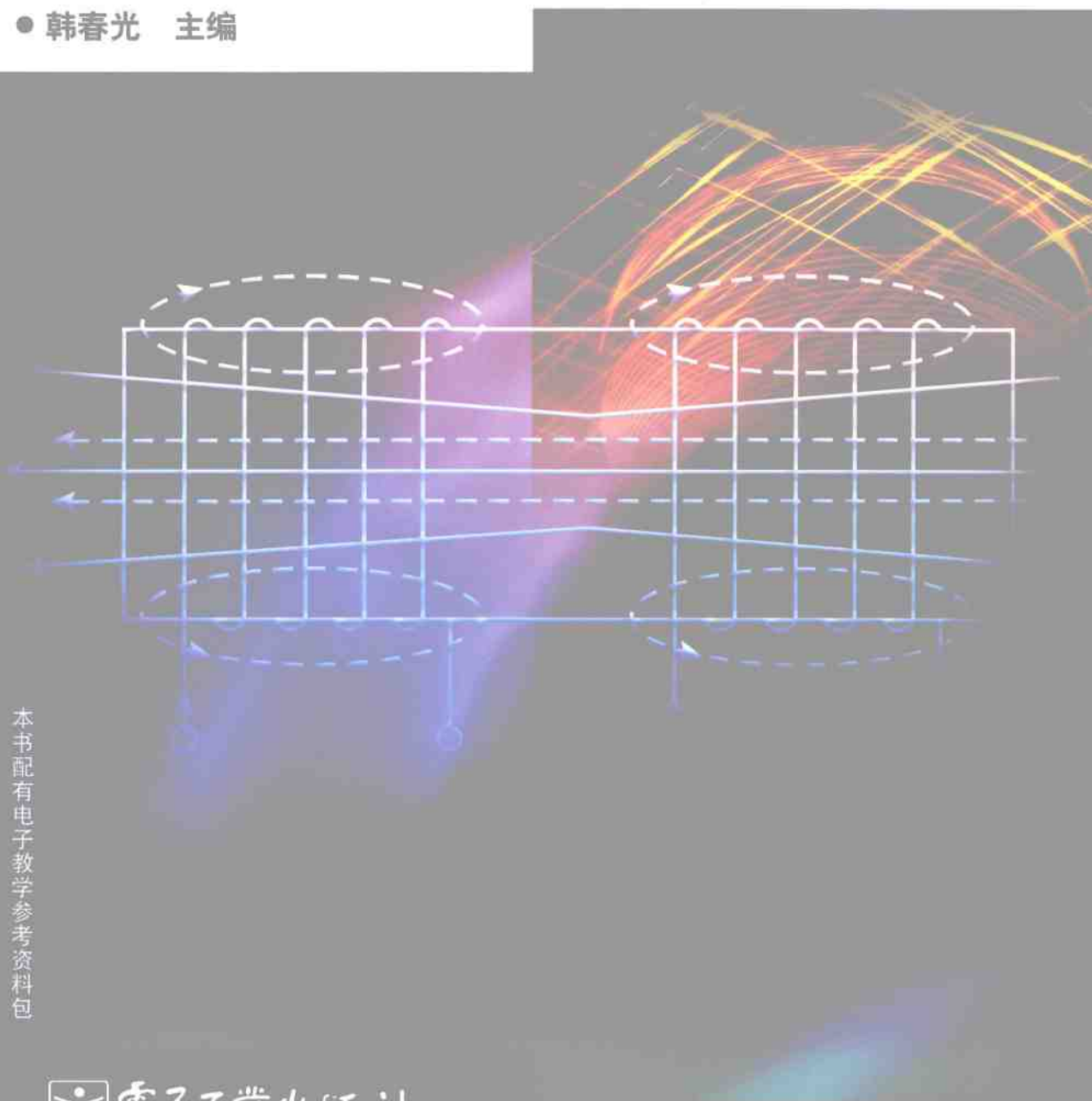


高等职业教育电子信息类贯通制教材

电子技术专业

电路基础 (第2版)

● 韩春光 主编



本书配有电子教学参考资料包



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等职业教育电子信息类贯通制教材（电子技术专业）

电 路 基 础

（第2版）

韩春光 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

《电路基础》是电子信息类专业的一门基础课教科书,全书共分9章,主要内容有:电路的基本概念、电路的基本分析方法、动态电路、单相正弦电路稳态分析、三相交流电路、非正弦周期信号电路分析、耦合电路、实验指导和计算机仿真分析实例。在书后附有本书中出现的常用专业名词英汉对照。

本书在编写过程中充分考虑到高职高专学生实际情况,按照深入浅出、循序渐进、理论联系实际、便于学生自学和教师施教的原则编写,教材内容叙述简练、清楚、通俗易懂。教材中编入的例题较为典型,例题、习题、实验与各章节内容间的配合密切,以便于学生能较好地掌握基本概念和理论知识。

本书可作为高职电子与信息类、通信技术类、电子技术应用类、机电类、计算机类各专业的电路基础理论课教材,也适用合作为大专及中职业院校相应专业的教材。对从事电子、信息、电力、电信等行业的工程技术人员及电子爱好者也有一定的参考价值。

本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版),以方便教学使用,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础 / 韩春光主编. —2版. —北京:电子工业出版社, 2008.8

高等职业教育电子信息类贯通制教材. 电子技术专业

ISBN 978-7-121-05565-2

I. 电… II. 韩… III. 电路理论—高等学校:技术学校—教材 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 191399 号

责任编辑:施玉新 牛旭东

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12.75 字数: 324.8 千字

印 次: 2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 19.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言



《电路基础》(第2版)是在2004年第1版的基础上修订而成的,在该教材三年多的使用中,得到了许多高职院校一线教师的认可,同时他们也对本书提出了许多宝贵的意见和建议,在此基础上我们对本书进行了修订,主要修改了上个版本中的一些小错误,增删了部分内容,主要加入了计算机仿真分析的内容,删除了二端口电路的内容。

该书共分为9章。其主要内容有:第1章,电路的基本概念;第2章,电路的基本分析方法;第3章,动态电路;第4章,单相正弦稳态电路分析;第5章,三相交流电路;第6章,非正弦周期信号电路分析;第7章,耦合电路;第8章,电路基础实验指导;第9章,Multisim 软件在电路分析中的仿真应用;在书后附有本书中出现的常用专业名词英汉对照。

在本书的编写和修订过程中,充分考虑五年制高职高专层次学生文化基础的实际情况,按照理论联系实际、循序渐进、便于自学和教师施教的原则编写。教材内容的取舍严格按高职“必需”、“够用”和“实用”的原则进行,力求文字叙述简练,通俗易懂,把基本概念阐述清楚。对于电路的分析,做到步骤清晰,结果正确,结合实际并具有实用性。在例题和习题内容安排方面,强调基本概念和方法,尽量避免烦琐的计算,以期培养学生分析问题和解决问题的能力。

为巩固学生所学知识和理论,结合各章理论教学内容在第8章中编写了10个实验,各学校教师可视各校实际情况选做。为便于自学,对每个实验的内容、要求和操作方法均做了详细的叙述。实验内容为:实验1,直流电路中电位与电压的关系;实验2,基尔霍夫定律;实验3,叠加原理;实验4,电压源外特性与戴维南定理;实验5,一阶电路响应特性;实验6,R、L、C元件在直流和交流电路中的特性;实验7,R、L、C元件在正弦交流电路中的特性;实验8,改善功率因数;实验9,三相交流电路中电压电流的关系;实验10,互感电路。此外,本书精选了部分典型电路实例进行了计算机仿真,通过仿真分析不但验证了理论计算的结果,也进一步巩固了电路分析的知识和分析方法,这部分内容也可根据各校的情况选学。

本书由宁波大红鹰职业技术学院韩春光副教授任主编,负责全书的组织策划、修改和补充工作,并编写第3、4、5章;宁波大红鹰职业技术学院李华老师任副主编,并编写了第7、8、9章;山东大学威海分校电子系张遥老师编写了第2、6章;重庆电子职业技术学院周英老师编写了第1章。

在本书编写出版过程中,得到了宁波大红鹰职业技术学院领导的大力支持和帮助,在此

表示衷心的感谢！此外，宁波大红鹰职业技术学院的王年文、张信通和高晓红老师也为本书的修订做了许多工作，在此一并表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在缺陷和不足之处，希望广大读者不吝赐教，给予批评指正。

为了方便教师教学，本书还配有教学指南、电子教案及习题答案（电子版），请有此需要的教师登录华信教育资源网（<http://www.huaxin.edu.cn> 或 <http://www.hxedu.com.cn>）免费注册后再进行下载，有问题时在网站留言板留言或与电子工业出版社联系（E-mail:hxedu@phei.com.cn）。

编 者

2008 年 6 月



读者意见反馈表

书名: 电路基础 (第2版)

主编: 韩春光

策划编辑: 施玉新

感谢您关注本书! 烦请填写该表。您的意见对我们出版优秀教材, 服务教学, 十分重要。如果您认为本书有助于您的教学工作, 请您认真地填写表格并寄回。我们将定期给您发送我社相关教材的出版资讯或目录, 或者寄送相关样书。

个人资料

姓名_____ 年龄_____ 联系电话_____ (办)_____ (宅)_____ (手机)_____

学校_____ 专业_____ 职称/职务_____

通信地址_____ 邮编_____ E-mail_____

您校开设课程的情况为:

本校是否开设相关专业的课程 ☐ 是, 课程名称为_____ ☐ 否

您所讲授的课程是_____ 课时_____

所用教材_____ 出版单位_____ 印刷册数_____

本书可否作为您校的教材?

☐ 是, 会用于_____ 课程教学 ☐ 否

影响您选定教材的因素 (可复选):

☐ 内容 ☐ 作者 ☐ 封面设计 ☐ 教材页码 ☐ 价格 ☐ 出版社

☐ 是否获奖 ☐ 上级要求 ☐ 广告 ☐ 其他_____

您对本书质量满意的方面有 (可复选):

☐ 内容 ☐ 封面设计 ☐ 价格 ☐ 版式设计 ☐ 其他_____

您希望本书在哪些方面加以改进?

☐ 内容 ☐ 篇幅结构 ☐ 封面设计 ☐ 增加配套教材 ☐ 价格

可详细填写: _____

您还希望得到哪些专业方向教材的出版信息?

感谢您的配合, 请将该反馈表寄至以下地址。如果需要了解更详细的信息或有著作计划, 请与我们直接联系。

通信地址: 北京市万寿路 173 信箱 中等职业教育分社

邮编: 100036

<http://www.hxedu.com.cn>

E-mail: ve@phei.com.cn

电话: 010-88254475; 88254591

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036



第 1 章 电路的基本概念	1
1.1 电路的模型	1
1.1.1 电路的组成及作用	1
1.1.2 负载的模型	2
1.1.3 电源的模型	5
1.2 电路的基本物理量	10
1.2.1 电流	11
1.2.2 电压	12
1.2.3 电位	13
1.2.4 电功率	14
1.2.5 电能	15
1.3 电路的工作状态	15
1.3.1 通路	15
1.3.2 短路	15
1.3.3 开路	15
1.4 串、并联等效电路	16
1.4.1 等效电路的定义	16
1.4.2 电阻的串、并联等效	16
1.4.3 电源的串联、并联等效	19
1.5 基尔霍夫定律	20
1.5.1 几个有关的电路名词	20
1.5.2 基尔霍夫电流定律 (KCL)	21
1.5.3 基尔霍夫电压定律 (KVL)	21
1.5.4 基尔霍夫定律的应用举例	22
1.6 含受控源的电路分析	24
第 2 章 电路的基本分析方法	29
2.1 支路电流法	29
2.2 网孔电流分析法	31
2.2.1 网孔电流的概念	31
2.2.2 网孔电流方程	32

2.2.3	网孔电流法的解题步骤	33
2.3	叠加原理	35
2.4	戴维南定理	37
2.4.1	戴维南定理的内容	37
2.4.2	戴维南定理的应用	38
2.4.3	负载获得最大功率的条件	40
第 3 章	动态电路	45
3.1	动态的基本概念	45
3.1.1	动态电路及动态的定义	45
3.1.2	换路定律	45
3.1.3	动态电路的微分方程及其解	48
3.1.4	零输入响应与零状态响应、全响应的概念	50
3.1.5	暂态响应与稳态响应	51
3.2	一阶动态电路三要素分析法	51
3.2.1	直流一阶电路的过渡过程	51
3.2.2	三要素分析法	54
3.2.3	解题举例	55
3.3	二阶暂态电路	57
第 4 章	单相正弦稳态电路分析	64
4.1	正弦信号的基本概念	64
4.1.1	正弦信号三要素	64
4.1.2	正弦量的相量表示	68
4.2	正弦电路的相量分析	78
4.2.1	RLC 串联电路的分析	78
4.2.2	阻抗的串联	82
4.2.3	RLC 并联电路的分析	82
4.2.4	阻抗与导纳的等效互换	86
4.3	正弦稳态电路的分析	87
4.4	正弦交流电路的功率	90
4.4.1	电路基本元件的功率	90
4.4.2	正弦稳态电路的功率	94
4.4.3	功率因数的提高和最大功率传输条件	97
4.5	谐振电路	101
4.5.1	串联谐振	101
4.5.2	并联谐振	108
第 5 章	三相交流电路	116
5.1	三相电源	116
5.1.1	三相电源的概念	116
5.1.2	三相电源的 Y 形连接	117

5.1.3	三相电源的 Δ 形连接	118
5.2	三相负载的星形连接	119
5.3	三相负载的三角形连接	121
5.3.1	相电流	122
5.3.2	线电流	122
5.4	三相电路的功率	123
5.4.1	对称三相电路的功率	123
5.4.2	不对称三相电路的功率	125
第6章	非正弦周期信号电路分析	129
6.1	非正弦周期信号的概念	129
6.1.1	常见的非正弦周期信号	129
6.1.2	非正弦周期信号的分解	130
6.1.3	波形的对称性与所含谐波成分的关系	130
6.1.4	波形的光滑程度与所含谐波成分的关系	131
6.2	非正弦周期信号的频谱	131
6.3	非正弦周期信号的有效值与平均值	132
6.3.1	非正弦周期信号的有效值	132
6.3.2	非正弦周期信号的平均值	132
6.4	非正弦周期信号电路分析	133
第7章	耦合电路	138
7.1	耦合的基本概念	138
7.1.1	互感与耦合	138
7.1.2	互感线圈的同名端	139
7.1.3	耦合系数 k	140
7.2	互感耦合电路	142
7.2.1	耦合电感的伏安特性	142
7.2.2	去耦等效电路	144
7.3	变压器	148
7.3.1	理想变压器	148
7.3.2	全耦合变压器	149
7.3.3	实际变压器的模型及电路计算	150
第8章	电路基础实验指导	158
实验1	直流电路中电位与电压的关系	158
实验2	基尔霍夫定律	159
实验3	叠加原理	160
实验4	电压源外特性与戴维南定理	162
实验5	一阶电路响应特性	163
实验6	R、L、C元件在直流和交流电路中的特性	165
实验7	R、L、C元件在正弦交流电路中的特性	166

实验 8 改善功率因数	168
实验 9 三相交流电路中电压电流的关系	170
实验 10 互感电路	172
第 9 章 Multisim 软件在电路分析中的仿真应用	175
9.1 Multisim 软件简介	175
9.2 电路仿真分析实例	177
附录 A 书中常用专业名词及缩写的英汉对照	190
附录 B 24 个希腊字母的英语拼法、读法	192
参考文献	193

第1章 电路的基本概念

1.1 电路的模型

1.1.1 电路的组成及作用

1. 电路

随着社会的发展，在我们的日常生活、工农业生产、国防、科技等领域都用到电，电与我们越来越密切，用电就要涉及电路。电路是多种多样的，不管电路的具体形式和复杂程度如何，它们都由一些最基本部件组成。

如图 1.1 所示为电路的组成，(a) 图为干电池、开关、灯组成的实际电路。(b) 图为符号表示的电路。

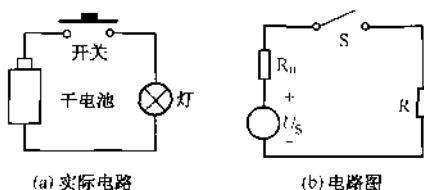


图 1.1 电路的组成

由电器设备和元器件按一定方式联接起来，为电流流通提供路径的总体称为电路，也叫网络。所有电路从本质来说都是由三部分组成：电源、负载和中间环节。

(1) 电源。它是给电路提供能源的设备、器件，其作用是把化学能、光能、机械能等非电能转换为电能。常见的电源有蓄电池、干电池、太阳能电池和发电机等。

(2) 负载。通常也称为用电器，它是将电能转换成其他形式能的元器件或者设备，如电灯、电动机、扬声器等。

(3) 中间环节。其作用是将电源和负载连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：连接导线、控制电器（如开关、插头、插座等）、保护电器（如熔断器等）、测量仪表（如万用表等）。

电路的基本作用是实现电能与非电能之间的转换。根据其侧重点不同，可将其按功能概括为两个方面。其一，实现电能的传输和转换。例如电力网络将电能从各个发电厂输送到各工厂、农村和千家万户，供各种电气设备使用。其二，实现电信号的传输、处理和存储。例如电视机接收含有声音和图像信息的高频电视信号通过高频传输线送到电视机中，这些信号经过选择、变频、放大和检波等处理，恢复出原来的声音和图像信息，在扬声器中发出声



音并在显像管屏幕上呈现图像。

2. 单位制

1984 年国务院发布《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，明确规定国际单位制(SI)是我国法定计量单位的基础。1986 年修订后，国务院再次发布命令，要求全面执行。在国际单位制中有 7 个基本单位，其中长度以米(m)为单位；质量以千克(kg)为单位；时间以秒(s)为单位；电流以安培(A)为单位；热力学温度以开尔文(K)为单位；物质的量以摩尔(mol)为单位；发光强度以坎德拉(cd)为单位。其他物理量的单位可以根据其定义从这些基本单位导出。

表 1.1 部分国际单位制的单位(SI)

量的名称	单位名词	单位符号	量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m	电荷[量]	库[仑]	C
时间	秒	s	电位、电压	伏[特]	V
电流	安[培]	A	电容	法[拉]	F
频率	赫[兹]	Hz	电阻	欧[姆]	Ω
能量、功	焦[耳]	J	电导	西[门子]	S
功率	瓦[特]	W	电感	亨[利]	H

除了 SI 主单位之外，有时需要用 SI 单位的十进制倍数单位和分数单位，则在原单位上加词头。常用 SI 词头如表 1.2 所示。

表 1.2 SI 常用词头

因 数	词头中文名称	符 号	因 数	词头中文名称	符 号
10^9	吉	G	10^{-2}	厘	c
10^6	兆	M	10^{-3}	毫	m
10^3	千	k	10^{-6}	微	μ
10^2	百	h	10^{-9}	纳	n
10^1	十	da	10^{-12}	皮	p

1.1.2 负载的模型

由电阻器、电容器、线圈、变压器、晶体管、运算放大器、传输线、电池、发电机和信号发生器等电气器件和设备连接而成的电路称为实际电路。实际的元器件在电路中所发生的物理现象十分复杂，若把它们所有电磁特性全部考虑进去，将会使电路的分析变得十分烦琐，甚至难以进行。把组成电路的实际元器件加以理想化、近似化，用一个足以反映主要性质的模型——理想化元件来表示每一种电路中的实际元器件。用理想化的电阻、电感、电容等电路元件近似模拟实际电路中每个电气器件和设备，再根据这些器件的实际连接方式，用理想导线将这些电路元件连接起来，就得到实际电路的电路模型。将一个实际电路抽象为简单而精确的电路模型的工作，有时是很复杂和困难的。本课程只涉及一些简单的情况，其目



的是为了牢固地树立“电路模型”的概念。今后所说的电路均指这种抽象的电路模型。

1. 电阻的模型

如果一个二端元件在任何时刻的电压 u 与其电流 i 的关系, 由 $u-i$ 平面上一条曲线确定, 则此二端元件称为二端电阻元件, 用 R 表示。如图 1.2 所示。

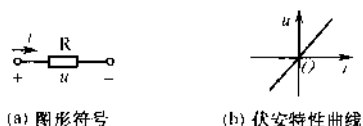


图 1.2 线性电阻元件图形符号及伏安特性曲线

这条曲线称为电阻的特性曲线。它表明了电阻的电压与电流间的约束关系, 简称 VCR。由线性电阻的伏安特性曲线可知, 电压与电流的关系称为欧姆定律。在电压、电流参考方向关联下, 其数学表达式为

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

电阻元件的特点是电压与电流存在一种确定的代数约束关系。其物理现象是电阻元件只能消耗电能, 既不储存电能也不储存磁能。如白炽灯、电阻器、电热器等电器设备, 在一定条件下, 可认为是电阻元件。电阻元件的单位是欧[姆], 符号为 Ω 。还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$) 等。电阻元件简称电阻。这样电阻一方面表示一个电阻元件, 另一方面表示这个元件的参数。

令 $G = \frac{1}{R}$, 则式 (1-1) 变为

$$i = Gu \quad (1-2)$$

式中, G 称为电阻元件的电导, 单位是西[门子], 符号为 S 。

如果线性电阻元件的电压、电流参考方向非关联下, 则欧姆定律的表达式为

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

或

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

【例 1.1】 一电阻元件, 电压和电流的参考方向相同, 当外加电压 $U = 10V$ 时, 其电流 $I = 2mA$, 求其电阻和电导。

$$\text{解: } R = \frac{U}{I} = \frac{10}{2 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^3 \Omega = 5k\Omega$$

$$G = \frac{1}{R} = 0.2 \times 10^{-3} S$$

2. 电感的模型

电感元件是电感器的(理想的)电路模型。线性电感元件是一个二端理想化元件。假设线圈是由无电阻的导线绕制而成的, 且周围无铁磁物质。线圈通以电流, 其中便产生磁通。如果有 N 匝线圈, 则线圈的磁链为

$$\Psi = N\Phi$$



如果线圈的电流与磁链的参考方向符合右手螺旋法则, 则线圈的磁链 ψ 与电流 i 的关系为

$$\psi = Li \quad (1-5)$$

式中, L 称为线圈的自感或电感, 它是与电流、磁链无关的正实常数。这种理想化的线圈就是线性电感元件, 参数是自感或电感 L 。自感的单位是亨利, 单位符号为 H, 还有毫亨 (mH)、微亨 (μH)。电感元件简称电感, 它既代表电感元件也表示电感参数。

理想的电感元件只储存磁能, 既不消耗电能也不储存电能。磁场中储存着能量。用理想电感来反映储存磁能的特征, 其模型符号和韦安特性如图 1.3 所示。

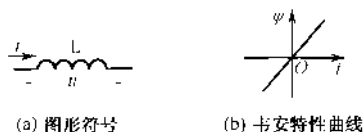


图 1.3 线性电感元件及韦安特性

当通过电感的电流变化时, 若电感元件两端电流与磁链的参考方向符合右手螺旋法则, 电压与电流采用如图 1.3 所示的关联参考方向时, 则感应电压为

$$u = \frac{d\psi}{dt} = L \frac{di}{dt}$$

此式即为电感元件的伏安关系。由此可见, 电感元件的电压与电流的大小和方向无关, 只与电流的变化率有关, 只有变化的电流才能产生电压。也就是说, 即使电感元件上的电流不为零, 若该电流为常数 (直流), 感应电压也为零。这种特性表明电感是一种动态元件。在直流稳定状态电路中, 电感相当于短路。

当电感元件两端电压 u 与电流取关联参考方向时, 电感元件的瞬时吸收功率为

$$p = ui = Li \frac{di}{dt}$$

电感元件某一时刻的瞬时储能是瞬时吸收功率的累积, 即

$$W_L = \int_{-\infty}^t Li \frac{di}{d\tau} d\tau = \frac{1}{2} L [i^2(t) - i^2(-\infty)]$$

设 $i(-\infty) = 0$, 则电感元件的瞬时储能为

$$W_L = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} \frac{\psi_L^2}{L}$$

这表明任意时刻电感元件的瞬时储能总是大于或等于零, 电感属于无源元件。

3. 电容的模型

在实际应用中, 电容器的应用很广泛, 它是由绝缘介质隔开的两块金属极板构成的。电容器加上电源后, 极板上分别聚集起等量异号电荷。此时, 在介质中建立起电场, 并储存电场能量。带正电荷的极板称为正极板, 带负电荷的极板称为负极板。当电源断开后, 电荷仍然能在极板上聚集一段时间。内部电场继续存在, 因此, 电容是一种能储存电场能量的元件。

当电容元件上电压的参考方向由正极板指向负极板时, 则任何时刻极板上的电荷量 Q



与极板间电压 u 的关系为

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

式中, C 称为电容元件的电容。它是与电荷 Q 、电压 u 无关的正实数。电容的单位是法拉, 单位符号为 F 。在实际中往往用微法 (μF)、皮法 (pF) 等单位。

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

电容元件简称电容, 这样电容既代表电容元件, 也代表电容参数。

理想的电容元件只储存电能, 既不消耗电能, 也不储存磁能。用理想电容来反映储存电能特征, 其模型符号及库伏特性如图 1.4 所示。电容元件有两个重要的参数: 电容量和工作电压。

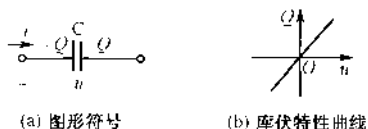


图 1.4 线性电容元件及库伏特性

当电容进行充放电时, 电容的电压将发生变化, 极板上电荷的数量也相应地改变, 这时与电容相连的电路中就会形成电流。电容两端电压与电流采用如图 1.4 所示的关联参考方向时, 电容元件的伏安关系为

$$i = \frac{dQ}{dt} = C \frac{du}{dt}$$

由此可见, 电容元件的电流与其端电压的大小和方向无关, 只与电压的变化率有关, 只有电压发生变化才能产生电流。也就是说, 即使电容元件两端的电压不为零, 若该电压为常数 (直流), 流过电容的电流也为零。这种特性表明电容也是一种动态元件。在直流稳定状态电路中, 电容相当于开路。

当电容两端电压与电流取关联参考方向时, 电容元件的瞬时吸收功率为

$$p = ui = Cu \frac{du}{dt}$$

与电感元件的瞬时储能类似, 电容元件某一时刻的瞬时储能也是瞬时吸收功率的累积, 即

$$W_C = \int_{-\infty}^t Cu \frac{du}{d\tau} d\tau = \frac{1}{2} C [u^2(t) - u^2(-\infty)]$$

设 $u(-\infty) = 0$, 则电容元件的瞬时储能为

$$W_C = \frac{1}{2} Cu_C^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

这表明任意时刻电容元件的瞬时储能总是大于或等于零, 电容属于无源元件。

1.1.3 电源的模型

常用的直流电源有干电池、蓄电池、直流发电机、直流稳压电源和直流稳流电源等。常用的交流电源有电力系统提供的正弦交流电源、交流稳压电源和产生多种波形的各种信号发生器等。这些实际的电源有一个共同的特点是向电路输出电压、电流。



1. 理想电源的模型

(1) 理想电压源的模型

在正常供电情况下, 不管外部电路如何变化, 其端电压基本保持常量或确定的时间函数的电源称为理想电压源。理想电压源的模型如图 1.5 (a)、(b) 所示。图中的“+”、“-”代表理想电压源的极性 (参考方向)。 $u_s(t)$ 是理想电压源的输出电压。当 $u_s(t)$ 不随时间变化时, 即 $u_s(t)$ 为常量时, 电源为直流理想电压源, 如图 1.5 (b) 所示。

电源元件的特性可以用它的输出电压与输出电流之间的关系来表示。此关系称为电源的外特性, 如图 1.6 所示。理想直流电压源输出的电压是一常量, 这一常量是相对电流而言的。理想的电压源具有两个特点: ①它的电源输出的电压表现为确定的时间常数, 即 $u_s(t)=u_s(t_1)、u_s(t_2)、\cdots、u_s(t_n)$, 此函数与电流无关。即 $u_s(t)$ 是一个固定的函数, 与所联接的外电路无关; ②通过它的电流随着与它联接的外电路不同而改变。

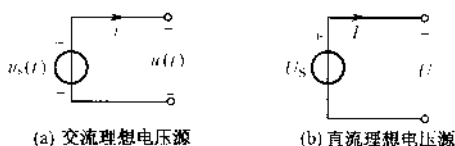


图 1.5 理想电压源的模型

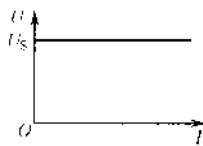


图 1.6 理想直流电压源外特性

(2) 理想电流源的模型

在正常供电情况下, 不管外部电路如何变化, 输出电流基本保持常量或确定的时间函数的电源称为理想电流源。理想电流源的模型如图 1.7 所示, 理想电流源的外特性曲线如图 1.8 所示, 曲线是一条平行电压轴的直线。理想电流源输出电流 $i_s(t)$, 当 $i_s(t)$ 为常数时, 电源为直流理想电流源, 其输出电流值为 I_S 。其特点: ①通过电流源的电流是定值, 或是一定的时间函数 $i_s(t)$, 而与端电压无关; ②电流源的端电压是随着与它联接的外电路的不同而不同。

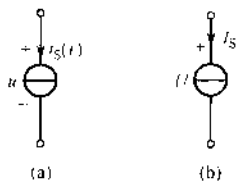


图 1.7 理想电流源的模型

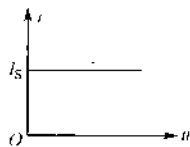


图 1.8 理想直流电流源外特性

2. 实际电源的电路模型

(1) 实际电压源的模型

实际电源的电压或电流往往会随着电源电流或电压的增加而下降。如干电池、蓄电池等。此时我们用一个电阻 R_i 和一理想电压源 (输出电压 U_S) 串联来表示实际电压源模型, 如图 1.9 (a) 所示。此时实际电压源的端电压为

$$U = U_S - IR_i \quad (1-7)$$

实际电压源的端电压即输出电压将不再是恒量, 而是受到输出电流的影响, 图 1.9