辑电路和555定时器及其应用。

本书在保证电工与电子技术学科必要的基础知识、基本分析方法和基本技能的基础上,加强了电工与电子技术理论和工程实践的结合,以适应当前教学改革的需要。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校和民办高校非电子类专业的教材,也可作为电工与电子技术基本知识与技能的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术 / 余明辉, 徐明, 李进旭主编. —

2版. — 南京: 南京大学出版社, 2016.9

高职高专“十三五”规划教材. 机电专业

ISBN 978-7-305-17312-7

I. ①电… II. ①余… ②徐… ③李… III. ①电工技术—高等职业教育—教材 ②电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 171302 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号

邮编 210093

出版人 金鑫荣

丛 书 名 高职高专“十三五”规划教材·机电专业

书 名 电工与电子技术(第二版)

主 编 余明辉 徐 明 李进旭

责任编辑 何永国

编辑热线 025-83686531

照 排 南京理工大学资产经营有限公司

印 刷 常州市武进第三印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 13 字数 321 千

版 次 2016 年 9 月第 2 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-17312-7

定 价 32.00 元

网 址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

微信服务号: njuyuxue

销售咨询热线: (025)83594756



本书 PPT 下载

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购图书销售部门联系调换

前 言

本书编者为长期从事高等职业教育的工作者。本书是以编者多年的教学实践为基础,在结构、内容安排等方面,吸收了近几年在教学改革、教材建设等方面取得的经验体会,力求全面体现高等职业教育的特点,满足当前教学的需要,并在编写过程中注意了以下三个方面:

(1) 根据非电类电工电子技术教学的特点,在教材内容选取上,以“必需、够用”的基本概念、基本分析方法为主,舍去复杂的理论分析,辅之以适量的习题,内容层次清晰,循序渐进,让学生对基本理论有系统、深入的理解,为今后的持续学习奠定基础。

(2) 注重将理论讲授与实践训练相结合,理论讲授贯穿于实际应用中,以基本技能和应用为主,易学易懂易上手,且具有工程应用性。注重学生分析问题、解决问题能力的培养。

(3) 在内容安排上,注重吸收新技术、新产品、新内容。全书涉及电工与电子技术的基础知识,根据电工电子技术基础知识的特点,按照高、职高专教育要求,集知识、能力、技能和实用等为一体,做了一次有益探索。

本书理论教学为128学时,书中打*号的部分是选学内容,相关的实验课时可根据实际情况自行调整。

本教材由余明辉、徐明、李进旭任主编;张嘉、罗继军、林优礼、李王辉、龚文杨任副主编;全书由余明辉教授统稿。

由于编写时间较紧且教材涉及范围较宽,加之编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者和同行批评指正。

编 者

2016年7月

目 录

第一部分 电工技术基础

模块一 电路的基本概念	3
项目一 电路及电路模型	3
项目二 电路中的基本物理量	4
项目三 电路的工作状态	6
项目四 电路元件	7
项目五 电路中电位的计算	13
习题一	14
模块二 复杂直流电路分析方法	17
项目一 基尔霍夫定律	17
项目二 支路电流法	19
*项目三 叠加原理	21
*项目四 戴维南定理	22
习题二	24
模块三 正弦交流电路	26
项目一 正弦交流电的基本概念	26
项目二 正弦量的相量表示法	28
项目三 单一元件的正弦交流电路	30
项目四 RLC 串联的正弦交流电路	36
*项目五 RLC 并联的正弦交流电路	39
*项目六 功率因数的提高	41
习题三	42
模块四 三相电路	45
项目一 三相交流电源	45
项目二 三相负载的联接	46
*项目三 三相功率	48
习题四	50
模块五 磁路和变压器	52
项目一 磁场的基本物理量	52
项目二 磁性材料和磁路的欧姆定律	53

*项目三 交流铁芯线圈电路	55
项目四 变压器	57
习题五	65
模块六 电动机	67
项目一 三相异步电动机的结构和工作原理	67
项目二 三相异步电动机的使用	72
*项目三 直流电动机	78
习题六	81
模块七 常用低压电器与控制电路	83
项目一 常用低压电器	83
项目二 三相鼠笼式异步电动机的直接起动控制	91
项目三 三相鼠笼式异步电动机的正反转控制	93
*项目四 行程控制	95
*项目五 时间控制	96
*项目六 顺序控制	97
习题七	98

第二部分 电子技术基础

模块一 半导体二极管和三极管	103
项目一 半导体基本知识	103
项目二 PN 结	104
项目三 半导体二极管	105
项目四 半导体三极管	108
习题一	113
模块二 基本放大电路	116
项目一 共发射极放大电路	116
项目二 分压式偏置共发射极放大电路	121
*项目三 射极输出器	124
项目四 功率放大电路	126
*项目五 差动放大电路	128
*项目六 放大电路中的负反馈	132
习题二	137
模块三 集成运算放大器	142
项目一 集成运算放大器简介	142
项目二 集成运算放大器的应用	143
习题三	146
模块四 直流稳压电路	148
项目一 整流电路	148

项目二 滤波电路.....	152
项目三 稳压电路.....	156
习题四.....	160
模块五 数字逻辑电路.....	162
项目一 数字电路基础.....	162
项目二 组合逻辑电路.....	171
习题五.....	178
模块六 时序逻辑电路.....	179
项目一 基本 RS 触发器	179
项目二 JK 触发器	180
项目三 D 触发器	181
项目四 T 触发器.....	182
项目五 计数器.....	183
* 项目六 寄存器	186
习题六.....	188
模块七 555 定时器及其应用	191
项目一 555 集成定时器结构及基本原理	191
项目二 集成定时器应用举例.....	192
习题七.....	196
参考文献.....	198

第一部分

电工技术基础

模块一 电路的基本概念

本模块内容主要介绍电路及电路模型;电路中电压、电流的正方向;电路元件和电路的基本定律。这些内容是进一步学习电路分析和电子技术的基础。

项目一 电路及电路模型

1. 电路

若干电气设备按照一定方式组合起来,构成电流的通路,称为电路。

2. 电路的作用

电路的作用是实现电能的输送与转换,如供电系统;或是信号的传递和处理,如通信系统等。电路的形式多种多样,有的可以延伸到几百千米以外,有的可以集成在几平方厘米以内,但是通常都是由电源(或信号源)、负载和中间环节三部分组成。

① 电源。电源是为电路提供电能的装置,可以将化学能、机械能转换为电能或者把电能转换成为另一种形式的电能或者电信号。如电池、发电机、信号源等。

② 负载。负载是取用电能的装置或者器件,可将电能转换为其他形式的能量,如电炉、电动机、电灯、扬声器等设备和器件。

③ 中间环节。中间环节是连接电源和负载的部分,它起到传输、分配和控制电路的作用,如变压器、输电线、放大器、开关等。

如图 1-1-1(a)所示的手电筒电路是最简单的电路。其中,干电池是电源,灯泡是负载,开关和导线是中间环节。由发电机、变压器、电动机、电池、电灯、电容、电感线圈、二极管、三极管等功能不同的实际元件或器件组成的电路称为实际电路。

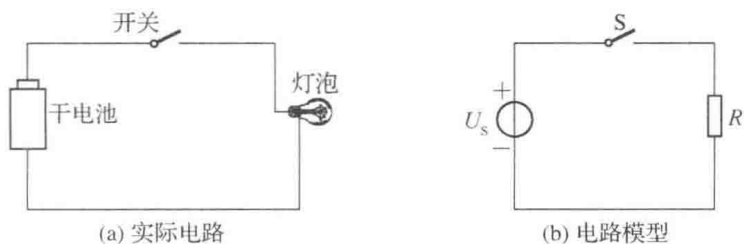


图 1-1-1 手电筒电路

为了便于对实际电路进行分析计算,必须在一定的条件下,将实际元件加以近似化、理想

化,忽略其次要特性,用一个或多个表征其主要特性的理想化电路元件代替。而由理想元件组成的电路,称为实际电路的电路模型(简称电路)。

图 1-1-1(b)为图 1-1-1(a)所示实际的手电筒电路的电路模型。其中灯泡为理想电阻元件,干电池(忽略其内阻)为理想电源 U_s ,导线和开关认为是无电阻的理想导线。

理想电器元件主要有理想电阻元件(简称电阻),理想电感元件(简称电感),理想电容元件(简称电容),理想电压源,理想电流源等。

项目二 电路中的基本物理量

1. 电流

电流是电荷(带电粒子)有规则的定向运动形成的,在单位时间内通过某一导体横截面的电荷量,定义为电流强度,简称电流,即

$$i = \frac{q}{t}$$

式中, q 为电荷量, t 表示单位时间内。

上式表示电流为时间的函数,是随时间而变化的,用小写字母 i 表示(国标规定,随时间变化的物理量用小写字母表示,不随时间变化的物理量用大写字母表示)。若 $\frac{q}{t}$ 等于常数,则该电流称为恒定电流,简称直流,用大写字母 I 表示。

习惯上把正电荷移动的方向规定为电流的实际方向。

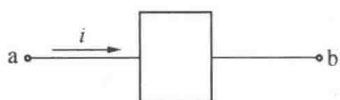


图 1-1-2 电流的参考方向

在分析计算电路前,往往很难事先断定电路中电流的实际方向,为此,可先任意选定某一方向作为电流的参考方向(又称正方向)。如图 1-1-2 中所示箭头方向,表示选定的电流的正方向是从 a 端流向 b 端,又可用 i_{ab} 来表示该电流的正方向,且 $i_{ab} = -i_{ba}$ 。

若计算结果 i 为正值,则表示电流的实际方向与参考方向相同;如 i 为负值,则表示其实际方向与参考方向相反。

图 1-1-2 中的方框表示一个二端元件或二端网络(与外部只有二个端钮相连的元件或网络称为二端元件或二端网络)。

2. 电压

电场力将单位正电荷从 a 点沿任意路径移动到 b 点所做的功定义为 a 、 b 两点之间的电压,即

$$u_{ab} = \frac{w}{q}$$

式中, w 是电场力在时间 t 内将电荷 q 从 a 点移动到 b 点所做的功。

电场力对正电荷做功的方向,就是电位降低的方向,故规定电压的实际方向(极性)为由高电位指向低电位。

同样,在分析计算电路中的电压前,先任意选定电路中两点间电压的参考方向(极性),用“+”代表高电位,“-”代表低电位。图 1-1-3 中,电压 u 的参考方向(极性)是 a 点为高电位端, b 点为低电位端,也可用双下标 u_{ab} 来表示该参考方向,且 $u_{ab} = -u_{ba}$ 。

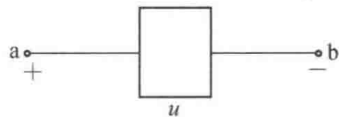


图 1-1-3 电压的参考方向

当电流和电压选取的参考方向相同则称为关联参考方向,如图 1-1-4(a)所示,若电流和电压的参考方向相反,则称为非关联参考方向,如图 1-1-4(b)所示。

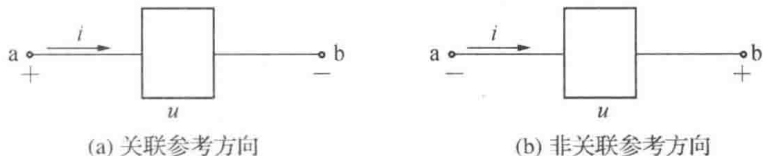


图 1-1-4 关联参考方向与非关联参考方向

当采用关联参考方向时,电路中只要标出电流或电压中的一个参考方向即可。本书在分析计算电路时,如未作特殊说明,均采用关联参考方向。

要特别指出的是,欧姆定律在关联参考方向下才可写为

$$u = Ri$$

而在非关联参考方向下,则写为

$$u = -Ri$$

3. 功率

单位时间内电路吸收或释放的电能定义为该电路的功率,即

$$p = \frac{w}{t}$$

一个二端元件或二端网络,当电压、电流采用如图 1-1-4(a)所示的关联参考方向时,其吸收(或消耗)的功率由上式可得

$$p = \frac{w}{t} = \frac{w}{q} \cdot \frac{q}{t} = ui$$

采用图 1-1-4(b)所示非关联方向,则其吸收(或消耗)的功率为

$$p = -ui$$

若 $p > 0$ 表示该二端元件(或网络)吸收功率,为负载;若 $p < 0$ 表示该二端元件(或网络)发出(或产生)功率,为电源。

【例 1-1】 求图 1-1-5(a)、(b)、(c)所示二端网络的功率,并说明是吸收功率还是发出功率。

【解】: 在图 1-1-5(a)中, u 与 i 为关联参考方向,故

$$p = ui = 6 \times 1 \text{ W} = 6 \text{ W} > 0$$

该二端网络吸收功率。

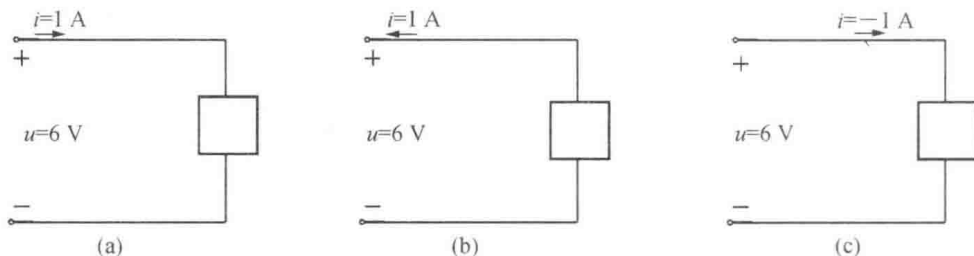


图 1-1-5 例 1-1 图

在图 1-1-5(b)中, u 与 i 为非关联参考方向, 故

$$p = -ui = -6 \times 1 \text{ W} = -6 \text{ W} < 0$$

该二端网络发出功率。

在图 1-1-5(c)中, u 与 i 为关联参考方向, 故

$$p = ui = 6 \times (-1) \text{ W} = -6 \text{ W} < 0$$

该二端网络发出功率。

项目三 电路的工作状态

电源有开路、有载和短路三种工作状态, 现以直流电路为例进行讨论。

1. 电源有载工作状态

如图 1-1-6(a)所示 E 为电源的电动势, R_0 为电源的内阻, 当电源与负载 R_L 接通时, 电路中

$$I = \frac{E}{R_0 + R_L}$$

$$U = IR_L = E - IR_0$$

电源输出功率, 即负载获得功率为

$$P = UI$$

若电源额定输出功率 $P_N = U_N I_N$, 当电源输出功率 $P = P_N$ 时称满载, 当 $P < P_N$ 时称为轻载。当 $P > P_N$ 时称为过载, 过载会导致电气设备的损害, 应注意防止。

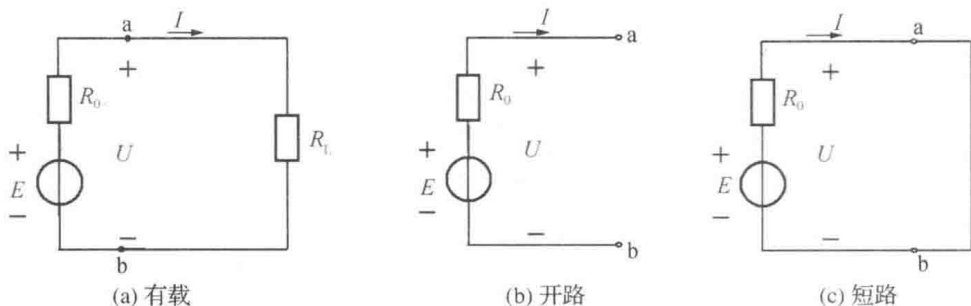


图 1-1-6 电源的三种工作状态

2. 电源开路

当图 1-1-6(a)中, a, b 两点断开时($R_L = \infty$), 电源处于开路(空载)状态, 如图 1-1-6(b)所示。开路的特点是开路处电流为零, 故图 1-1-6(b)中电源电流 $I=0$, 其端电压(称开路电压 U_0) $U=U_0=E$, 电源输出功率 $P=0$ 。

3. 电源短路

当图 1-1-6(a)中 a, b 两点间由于某种原因被短接($R_L=0$)时, 电源处于短路状态, 如图 1-1-6(c)所示。短路的特点是, 短路处电压为零。故图 1-1-6(c)中电源的端电压 $U=0$, 此时电源的电流(称为短路电流 I_S) $I=I_S=\frac{E}{R_0}$ 很大, 电源的输出功率 $P=0$, 电源产生的功率全部消耗在内阻上, 造成电源过热而损坏, 故应尽量防止或采用保护措施。

开路和短路也可以发生在电路的任意两点之间, 其特点是: 开路处电流为零, 短路处电压为零。

项目四 电路元件

理想电路元件(简称元件)是组成电路的基本单元, 本内容主要讨论电阻、电感、电容和电源等两端元件的概念及其电压、电流间的关系。

1. 电阻元件

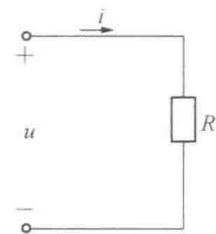
电阻器、电灯、电炉、扬声器等器件是消耗电能的, 反映其主要特性的电路模型是理想电阻元件(简称电阻)。

(1) 定义

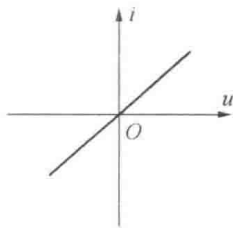
一个二端元件, 当任一瞬间, 它的电压 u 和流过它的电流 i 两者之间的关系是由 $u-i$ 平面上的特性曲线来决定的, 此二端元件就称为电阻。如图 1-1-7 所示, 其中图 1-1-7(a)为电阻的图形符号。

如果该曲线是过原点的直线, 即 $\frac{u}{i}=R=\text{常数}$, 则称该电阻为线性电阻, 如图 1-1-7(b)所示。否则称为非线性电阻, 如图 1-1-7(c)所示。

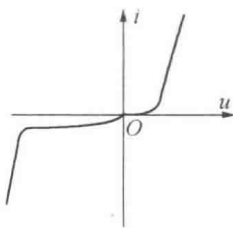
本书除特别说明外, 电阻均指线性电阻。



(a) 电阻的图形符号



(b) 线性电阻的 $u-i$ 曲线



(c) 非线性电阻的 $u-i$ 曲线

图 1-1-7 电阻元件

(2) 电压与电流关系

对于线性电阻,电压、电流间的关系符合欧姆定律,即

$$u = Ri$$

或

$$i = u/R = Gu$$

式中, $G=\frac{1}{R}$ 称为电导,单位为西门子(S)。

(3) 电阻串联与电阻并联

① 电阻串联。

图 1-1-8 为电阻串联及其等效电阻电路。电阻串联的特点是,各电阻流过同一电流,其关系式如表 1-1-1 所示。



图 1-1-8 电阻串联及其等效电阻

表 1-1-1 电阻串联与电阻并联电路的关系式

连接方式	串 联	并 联
等效电阻或等效电导	$R=R_1+R_2$	$R = R_1 // R_2 = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$
电压与电流关系	$i = \frac{u}{R}$	$u = Ri$
分压或分流公式	$u_1 = \frac{R_1}{R} u$ $u_2 = \frac{R_2}{R} u$	$i_1 = \frac{R_2}{R} i$ $i_2 = \frac{R_1}{R} i$
功率比	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1}$

② 电阻并联。

图 1-1-9 为两个电阻并联及其等效电阻电路。电阻并联的特点是各电阻两端加的是同一电压,其关系式如表 1-1-1 所示。

2. 电感

用导线绕制的线圈(有空芯线圈和铁芯线圈等)通过电流时将产生磁通 Φ ,因此它是储存磁通的元件。其主要特点是储存磁场能量。它的近似化电路模型为理想电感元件(简称电感)。



图 1-1-9 电阻并联及其等效电阻

(1) 定义

一个二端元件,当任意瞬间,它所流经的电流 i 和它的磁通量 ψ 两者之间的关系是由 $i-\psi$ 平面的一条曲线决定的,此二端元件称为电感。图形符号如图 1-1-10 所示。

若该曲线为过原点的直线,即 $\frac{\psi}{i}=L=\text{常数}$,则该电感称为线性电感,否则,称为非线性电感。本书除特别说明,电感均指线性电感。

(2) 电压与电流关系

对于线性电感 $\psi = N\Phi = Li$

当电感中的磁通 Φ 或电流 i 发生变化时,则电感中产生感应电动势 e_L 。当电感中的电压与电流和电动势采用如图 1-1-10 所示的参考方向时,

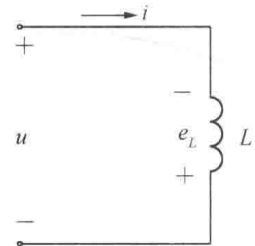


图 1-1-10 电感元件

$$e_L = -N \frac{\Phi}{t} = -\frac{\psi}{t} = -L \frac{i}{t}$$
$$u = -e_L = L \frac{i}{t}$$

由上式可见,电感的端电压与电流的变化率成正比。当流过电感的电流为恒定的直流电流时,其端电压 $U=0$,故在直流电路中电感可视为短路。

3. 电容

两块金属极板间介以绝缘材料组成的电容器,加上电压后,两极板上能储存电荷,在介质中建立电场。所以电容器是能储存电场能量的元件。其近似化电路模型为理想电容元件(简称电容)。

(1) 定义

一个二端元件,在任一瞬间,它储存的电荷 q 和端电压 u 两者之间的关系由 $q-u$ 平面上的一条曲线来决定的,此二端元件称为电容。其图形符号如图 1-1-11 所示。

如果电容的 $q-u$ 曲线为通过原点的直线,即 $\frac{q}{u}=C=\text{常数}$,则该电容称为线性电容,否则称为非线性电容。本书除特别说明外,电容均指线性电容。

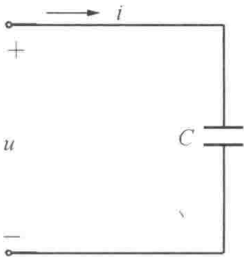


图 1-1-11 电容元件

(2) 电压与电流关系

对于线性电容, C 为常数。

$$q = Cu$$

当电容的电压和电流采用如图 1-1-11 所示的关联方向时, 两者的关系为

$$i = \frac{q}{t} = C \frac{u}{t}$$

上式可见电容的电流与其两端电压的变化率成正比。当电容两端加恒定的直流电压时, 其电流 $i=0$, 故在直流电路中, 电容可视为开路。

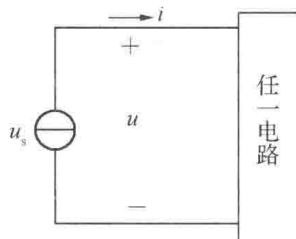
4. 电源

电阻、电感、电容在电路中不能提供能量或信号, 它们被称为无源元件。电源则是在电路提供能量或信号的元件, 它们被称为有源元件。理想的电源元件包括理想电压源和理想电流源。

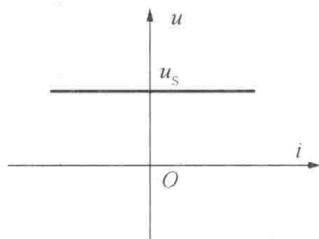
(1) 理想电压源

① 定义。

如果一个二端元件连接到任一电路后, 该元件两端均能保持其规定的电压值 u_s 时, 则此二端元件称为理想电压源, 又称恒压源, 如图 1-1-12(a) 所示。



(a) 定义与符号



(b) 伏安特性

图 1-1-12 理想电压源

在时间 t 时, 理想电压源在 $u-i$ 平面的特性(称伏安特性)是一条平行于 i 轴的直线, 它与 u 轴的交点, 即为此时的 u_s 值, 如图 1-1-12(b) 所示。如果 u_s 是与时间 t 无关的常数, 即 $u_s = u_g$ 为定值, 则称该理想电压源为直流恒压源。

② 特点。

恒压源的端电压 u_s 为定值(例如 E)或一定的时间函数(例如 $220\sqrt{2}\sin\omega t$), 与流过它的电流 i 无关。流过它的电流 i 不是由恒压源本身决定的, 而是由与之连接的外电路决定, 即随外电路的改变而改变。

若恒压源的电压值等于零(即 $u_s=0$), 则该恒压源实际上就是短路, 其伏安特性与 i 轴重合。不管流过它的电流为何值, 其端电压恒为零。

(2) 理想电流源

① 定义。

如果一个二端元件连接到任一电路后, 该元件流入电路的电流均能保持其规定的值 i_s 时,