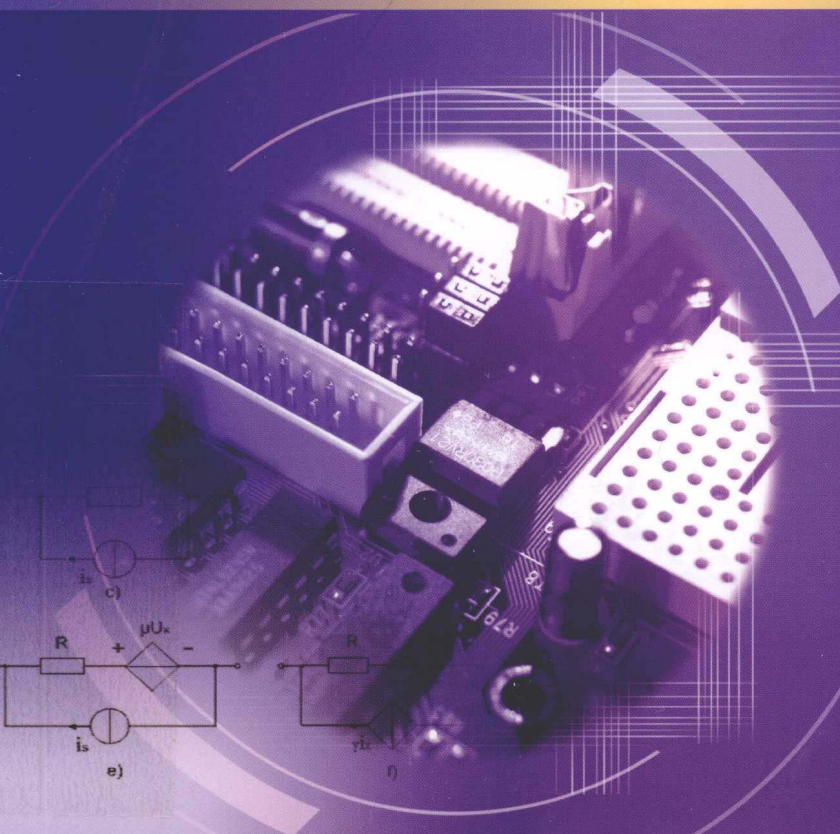




普通高等教育“十二五”电子电气基础课程规划教材

电路分析基础 习题精练

蒋志坚 李慧 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是配合机械工业出版社 2010 年 4 月出版的普通高等教育“十一五”电子电气基础课程规划教材《电路分析基础教程》而编写的习题集,是充分考虑了一般高等院校培养工程应用型人才的特点,组织具有丰富一线教学经验的教师编写的。此习题集不仅对《电路分析基础教程》提供的全部习题进行了详细解答,同时对概念性较强的代表性题目总结了相应的基本理论和基本方法。考虑到一般高等院校学生的电路分析基础比较薄弱,层次参差不齐,补充了一些难度适中的新习题,并对习题的重点、难点、疑点做了相应注释。

本书力求结构简明,难度适中,实用够用。可作为一般高等院校本科电气与信息类专业电路理论课程的辅助教材,也可供其他不同类型院校的师生参考,或作为有志报考相关专业硕士研究生考生的一本复习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础习题精练/蒋志坚,李慧编. —北京:机械工业出版社, 2012. 7
普通高等教育“十二五”电子电气基础课程规划教材
ISBN 978-7-111-38633-9

I. ①电… II. ①蒋…②李… III. ①电路分析-高等学校-习题集 IV. ①TM133-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 117495 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:于苏华 责任编辑:于苏华 贡克勤
版式设计:霍永明 责任校对:胡艳萍
封面设计:张 静 责任印制:杨 曦
北京京丰印刷厂印刷
2012 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·11 75 印张·285 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-38633-9
定价:23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066
销售一部:(010)68326294
销售二部:(010)88379649
读者购书热线:(010)88379203

教材网:<http://www.cmpedu.com>
机工官网:<http://www.cmpbook.com>
机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>
封面无防伪标均为盗版

前 言

机械工业出版社2010年4月出版的普通高等教育“十一五”电子电气基础课程规划教材《电路分析基础教程》是一本电路理论教材,服务对象是一般高等院校,尤其是培养工程应用型人才的工科院校。该书作为电类专业重要专业基础课“电路原理”教学之用,可以使学生掌握电路的基本理论、分析方法和实验技能。

对于电类专业,“电路原理”是极为重要的专业基础课,是学生专业发展的看家本领,其中许多概念看似简单,但真正透彻理解很难,熟练掌握基本的电路分析方法必须下苦功,演练相当的习题。为配合《电路分析基础教程》一书的使用和满足学生专业基础课阶段的实际需求,我们编写了这本习题集。本习题集充分考虑了一般高等院校培养工程应用型人才的特点,组织具有丰富一线教学经验的教师编写。其中,对《电路分析基础教程》提供的全部习题进行了详细解答,对概念性较强的代表性题目总结了相应的基本理论和基本方法。考虑到一般高等院校学生的电路分析基础比较薄弱,层次参差不齐,书中还补充了一些难度适中的新习题,并对习题的重点、难点、疑点做了相应注释。希望本习题集的编写能帮助学生更好地掌握课程教学的重点和难点,扩展解题的思路和技巧,提升电路原理教学的教学效果,提高学生的学习效率。

本书的编写具有以下特点:

1) 定位于一般高等院校教学,不追求“高大全”。编写内容首先不求“全”,适用,实用,够用,好用即可;不求“高大”是考虑到所教学生并不是以电路理论为主修专业,编著重点回归电路理论基本概念。

2) 习题的解答与《电路分析基础教程》的各章节内容密切配合,进度基本一致,以便读者逐渐深化掌握相应章节讲授的基本概念和基本分析方法。

3) 解题过程力求概念清晰,步骤完整,附图丰富,计算准确,同时阐明主要的分析思路和解题方法。对一些概念较强的题目给出多种解题思路,通过比较和相互验证,加深读者对基本概念的理解,扩展解题思路,提高电路分析的能力与效率。

4) 书中所用公式、符号和解题风格与《电路分析基础教程》一致。习题的数量、分布考虑了不同层次学生的不同需求,基本从难到易呈正弦分布。对较难的习题,力求用深入浅出方法加以分析引导。对难点、重点和易于发生错误之处加以注释,提醒并帮助学生深入思考和正确理解。强调基本概念是第一位的,解题技巧是第二位的,力求概念的论述准确、明确,不模棱两可。

蒋志坚负责制订全书的写作框架、写作大纲和写作风格,并负责全书的组织统稿工作,同时编写了第1~5章。李慧编写了本书的第6~10章。北京建筑工程学院电路原理课程建设组全体成员为编好本书提出了不少很好的建议。在此向所有关心本书编写的同志们表示衷心感谢!由于编者的水平和能力有限,加之编写时间仓促,本书的不足之处在所难免,希望读者批评指正。

作者于北京

目 录

前言

第1章 电路的模型与基本概念 1

- 1.1 实际电路与理想电路 1
- 1.2 电路的基本概念 1
- 1.3 无源元件的理想模型 3
- 1.4 独立电源模型 4
- 1.5 受控源模型 5
- 1.6 电路的功率 6

本章习题及其解答 7

第2章 电路基本定律 19

- 2.1 基尔霍夫定律 19
- 2.2 典型支路欧姆定律 20
- 2.3 线性定律 20
- 2.4 功率守恒定律 21

本章习题及其解答 22

第3章 电阻电路的系统分析方法 33

- 3.1 电路的独立方程 33
- 3.2 支路电流法和支路电压法 34
- 3.3 回路电流法 34
- 3.4 节点电压法 35

本章习题及其解答 36

第4章 电路的等效变换 48

- 4.1 电路的等效变换及其原则 48
- 4.2 无源一端口的等效变换 48
- 4.3 独立电源的等效变换 51
- 4.4 替代定理 52
- 4.5 戴维南定理和诺顿定理 52

本章习题及其解答 53

第5章 正弦稳态电路分析 69

- 5.1 复数 69
- 5.2 正弦电压和正弦电流的特征 70
- 5.3 正弦量的相量表示法 72
- 5.4 电路定律的相量形式 73
- 5.5 阻抗与导纳 74
- 5.6 正弦稳态电路的相量分析 76
- 5.7 正弦稳态电路的功率 77

本章习题及其解答 80

第6章 正弦稳态电路分析的工程

应用 95

6.1 RLC 串联交流电路的谐振 95

6.2 RLC 并联交流电路的谐振 96

6.3 互感现象 98

6.4 互感电路的正弦稳态分析 99

6.5 非正弦周期信号的傅里叶分解 104

6.6 非正弦周期信号的有效值 106

6.7 含有非正弦周期信号电路的分析 107

本章习题及其解答 107

第7章 三相正弦稳态电路分析 119

7.1 三相交流电源 119

7.2 负载星形联结的三相电路 121

7.3 负载三角形联结的三相电路 124

7.4 三相电路的功率 126

7.5 三相电路功率的测量 126

本章习题及其解答 127

第8章 低阶电路的暂态分析 135

8.1 暂态电路的基本概念 135

8.2 RC 电路的暂态分析 135

8.3 一阶电路暂态分析的三要素法 136

8.4 RL 电路的暂态分析 136

8.5 二阶电路的暂态分析 137

本章习题及其解答 139

第9章 一般线性电路的暂态分析——

拉普拉斯变换法 152

9.1 一般线性电路的暂态分析 152

9.2 拉普拉斯变换及其意义 152

9.3 拉普拉斯变换的基本性质 153

9.4 拉普拉斯反变换 154

9.5 拉普拉斯变换电路图 155

9.6 应用拉普拉斯变换进行线性电路的
暂态分析 156

本章习题及其解答 156

第10章 二端口网络分析 168

10.1 二端口网络 168

10.2 二端口网络的参数和方程 168

10.3 二端口网络的等效电路 171

10.4 二端口网络的连接 172

本章习题及其解答 173

参考文献 181

第1章 电路的模型与基本概念

【本章学习要点】

本章介绍实际电路，并从实际电路抽象出理想电路；论述电路的基本概念；建立理想化的无源元件、独立电源、受控源等电路模型；分析电路的功率问题；本章的目的是使读者对电路理论有初步认识，并为本课程后续学习打下基础。

学习难点：参考方向；独立电源；受控源。

1.1 实际电路与理想电路

- 1) 实际电路是由若干电路元器件连接而成的网络，因此又称电路为网络。
- 2) 通过建立电路，人们主要达到两个目的，即电能的处理与信号的处理。
- 3) 实际电路一般由4部分组成：电源、负载、控制环节、连接导线。
- 4) 电路理论对实际电路进行了若干理想化处理，得到的是理想化的电路模型。

1.2 电路的基本概念

1. 电流及其参考方向

定义：电流是通过某导体横截面积 S 的电荷对时间的变化率，用符号 i 表示，基本单位为 A（安培）。

公式表达为

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

显然，电流有方向和强弱不同。现代科学确定，在金属导体中带负电荷的自由电子流动的方向才是电流的真实方向。但由于历史原因，人们习惯约定：**正电荷的流动方向为电流方向。**

在电路分析过程中准确判断电流的实际方向很困难。首先实际电路复杂，分析者仿佛走入迷宫，对电路各个分支中电流的实际方向很难把握。其次，交流电路中电流的实际方向随时间不断变化，即便确定了某时刻电流的方向，但另一时刻，电流方向仍难以确定。

为解决以上问题，电路理论引入一个重要概念：电流的“参考方向”。

定义：在开始分析电路之前，分析者可以任意设定电路各个分支的电流方向，叫做电流的“参考方向”。

关于设定电流的参考方向，同学们注意两点：**大胆设定，坚持始终。**

不要怕设定的电流方向是错误的，可以证明：当设定的参考方向与实际方向一致时，电流的计算值为正数；当电流的计算值为负数时，电流的实际方向将与设定的参考方向相反。分析结束，结合参考方向和计算值的正负，总可以准确判断电流的实际方向。坚持始终告诫

大家：分析开始前确定的电流参考方向，在分析过程中不要改变。因为随意改变电流参考方向，将使电路方程出现错误。

2. 电压及其参考方向

定义：在电路中，把单位正电荷从 a 点移动到 b 点电场力所做的功定义为 a 、 b 两点之间的电压。用符号 u_{ab} 表示，单位为 V （伏特）。

电压的强弱可用公式表达为

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq}$$

电压表达了电场力将电荷移动的能力。电压有大小和方向，一般用 $\pm$ 表示两端电压的参考方向，其中“+”号表示电压的高端，“-”号表示电压的低端。电荷总是被电场力从高端移动到低端，此间由于做功，电场能量下降，因此电压又称“电压降”。

由于与电流相似的原因，电路分析过程中很难准确判断电压的实际方向。为此，引入重要概念：电压的“参考方向”。

定义：在开始分析电路之前，分析者可以任意设定电路两点之间电压的方向，叫做电压的“参考方向”。设定电压的参考方向同样要注意两点：大胆设定，坚持始终。

3. 电动势

定义：在电源内部非静电力作用下，单位正电荷从电源负极 b 移动到电源正极 a 所做的功，定义为该电源的电动势。用符号 e_{ba} 表示，单位为 V （伏特）。

电动势的强弱用公式表达为

$$e_{ba} = \frac{dw}{dq}$$

表面看，电动势与电压的公式相同，但实质上电动势与电压是截然不同的两个概念。它们有如下几点本质差异：

1) 电压表示电场力对电荷做功，而电动势则表示电源提供的某种外力（如化学力、机械力）对电荷做功。

2) 正常情况下电压驱使电荷运动使电场能量不断下降，故电压又被称为“电压降”；相反，电动势驱使电荷运动使电场能量不断上升，故电动势又被称为“电压升”。所以，本质上两者（做功）方向相反。

3) 电动势是电源独有的概念，但电压的概念适用于电路任何部分（包括电源）。

4. 端口

n 端网络的定义：如果一个集成电路对外有 n 个联络端子，该集成电路就叫做 n 端网络。

“端口”的定义：如果 n 端网络的一对端子满足条件 $i = i'$ ，即从一个端子流进的电流等于从另一个端子流出的电流，则这对端子就构成观测或联络网络内部的一个“端口”。

任何两端电路元件或电路，如电阻、电容都构成具有一个端口的网络，简称一端口网络。而变压器电路，由于有一次侧和二次侧两个端口，叫做两端口网络。由此推导，假如一个集成电路有 n 个端口就叫 n 端口网络。 n 端口网络表明某集成电路对外有 n 个观测或联络的“窗口”。

5. 参考方向关联

参考方向关联的定义：设定某端口的电压与电流的参考方向，假如电流从某端口电压为正的端子流入端口，就约定该电流与该电压的参考方向相互关联。

简单情况下，参考方向关联的概念主要用到两端电路元件，如电阻、电容等。

1.3 无源元件的理想模型

电阻、电容、电感三个元件共同的特点是不能为电路提供能量，统称“无源”元件。

1. 电阻

电路中，只有电阻可将电能消耗，并且不可逆转地转换成其他形式的能量。

理想电阻的图形符号如图 1-1a 所示，有如下基本性质：

当电阻的电压 $u(t)$ 与电流 $i(t)$ 选取“关联参考方向”时，两者成正比，比例系数为正实数，符号为 R 。

公式表达为

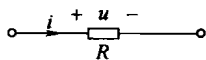
$$R = \frac{u(t)}{i(t)} \quad (1-1)$$

式 (1-1) 称为欧姆定律， R 的单位为 Ω (欧姆)。

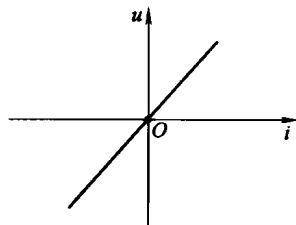
电阻的基本性质可用 $u-i$ 关系曲线表达，如图 1-1b 所示。

电阻的倒数定义为电导，符号为 G ，基本单位为 S (西门子)，关系为

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



a)



b)

图 1-1 电阻的图形符号及其基本性质

电路分析时，电阻的电压与电流可以选取“非关联参考方向”，但式 (1-1) 中将多出一个负号，似乎出现了所谓“负阻”现象。事实上，作为无源元件，电阻的阻值只能是正实数，不可能出现“负阻”，那么，唯一的可能就是电阻的电压或电流的参考方向中有一个与实际方向不符，使分析结果出现了负数。当然，负负相抵，式 (1-1) 的关系其实没变。

分析得出：电阻的电压与电流的实际方向总是“关联”的。

2. 电容

在电路中，只有电容可将电能存储或交换为电场能量。

理想电容的图形符号如图 1-2a 所示，有如下基本性质：

电容器存储的电荷 $q(t)$ 与两端电压 $u(t)$ 成正比，比例系数为正实数，符号为 C ， C 的基本单位为 F (法拉)。

公式表达为

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

电容的 $q-u$ 关系曲线如图 1-2b 所示。电流是电荷的变化率，有如下性质：流经电容的

电流与其两端电压的变化率成正比。

用公式表达为

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = C \frac{du(t)}{dt} \quad (1-3)$$

式(1-3)中约定：电容的电压与电流选取“关联参考方向”，否则公式中将出现“-”号。

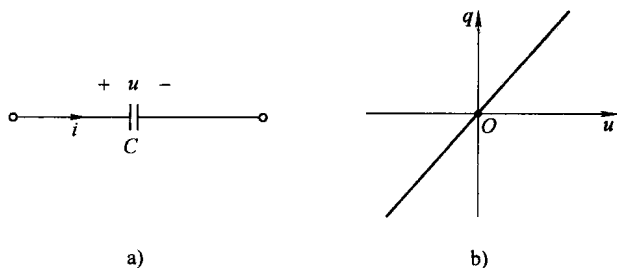


图 1-2 理想电容的图形符号及其基本性质

3. 电感

电路中，只有电感可将电能存储或交换为磁场能量。

理想电感的图形符号如图 1-3a 所示，有如下基本性质：

在理想电感的磁场中，磁链 $\psi(t)$ 与电流 $i(t)$ 成正比，比例系数为正实数，符号为 L ， L 的基本单位为 Wb（韦伯）。

公式表达为

$$L = \frac{\psi(t)}{i(t)} \quad (1-4)$$

电感的 $\psi-i$ 关系曲线如图 1-3b 所示。由电磁感应定理推导出：

电感两端电压 $u_L(t)$ 与流经电流 $i(t)$ 的变化率成正比。

用公式表达为

$$u_L(t) = \frac{d\psi(t)}{dt} = L \frac{di(t)}{dt} \quad (1-5)$$

式(1-5)中约定：电感器的电压与电流选取“关联参考方向”，否则公式中将出现“-”号。

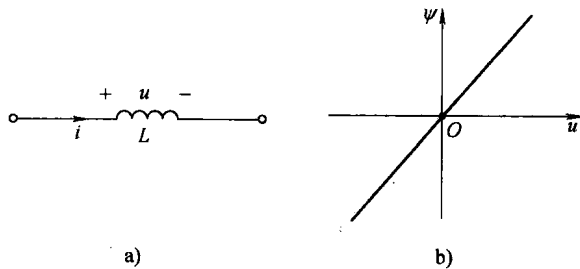


图 1-3 理想电感的图形符号及其基本性质

1.4 独立电源模型

在实际应用中，必须有化学电池、发电机组、太阳电池板、信号源等装置为电路提供能量或信号，从而激活电路。这类装置叫做“电源”，又称“激励”。由于这类电源的主要特性基本不受相连电路的影响，因此称之为独立电源。本节讨论独立电源的理想模型，分为独立电压源和独立电流源两种。

1. 独立电压源

独立电压源的图形符号如图 1-4a 所示。独立电压源的特点是：电源两端的电压有其独

立的内部变化规律, 不受外连电路的影响。由此得出如下重要性质:

独立电压源两端的电压 $u_s(t)$ 与流经电流 $i(t)$ 的大小、方向皆无关。

图 1-4b、c 体现了电压与电流的无关性质。

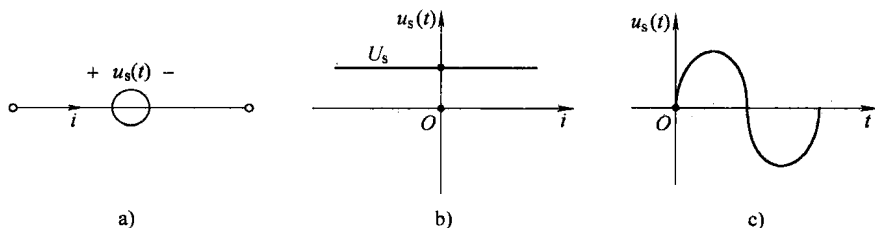


图 1-4 独立电压源及其性质

2. 独立电流源

独立电流源的图形符号如图 1-5a 所示。独立电流源的特点是: 流经电源的电流有其独立的内部变化规律, 不受外连电路的影响。由此得出如下重要性质:

独立电流源的电流 $i_s(t)$ 与其两端电压 $u(t)$ 的大小、方向皆无关。

图 1-5b、c 体现了电流与电压的无关性质。

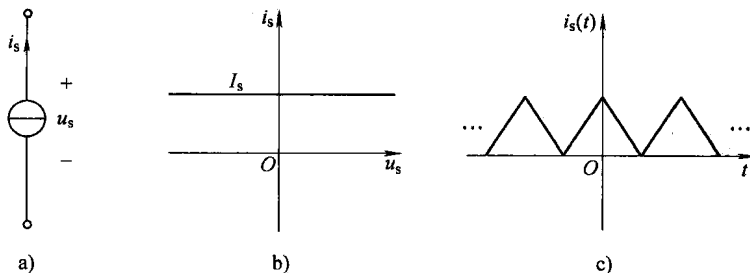


图 1-5 独立电流源及其性质

1.5 受控源模型

受控电源, 简称受控源。受控源表面上相似于独立电源。但由于不能为电路提供原始的能量或信号, 本质上受控源不是电源, 实质上反映了复杂电路不同工作参数之间的关联与耦合, 一般情况下必须用二端口元件表达。

1. 受控电压源

受控电压源的图形符号如图 1-6a、b 所示, 一般为二端口元件。其特点是: 一个端口的电压受另一个端口的电压或电流的比例控制, 其中 μ 、 γ 为比例系数。

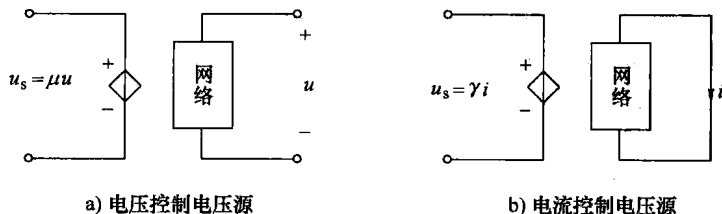


图 1-6 受控电压源的图形符号

受控电压源可划分成两种：电压控制电压源（VCVS）、电流控制电压源（CCVS）。

虽然受控电压源本质上不是电源，但列写电路方程时，可以把受控电压源的“被控对象”部分当作独立电压源处理。

2. 受控电流源

受控电流源的图形符号如图 1-7 所示，一般为二端口元件。其特点是：一个端口的电流受另一个端口的电压或电流的比例控制， g 、 β 为比例系数。

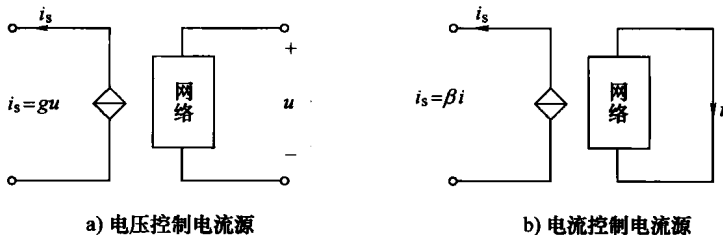


图 1-7 受控电流源的图形符号

受控电流源可划分成两种：电压控制电流源（VCCS）、电流控制电流源（CCCS）。

虽然受控电流源本质上不是电源，但列写电路方程时，可以把受控电流源的“被控对象”当作独立电流源处理。

1.6 电路的功率

功率的物理学定义：功率是能量对于时间的变化率，即

$$p(t) = \frac{dw}{dt}$$

功率是代数量，没有方向，但有大小和正负。在电路理论中功率的基本单位是 W （瓦特）。电子电路中常见的功率大小为几毫瓦至几十瓦，而电力系统常见的功率大小为几千瓦至几千兆瓦。

推导如下：

$$p(t) = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} = u(t) i(t)$$

电路瞬时功率的定义：电路的一个“端口”如图 1-8 所示。假定端口的电压参考方向与电流参考方向相互“关联”，则瞬时功率 $p(t) = u(t) i(t)$ 。当 $p(t) \geq 0$ 时，该端口内部正在吸收外电路能量；当 $p(t) < 0$ 时，该端口内部正在向外电路发出能量。

当端口的电压参考方向与电流参考方向不“关联”时，瞬时功率的计算公式变为 $p(t) = -u(t) i(t)$ ，注意：公式中多了一个“-”号。

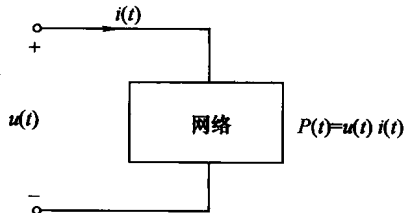


图 1-8 端口的瞬时功率

在电流方向交变的电路中，虽然瞬时功率精确地反映了电路时时刻刻的能量变化，但由于正负大小不断变化，让人很难掌握其特征。为此，人们对周期变化的瞬时功率在一个周期

内取平均值。

电路的平均功率为

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt$$

将功率 $p(t)$ 对时间积分就得到电能的公式。电能表示电路电场吸收存储或发出释放的能量，用大写符号 W 表示，单位是 J（焦耳）。

电能的计算：假定端口的电压参考方向与电流参考方向相互“关联”，则电能 $W = \int_0^t p(t) dt = \int_0^t u(t) i(t) dt$ 。

当 $W \geq 0$ 时，表示内部电路从该端口吸收了外部电路的能量；当 $W \leq 0$ 时，表示内部电路通过该端口向外部电路发出了能量。

本章习题及其解答

1-1 图 1-9 中已经指定各元件的电压 u 与电流 i 的参考方向，请写出各个元件的 $u-i$ 关系式。

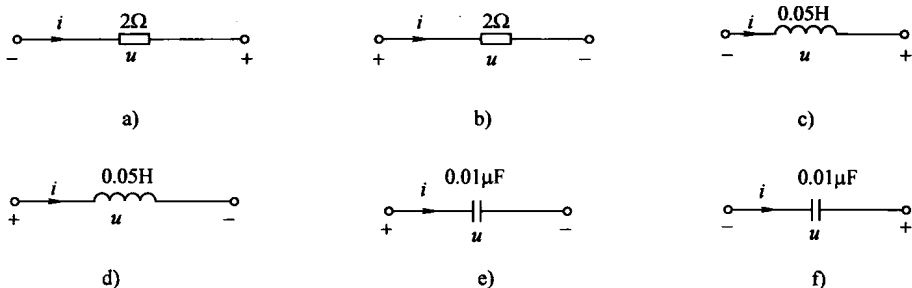


图 1-9 题 1-1 图

解：图 1-9a 中， u 与 i 的数值方程式（下同）为 $u = -2i$ ， u 与 i 参考方向不关联，公式加“-”号。

图 1-9b 中， $u = 2i$ ， u 与 i 参考方向关联。

图 1-9c 中， $u = -0.05 \frac{di}{dt}$ ， u 与 i 参考方向不关联，公式加“-”号。

图 1-9d 中， $u = 0.05 \frac{di}{dt}$ ， u 与 i 参考方向关联。

图 1-9e 中， $i = 0.01 \times 10^{-6} \frac{du}{dt}$ ， u 与 i 参考方向关联。

图 1-9f 中， $i = -0.01 \times 10^{-6} \frac{du}{dt}$ ， u 与 i 参考方向不关联，公式加“-”号。

注：在使用元件 $u-i$ 基本关系公式时，如元件的 u 与 i 的参考方向相互关联，公式不变；当 u 与 i 的参考方向相互不关联时，公式需加入一个“-”号（一般加在公式右侧）。

1-2 写出图 1-10 所示独立电源的 u 或 i 约束方程。

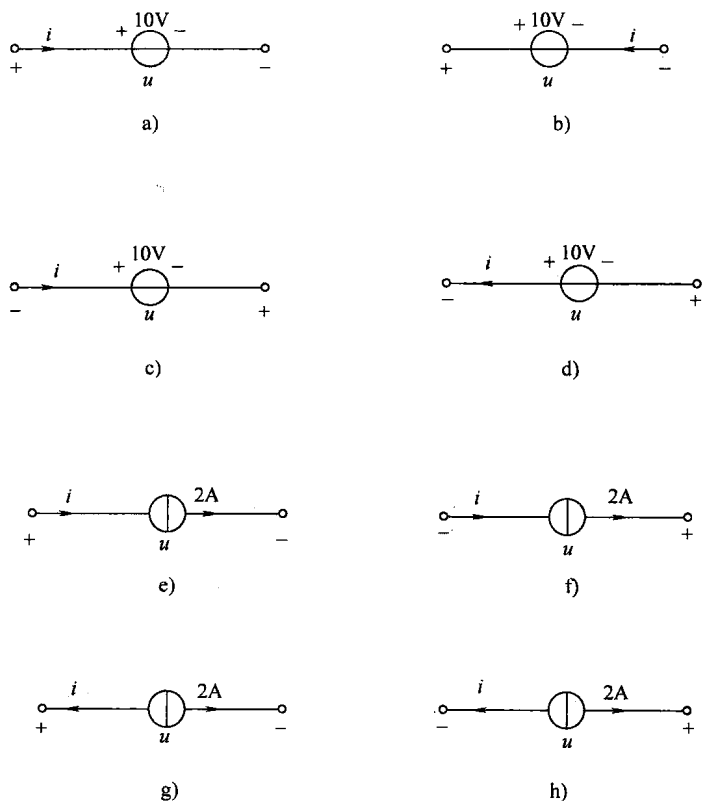


图 1-10 题 1-2 图

解：图 1-10a、b 中， $u = 10\text{V}$ ，因为 u 的参考方向与电压源电压同方向。

图 1-10c、d 中， $u = -10\text{V}$ ，因为 u 的参考方向与电压源电压反方向。

注：不要受电流参考方向变化干扰，电压源的输出电压与电流无关。

图 1-10e、f 中， $i = 2\text{A}$ ，因 i 的参考方向与电流源电流同方向。

图 1-10g、h 中， $i = -2\text{A}$ ，因 i 的参考方向与电流源电流反方向。

注：不要受电压参考方向变化干扰，因为电流源输出电流与其两端电压无关。

1-3 判断图 1-11 所示元件或端口，哪些 u 、 i 的参考方向是关联的？哪些是不关联的？

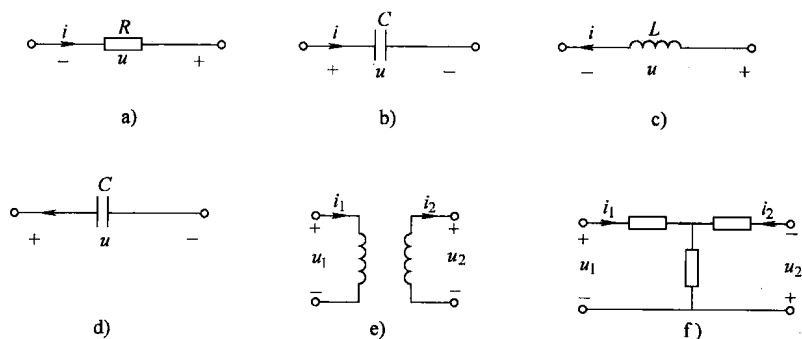


图 1-11 题 1-3 图

解：图 1-11a、d 所示不关联，图 1-11b、c 所示关联。

图 1-11f、e 左端口关联，右端口不关联。

注：判断元件或端口的 u 、 i 参考方向是否关联的依据是：电流 i 从电压参考方向 “+” 端流入元件或端口的内部，然后从电压参考方向 “-” 端流出元件或端口。

1-4 如图 1-12 所示， $R = 5\Omega$ ， $C = 0.05\text{F}$ ， $L = 2\text{H}$ 。如电路稳定后电流源电流 $i = 4\sin(314t)\text{A}$ ，求 u_R 、 u_L 、 u_C 。

解： $u_R = Ri = 20\sin 314t\text{V}$

由 $i = C \frac{du_C}{dt}$ ，得

$$\begin{aligned} u_C &= \frac{1}{C} \int_0^t i dt = 20 \int_0^t 4\sin 314t dt \text{V} \\ &= -0.25\cos(314t)\text{V} \end{aligned}$$

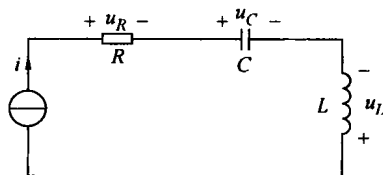


图 1-12 题 1-4 图

而

$$\begin{aligned} u_L &= -L \frac{di}{dt} = -2 \times 4 \times 314 \cos(314t)\text{V} \\ &= -2512\cos(314t)\text{V} \end{aligned}$$

注： u_L 表达式中多出一个负号，原因是 i 与 u_L 的参考方向不关联。

1-5 如图 1-13 所示， $i_s = 3\text{A}$ ， $u_s = 20\text{V}$ 。

(1) 分析电流源与电压源各自的功率。

(2) 如在回路中串入一个电阻 $R = 1\Omega$ ，再分析电流源与电压源的功率；

(3) 如在电流源两端并联一个电阻 $R = 1\Omega$ ，再分析电流源与电压源的功率。

解：(1) 电流源功率

$$p_i = -ui = (-20 \times 3)\text{W} = -60\text{W}$$

式中， $u = u_s = 20\text{V}$ ； $i = i_s = 3\text{A}$ ；负号是因 u 与 i 的参考方向不关联。

而

$$p_u = ui = (20 \times 3)\text{W} = 60\text{W}$$

(2) 此种情况下，电路变化如图 1-14 所示。

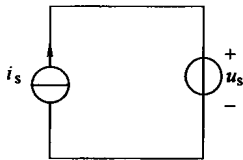


图 1-13 题 1-5 图

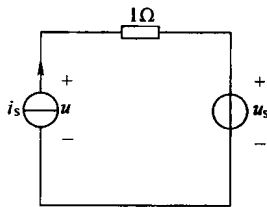


图 1-14

首先标出电流源电压 u 的参考方向如图 1-14 所示。

显然

$$u = u_R + u_s = (3 \times 1 + 20)\text{V} = 23\text{V}$$

有

$$p_i = -ui = (-23 \times 3)\text{W} = -69\text{W}$$

而

$$p_u = u_s i = (20 \times 3) \text{ W} = 60 \text{ W}$$

其中, $i = i_s = 3 \text{ A}$ 。

(3) 此种情况下, 电路变化如图 1-15 所示。

首先标注电流 i_1 与 i_2 的参考方向。

显然

$$i_1 = \frac{u_s}{R} = 20 \text{ A}$$

而

$$i_2 = i_s - i_1 = -17 \text{ A}$$

有

$$p_i = -i_s u_s = (-3 \times 20) \text{ W} = -60 \text{ W}$$

$$p_u = i_2 u_s = (-17 \times 20) \text{ W} = -340 \text{ W}$$

注: 功率计算公式 $p = ui$ 中, 如电压 u 与电流 i 的参考方向相互不关联, 公式右侧需加入一个“-”号。

1-6 求图 1-16 中每个元件发出或吸收的功率。如定义吸收功率为正, 发出功率为负, 验证电路中全部元件发出与吸收功率的代数和为零 (所谓功率守恒定律)。

解: 首先规定 i 、 i_1 、 i_2 的参考方向如图 1-17 所示。其中

$$i_1 = \frac{2 \text{ V}}{1 \Omega} = 2 \text{ A}$$

$$i = \frac{(4 - 2) \text{ V}}{2 \Omega} = 1 \text{ A}$$

$$i_2 = i - i_1 = (1 - 2) \text{ A} = -1 \text{ A}$$

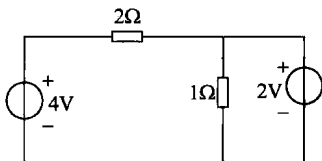


图 1-16 题 1-6 图

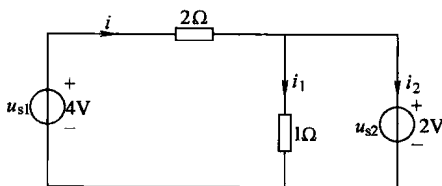


图 1-17

4V 电压源功率

$$p_1 = -u_{s1} i = (-4 \times 1) \text{ W} = -4 \text{ W}$$

2Ω 电阻功率

$$p_2 = i^2 R_1 = 2 \text{ W}$$

1Ω 电阻功率

$$p_3 = i_1^2 R_2 = 4 \text{ W}$$

2V 电压源功率

$$p_4 = u_{s2} i_2 = [2 \times (-1)] \text{ W} = -2 \text{ W}$$

显然, $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 0$ 。

1-7 求图 1-18 所示各独立电源和受控电源的功率, 并计算电阻上吸收的功率。

解: 由电压关系式 $i \times 1 + 3 = 1$, $i = -2 \text{ A}$, 可得:

1V 电压源的功率

$$p_1 = -[1 \times (-2)] \text{ W} = 2 \text{ W}$$

1Ω 电阻消耗功率

$$p_2 = [(-2)^2 \times 1] \text{ W} = 4 \text{ W}$$

2i 受控电流源的功率

$$p_3 = -[3 \times (-4)] \text{ W} = 12 \text{ W}$$

3V 电压源的功率

$$p_4 = 3 \times 3i = [3 \times (-6)] \text{ W} = -18 \text{ W}$$

显然, $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 0$ 。

注1: 电路分析中受控源在列方程时等同独立电源对

待。但受控源的“控制量”(如本题 i) 是未知量, 必须寻找关系式(如本题 $i + 3 = 1$) 将其解出, 这是破解全题的关键所在。

注2: 功率守恒定律 $\Sigma p = 0$ 可以用来验证电路分析中得到的各个电压与电流计算结果是否正确。

1-8 如图 1-19 所示, 受控源的控制系数 $\beta = 2$, $\mu = 3$, 求两受控电源各自功率。

解: 由电流关系式 $q = i_1 + \beta i_1 = 3i_1$ 知 $i_1 = 3 \text{ A}$, 而 $u_1 = -2i_1 = -6 \text{ V}$ (负号出现是因为 u_1 与 i_1 参考方向不关联)。设定两个受控源电压与电流的参考方向如图 1-20 所示。

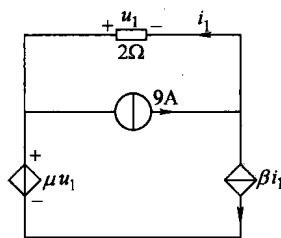


图 1-19 题 1-8 图

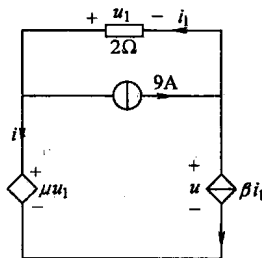


图 1-20

受控电流源的功率

$$\begin{aligned} p_1 &= u\beta i_1 = [(2 \times 3 - 6 \times 3) \times 2 \times 3] \text{ W} \\ &= [(-12) \times 2 \times 3] \text{ W} = -72 \text{ W} \end{aligned}$$

受控电压源的功率

$$p_2 = \mu u_1 i = [3 \times (-6) \times (3 - 9)] \text{ W} = 108 \text{ W}$$

1-9 如图 1-21 所示, $u_s = 20 \text{ V}$, 求受控源发出的功率 p_1 。

解: $i_1 = \frac{u_s}{2\Omega} = 10 \text{ A}$, 受控电压源输出电压 $4i_1 = 40 \text{ V}$ 。受控

源发出的功率有两种分析方法:

(1) 从受控源自身入手: $p_1 = -4i_1 i_2$, 而 $i_2 = \frac{4i_1}{2} = 20 \text{ A}$,

所以

$$p_1 = (-4 \times 10 \times 20) \text{ W} = -800 \text{ W}$$

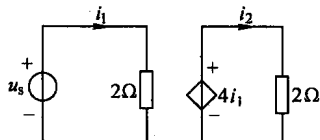


图 1-21 题 1-9 图

(2) 从负载电阻入手: 因受控源发出功率全部被负载电阻消耗, 有

$$p_R = i_2^2 \times 2 = (20^2 \times 2) \text{ W} = 800 \text{ W}$$

所以

$$p_1 = -p_R = -800 \text{ W}$$

1-10 图 1-22 所示是电路的一条支路, 其电流 i 与电压 u 的参考方向如图所示。

(1) 如 $i = 2 \text{ A}$, $u = 3 \text{ V}$, 求元件功率 p ;

(2) 如 $i = 2 \text{ mA}$, $u = 5 \text{ V}$, 求元件功率 p ;

(3) 如 $i = -5 \text{ A}$, 元件发出功率为 15 W , 求电压 u ;

(4) 如 $u = 100 \text{ V}$, 元件吸收功率为 2 kW , 求电流 i 。

解: (1) $p = -ui = (-3 \times 2) \text{ W} = -6 \text{ W}$ (发出)

(2) $p = -ui = (-5 \times 2 \times 10^{-3}) \text{ W} = -10 \text{ mW}$ (发出)

(3) 由 $p = -ui$ 得

$$u = -\frac{p}{i} = -\frac{(-15)}{(-5)} \text{ V} = -3 \text{ V}$$

注: 因 u 与 i 参考方向不关联, p 的公式中需加 “-” 号。而发出功率取负值, 吸收功率取正值。

(4) 由 $p = -ui$ 得

$$i = -\frac{p}{u} = -\frac{2000}{100} \text{ A} = -20 \text{ A}$$

1-11 如图 1-23 所示, 已知元件 C 发出功率为 20 W , 求元件 A 和 B 的功率。

解: 假定元件 C 的电压与电流取关联参考方向, 电流 i 的参考方向如图 1-23 所示。则 $p_C = ui = 10i$ 。

发出功率取负值

$$p_C = 10i = -20 \text{ W}, i = -2 \text{ A}$$

元件 B 的功率

$$p_B = 6 \times i = [6 \times (-2)] \text{ W} = -12 \text{ W}$$

元件 A 的功率

$$p_A = -(6 + 10) \times i = [-16 \times (-2)] \text{ W} = 32 \text{ W}$$

***1-12** 如图 1-24 所示电路, 若已知元件 A 吸收功率为 20 W , 求元件 B 和 C 的功率。

解: 假定 u_A 与 u_B 的参考方向如图 1-25 所示。其中

$$u_A = \frac{20}{2} \text{ V} = 10 \text{ V}$$

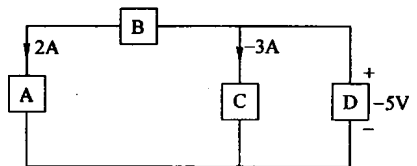


图 1-24 题 1-12 图

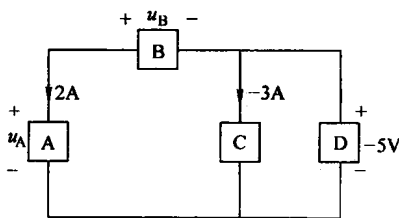


图 1-25

$$u_B = u_A - u_D = 10\text{V} - (-5\text{V}) = 15\text{V}$$

所以

$$p_B = -u_B \times 2\text{A} = (-15 \times 2)\text{W} = -30\text{W} \text{ (发出功率)}$$

$$p_C = u_C \times (-3\text{A}) = [(-5) \times (-3)]\text{W} = 15\text{W} \text{ (吸收功率)}$$

1-13 如图 1-26 所示电容串联回路, $C_1 = 1\text{F}$, $C_2 = 2\text{F}$, $u_s = 10\text{V}$ 。当时间足够长, 电路稳定时, 回路中的电流将为零, 回路相当于开路。能否从电容的 $u-i$ 关系式解释这一现象? 并计算电容各自的分压 (提示: 电容串联分压相似于电阻并联分流)。

解: (1) 由电容 $u-i$ 关系式 $i = C \frac{du_C}{dt}$, 当时间足够长时, 电容按各自容量将电荷充足, 电压分配稳定不变, 因此电压变化率 $\frac{du_C}{dt} = 0$, 所以电容电流 $i = 0$, 回路自然相当于开路。

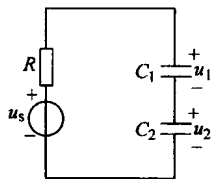


图 1-26 题 1-13 图

(2) 电容串联时, 相互分压相似于电阻并联分流规律

$$u_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} u_s = \frac{2}{3} \times 10\text{V} = \frac{20}{3}\text{V}$$

$$u_2 = u_s - u_1 = \left(10 - \frac{20}{3}\right)\text{V} = \frac{10}{3}\text{V}$$

1-14 如图 1-27 所示电感并联电路, $L_1 = 1\text{H}$, $L_2 = 2\text{H}$, $i_s = 10\text{A}$ 。当时间足够长, 电路稳定时, 电路两端的电压将为零, 并联的电感相当于短路, 能否从电感的 $u-i$ 关系式解释这一现象? 并计算两电感的分流各为多少 (提示: 电感并联分流相似于电阻串联分压)?

解: (1) 由电感 $u-i$ 关系式 $u_L = L \frac{di}{dt}$ 知, 当时间足够长时, 电感按各自容量存储磁能, 电流分配达到稳定, 因此电流变化率 $\frac{di}{dt} = 0$, 自然 $u_L = 0$, 并联的电感相当于短路。

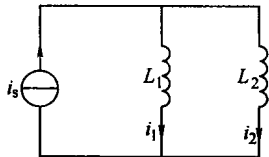


图 1-27 题 1-14 图

(2) 电感并联时, 相互分流相似于电阻串联分压规律

$$i_{L1} = \frac{L_2}{L_1 + L_2} i_s = \frac{1}{3} \times 10\text{A} = \frac{10}{3}\text{A}$$

$$i_{L2} = \frac{L_1}{L_1 + L_2} i_s = \frac{2}{3} \times 10\text{A} = \frac{20}{3}\text{A}$$

1-15 如图 1-28 所示, 电感 L 与电容 C 在 $t = 0$ 时都没有储能。设 $u_s = 2t$ ($t \geq 0$), 求: t 为何值时 L 与 C 两元件的储能相等? 此储能数值是多少?

解: 电容能量

$$\begin{aligned} W_C &= \int_0^t p dt = \int_0^t u_s C \frac{du_s}{dt} dt \\ &= \int_0^{u_s(t)} C u_s du_s = \frac{1}{2} C u_s^2(t) = 2Ct^2 \end{aligned}$$

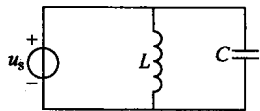


图 1-28 题 1-15 图

电感能量