

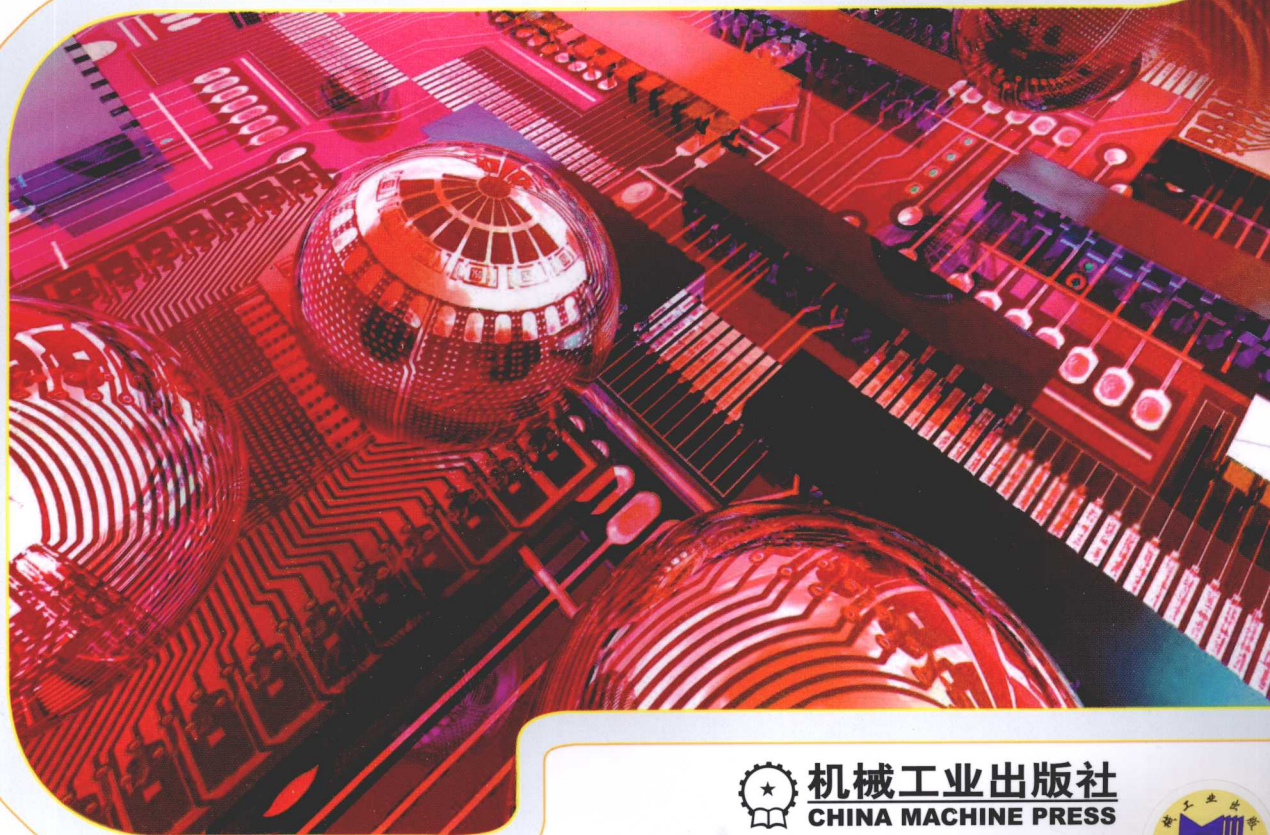


全国高等职业教育规划教材

电工基础学习指导 与习题解答

张志良 主编

- 习题量多，并有详细分析解答，便于自学理解。
- 更适用于当前职业教育教学。



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



全国高等职业教育规划教材

电工基础学习指导与习题解答

张志良 主 编
邵 菁 参 编
张慧莉



机械工业出版社

本书是根据张志良主编的《电工基础》编写的学习指导书，但也自成体系，可单独使用。章名及其顺序与《电工基础》教材书相同，每章均给出了内容提要、基本要求和学习指导、典型例题解析、习题解答和自我检测题。书中对电工基础的主要内容进行了全面、扼要的分析和总结，帮助读者把握教材的基本要求、重点和难点，并通过典型例题解析、复习思考题解答和习题解答，加深读者对基本概念的理解，提高分析和解决问题的能力。

本书根据职业技术教育要求和当前高职学生的特点编写，有 1600 余道习题，并给出全部解答。既便于学生自学练习，又便于教师选用。

本书可作为高职院校（含应用型本科高职）电子类专业“电工”课程教学辅导书，也可作为其他专业、其他类型学校同类课程的学习参考书。

图书在版编目（CIP）数据

电工基础学习指导与习题解答/张志良主编. —北京：机械工业出版社，2010.5

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-30233-9

I. ①电… II. ①张… III. ①电工学—高等学校：技术学校—教学参考资料 IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 053933 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：王 颖 版式设计：霍永明

责任校对：陈延翔 责任印制：乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 19.25 印张 · 476 千字

0001 - 4000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-30233-9

定价：31.00 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

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010) 88379649

读者服务部：(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材

电子技术专业编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 祖 炬 董维佳
俞 宁 蒋蒙安 吕何新 伍湘彬
任德齐 华永平 吴元凯

委 员 (按姓氏笔画排序)

马 彪	邓 红	王树忠	王新新	尹立贤
白直灿	包中婷	冯满顺	华天京	吉雪峰
刘美玲	刘 涛	孙吉云	孙津平	朱晓红
李菊芳	邢树忠	陈子聪	杨元挺	张立群
张锡平	苟爱梅	姚建永	曹 毅	崔金辉
黄永定	章大钧	彭文敏	曾日波	谭克清

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 戴红霞

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

“电工基础”是工科专业的一门重要专业基础课。具有内容广，概念多，关联度强等特点，是一门比较难教、难学的课程。为了帮助学生更好更方便地学好这门课程，减轻教师的教学负担，编写了《电工基础学习指导与习题解答》。

本书是根据张志良主编的《电工基础》编写的配套学习指导书，但也自成体系，可单独使用。章名及其顺序与配套教材书相同，每章均给出了内容提要、基本要求和学习指导、典型例题解析和习题解答，对电工基础的主要内容进行全面、扼要的分析和总结，帮助读者把握教材的基本要求、重点和难点，并通过典型例题解析、复习思考题解答和习题解答，加深读者对基本概念的理解，提高分析和解决问题的能力。每章有自我检测题，书末给出解答，可自我检测评价。

本书的习题有以下特点：

(1) 习题量多。共 1600 余道，相当于一本习题集。

(2) 概念覆盖面宽。基本上每一基础概念均有针对性习题。

(3) 习题可布置性好。单一概念习题多，模仿题多，简单容易的题目多，更适应于当前高职学生的特点。

(4) 题型丰富，各有用途。题型有复习思考题、课堂练习题、填空题、选择题和分析计算题。其中，复习思考题可用于基本概念的理解和辨析；课堂练习题也属于习题，具有更基本和更典型的特点，既可用于课堂练习，配合课堂教学，也可用于课后习题；填空题可用于课后基本概念复习；选择题和分析计算题中有难有易，一些较难和典型的习题还给出详细分析，可加深对基本概念的理解。

(5) 便于教师选用，能有效减轻教师的教学负担。因题多型广，便于不同专业、不同教学要求的院校和老师选用，布置习题和考试复习题选择方便。且因有题解，能有效减轻教师批改作业和答疑的教学负担。

本书适用于高职（含应用型本科高职）“电工基础”课程的教学参考书或自学指导书，也适用于其他专业、其他类型学校同类课程使用，并可供工程技术人员学习参考。

本书由上海电子信息职业技术学院高级讲师张志良主编，邵菁、张慧莉参编。其中第 1、2、3 章由邵菁编写，第 4、5、6 章由张慧莉编写，其余部分由张志良编写并统稿。

限于编者水平，书中错误不妥之处，恳请读者批评指正（编者的 Email: zzlls@126.com。）

编 者

“电工基础”学习方法建议

“电工基础”是工科类专业的一门非常重要的专业基础课。但是，“电工基础”的教学效果却不甚理想。因此，给出如下建议：

1. 提高认识，增强学习自觉性

对电类专业来说，“电工基础”好比电专业大厦的最底层基础，它阐述了电专业的基本原理、基本概念和基本分析方法。如果“电工基础”没学好，则“模拟电子技术”、“数字电子技术”、“电机与拖动”和“单片机原理与应用”等电专业的重要后续课程就很难学好。所以应强调学习“电工基础”课程的重要性，提高认识，增强学生学习该课程的自觉性和积极性。

2. 多做练习，深入理解

大学课程的课时一般不多，教学进度很快。有些学生满足于在课堂上泛泛的听听，不做习题，问题积少成多，一旦发现跟不上就晚了。因此课后必须及时复习，多做练习，巩固和加深理解。一般来说，学生在课堂上的理解往往是肤浅的，遇到习题和应用又会一筹莫展。只有做了相关习题和实践应用后，才能深入理解。可以这样说，如果不做习题（或抄作业），那么，轮到考试，肯定出错。本书针对教学要求配备的课堂练习题，是学好本课程的最少、最基本习题量，希望学生能全部做一下。

3. 重视概念的理解和掌握

要学好“电工基础”的目的不仅是会做习题、会计算，更重要的是要理解和掌握一系列电专业基本概念。例如，主教材“电工基础”第9章中习题很少，若仅做习题，就无法全面理解和掌握重要的电磁概念。本书针对教学要求配备的复习思考题，是理解和掌握电工基本概念的较好途径，希望学生能全部复习认真思考。

4. 重视实验实践

“电工基础”是一门实践性很强的课程，学习的最终目的是为了应用，因此需要多实验、多实践。电工实验实践至少还有两个好处：一是帮助理解理论知识；二是提高学习电工课程的兴趣。原来理论上不太清楚的，一做实验就清楚了；原来理解不深刻的，一做实验就理解透彻了。有了学习兴趣又会反过来促进学习的自觉性和积极性。本书主教材一书针对教学要求配备的4个基础实验，涉及15项电工实验和测量内容，是“电工基础”课程中最基本的实验实践要求，而且大多是技工等级考试的基本操作和考核内容。希望学校能根据学校实验设备情况组织学生尽可能完成全部实验。

目 录

出版说明

前言

“电工基础”学习方法建议

第1章 电路基本概念和基本定律 1

1.1 内容提要 1

1.1.1 电路基本概念 1

1.1.2 电路基本定律 3

1.2 基本要求和学习指导 4

1.3 典型例题解析 5

1.4 复习思考题解答 7

1.5 课堂练习题解答 10

1.6 习题解答 13

1.6.1 填空题解答 13

1.6.2 选择题解答 14

1.6.3 分析计算题解答 15

1.7 自我检测题 25

第2章 电路基本分析方法 28

2.1 内容提要 28

2.1.1 二端网络基本概念 28

2.1.2 线性电阻网络等效变换 28

2.1.3 电源等效变换 29

2.1.4 电路分析方法 30

2.1.5 受控源 32

2.2 基本要求和学习指导 33

2.3 典型例题解析 33

2.4 复习思考题解答 39

2.5 课堂练习题解答 42

2.6 习题解答 48

2.6.1 填空题解答 48

2.6.2 分析计算题解答 49

2.7 自我检测题 72

第3章 线性电路暂态分析 75

3.1 内容提要 75

3.1.1 储能元件 75

3.1.2 换路定律 75

3.1.3 一阶电路暂态分析方法 76

3.1.4 一阶电路阶跃响应 78

3.1.5 二阶电路零输入响应 79

3.2 基本要求和学习指导 79

3.3 典型例题解析 80

3.4 复习思考题解答 82

3.5 课堂练习题解答 86

3.6 习题解答 91

3.6.1 填空题解答 91

3.6.2 选择题解答 92

3.6.3 分析计算题解答 94

3.7 自我检测题 105

第4章 正弦交流电路稳态分析 107

4.1 内容提要 107

4.1.1 正弦交流电路基本概念 107

4.1.2 正弦交流电路中的电阻、 电感和电容 108

4.1.3 相量法分析正弦交流电路 109

4.1.4 正弦交流电路的功率 111

4.2 基本要求和学习指导 113

4.3 典型例题解析 113

4.4 复习思考题解答 118

4.5 课堂练习题解答 122

4.6 习题解答 127

4.6.1 填空题解答 127

4.6.2 选择题解答 128

4.6.3 分析计算题解答 130

4.7 自我检测题 148

第5章 谐振电路 150

5.1 内容提要 150

5.1.1 串联谐振电路 150

5.1.2 并联谐振电路 151

5.2 基本要求和学习指导 152

5.3 典型例题解析	152	8.1.1 互感电路基本概念	217
5.4 复习思考题解答	154	8.1.2 互感去耦等效电路	218
5.5 课堂练习题解答	156	8.1.3 空心变压器	218
5.6 习题解答	158	8.2 基本要求和学习指导	220
5.6.1 填空题解答	158	8.3 典型例题解析	220
5.6.2 选择题解答	159	8.4 复习思考题解答	223
5.6.3 分析计算题解答	160	8.5 课堂练习题解答	224
5.7 自我检测题	164	8.6 习题解答	227
第6章 三相电路	166	8.6.1 填空题解答	227
6.1 内容提要	166	8.6.2 选择题解答	228
6.1.1 三相电路基本概念	166	8.6.3 分析计算题解答	231
6.1.2 三相电路分析计算	167	8.7 自我检测题	243
6.1.3 三相电路功率	169	第9章 磁路和铁心线圈电路	245
6.1.4 安全用电	169	9.1 内容提要	245
6.2 基本要求和学习指导	170	9.1.1 磁路基本概念	245
6.3 典型例题解析	170	9.1.2 交流铁心线圈	247
6.4 复习思考题解答	175	9.1.3 铁心变压器	248
6.5 课堂练习题解答	177	9.1.4 电磁铁	249
6.6 习题解答	181	9.2 基本要求和学习指导	250
6.6.1 填空题解答	181	9.3 典型例题解析	251
6.6.2 选择题解答	182	9.4 复习思考题解答	252
6.6.3 分析计算题解答	184	9.5 课堂练习题解答	259
6.7 自我检测题	193	9.6 习题解答	261
第7章 非正弦周期电流电路	195	9.6.1 填空题解答	261
7.1 内容提要	195	9.6.2 选择题解答	263
7.1.1 非正弦周期信号谐波分析	195	9.6.3 分析计算题解答	265
7.1.2 非正弦周期电压电流的 分析计算	197	9.7 自我检测题	269
7.2 基本要求和学习指导	197	第10章 二端口网络	271
7.3 典型例题解析	198	10.1 内容提要	271
7.4 复习思考题解答	200	10.1.1 二端口网络基本概念	271
7.5 课堂练习题解答	202	10.1.2 二端口网络基本参数	271
7.6 习题解答	203	10.1.3 二端口网络的输入输出阻抗和 传输函数	272
7.6.1 填空题解答	203	10.1.4 二端口网络的连接	272
7.6.2 选择题解答	204	10.1.5 线性二端口网络的等效 电路	273
7.6.3 分析计算题解答	205	10.2 基本要求和学习指导	274
7.7 自我检测题	215	10.3 典型例题解析	274
第8章 互感电路和空心变压器	217	10.4 复习思考题解答	276
8.1 内容提要	217		

10.5 课堂练习题解答	278	10.6.3 分析计算题解答	282
10.6 习题解答	281	10.7 自我检测题	288
10.6.1 填空题解答	281	第 11 章 实验思考题解答	290
10.6.2 选择题解答	282	第 12 章 自我检测题答案	295

第 1 章 电路基本概念和基本定律

1.1 内容提要

1.1.1 电路基本概念

1. 电路和电路模型

(1) 电路：由若干理想元件连接而成的电流流通的路径。

(2) 组成部分：

1) 电源：作用是提供电能。

2) 负载：作用是应用电能、消耗电能。

3) 连接导线：作用是连接电源和负载，形成回路，让电流流通。

4) 控制器件：作用是控制电路的状态。例如，接通或断开电流流通的通路。

(3) 三种状态：通路、开路和短路。

(4) 电路模型：在一定条件下，忽略实际元件的次要特性，归结为足以表征其主要特性的理想元件。

电路模型主要有：电阻 R 、电感 L 、电容 C 、电压源 U_S 、电流源 I_S 和二端网络等。

2. 电路元件

第 1 章中介绍了 3 个电路模型元件：电阻、电压源和电流源。

(1) 电阻。

1) 定义： $R = \frac{U}{I}$ ，单位欧 [姆] (Ω)。

2) 导体电阻计算： $R = \rho \frac{l}{S}$ 。

3) 与温度的关系：

$$R_2 = R_1 + R_1 \alpha (t_2 - t_1)$$

α 为电阻温度系数，有正有负。

4) 电阻的伏安特性：电阻两端的电压 u_R 与流过电阻电流 i_R 之间的函数关系。

可分为线性电阻（伏安特性是一条直线）和非线性电阻（伏安特性是一条曲线），如图 1-1 所示。

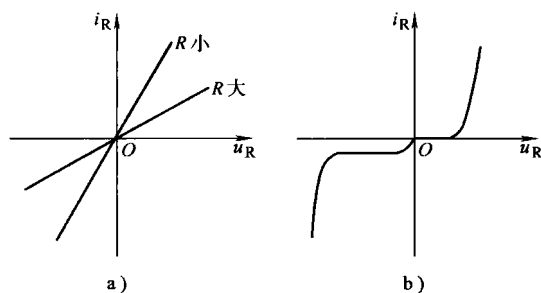


图 1-1 电阻的伏安特性

a) 线性电阻 b) 非线性电阻

5) 电导：电阻的倒数。用 G 表示， $G = \frac{1}{R}$ 。单位西 [门子]，符号为 S， $1S = 1\Omega^{-1}$ 。

(2) 理想电压源。

- 1) 定义：在任何情况下，端电压均能按给定规律变化的电路元件。
- 2) 特点：①端电压为定值（定规律）；②电流取决于外电路。
- 3) 实际电压源：由理想电压源 U_s 与电阻 R_s 串联组合。 R_s 越小，越接近理想电压源特性。

4) 输出电压方程： $U = U_s - IR_s$ 。

5) 伏安特性：以直流电压源为例，理想电压源的伏安特性，是一条平行于横轴的直线。实际电压源的伏安特性，是一条斜率为 $-R_s$ ，截距为 U_s 的直线。 R_s 越大，输出电流 I 增大时，在 R_s 上的压降越大，输出电压 U 下降越大。电压源的符号和伏安特性如图 1-2 所示。

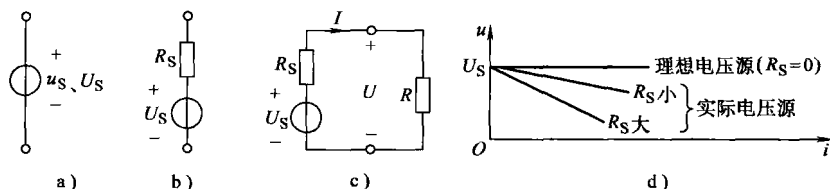


图 1-2 电压源

a) 理想电压源符号 b) 实际电压源组成 c) 连接电路 d) 伏安特性

(3) 理想电流源。

- 1) 定义：在任何情况下，输出电流均能按给定规律变化的电路元件。
- 2) 特点：①输出电流为定值（定规律）；②端电压取决于外电路。
- 3) 实际电流源：由理想电流源 I_s 与电阻 R_s 并联组成。 R_s 越大，越接近理想电流源特性。

4) 输出电流方程： $I = I_s - \frac{U}{R_s}$ 。

5) 伏安特性：以直流电流源为例，理想电流源的伏安特性，是一条平行于纵轴的直线。实际电流源的伏安特性，是一条斜率为 $-\frac{1}{R_s}$ ，在横轴上截距为 I_s 的直线。 R_s 越小，输出电压 U 增大时，在 R_s 上的分流越大，输出电流越小。电流源的符号和伏安特性如图 1-3 所示。

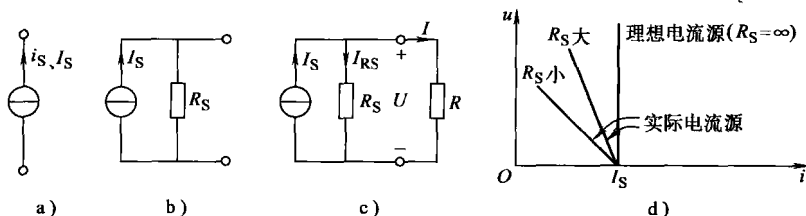


图 1-3 电流源

a) 理想电流源符号 b) 实际电流源组成 c) 连接电路 d) 伏安特性

3. 电路基本物理量

(1) 电流。

- 1) 定义： $i = \frac{dq}{dt}$ ，对稳恒直流： $I = \frac{q}{t}$ 。单位为安 [培] (A)。

2) 分类: 直流 (稳恒直流、脉动直流) 和交流 (正弦交流、非正弦交流)。

3) 参考方向: 任意选定。可用实线箭头或双下标表示。

4) 实际方向: 若电流为正值, 则实际方向与参考方向相同; 若电流为负值, 则实际方向与参考方向相反。

5) 正负值确定: 若实际方向与参考方向相同, 则电流为正值; 若实际方向与参考方向相反, 则电流为负值。

(2) 电压。

1) 定义: $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = U_A - U_B$, 单位为伏 [特] (V)。

2) 参考方向: 任意选定。用 “+”、“-” 极性 or 双下标表示。

3) 实际方向: 若电压为正值, 则实际方向与参考方向相同; 若电压为负值, 则实际方向与参考方向相反。

4) 正负值确定: 若实际方向与参考方向相同, 则电压为正值; 若实际方向与参考方向相反, 则电压为负值。

5) 关联参考方向: 电流与电压参考方向选为一致, 称为关联参考方向。

6) 电位: 任选一点为零电位参考点, 某点到该零电位参考点之间的电压称为电位, 记作 φ_A 或 U_A 。

(3) 电功率。

1) 定义: $p(t) = \frac{dW}{dt} = \pm ui$, 对直流: $P = \pm UI$, 单位为瓦 [特] (W)。

2) 吸收功率和发出功率: $p > 0$ 时为吸收功率, $p < 0$ 时为发出功率。

3) 电阻元件的功率: $P_R = \pm U_R I_R = I_R^2 R = \frac{U_R^2}{R}$, 恒为正值, 电阻是耗能元件。

4) 功率平衡: 在一个完整电路中, 任一瞬间, 吸收功率总和等于发出功率总和。

1.1.2 电路基本定律

有关电路的几个术语。

(1) 支路: 具有两个端钮且通过同一电流的每个分支 (至少包含一个元件)。

(2) 节点: 三条或三条以上支路的连接点。

(3) 回路: 电路中任一闭合路径。

(4) 网孔: 内部不含有支路的回路。

(5) 网络: 网络就是电路。

1. 欧姆定律

表达式: $u = \pm iR$ 。对直流: $U = \pm IR$

正负号取法: u 与 i 的参考方向相同时取正号; 相反时取负号。

2. 基尔霍夫电流定律 (KCL)

(1) 文字叙述: 在任一时刻, 任一节点上, 所有支路电流的代数和恒为零。

(2) 表达式: $\sum i = 0$ 。对直流: $\sum I = 0$ 或 $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$

(3) 正负号取法: 若设电流流进节点为正, 则流出节点为负; 若设电流流进节点为负,

则流出节点为正。

(4) 推论：①可推广应用于任一假设闭合面。即任一时刻，穿过任一假设闭合面的电流代数和恒为零。②若两个电网络之间只有一根导线连接，则该连接导线中电流为0。

3. 基尔霍夫电压定律 (KVL)

(1) 文字叙述：在任一时刻，沿任一回路，所有支路电压的代数和恒等于零。

(2) 表达式： $\sum u = 0$ 。对直流： $\sum U = 0$ 或 $\sum U_s = \sum IR$ 。

(3) $\sum u = 0$ 正负号取法：与绕行方向相同，取正号；与绕行方向相反，取负号。

$\sum U_s = \sum IR$ 正负号取法： $\sum IR$ ：同上； $\sum U_s$ ：与绕行方向相同，取负号；与绕行方向相反，取正号。

(4) 推论：①电路中两点间电压是定值，与计算时所沿路径无关。②可推广应用于任一不闭合电路。

(5) 独立方程数：对于具有 m 条支路、 n 个节点的电路，只能列出 $[m - (n - 1)]$ 个独立 KVL 方程。对于具有 n 个节点的电路，只能列出 $(n - 1)$ 个独立的节点电流方程。

1.2 基本要求和学习指导

1. 电路基本概念

(1) 电路和电路模型。

1) 理解电路和电路组成。

2) 理解电路模型概念，知道主要的电路模型。

(2) 电路元件。

1) 电阻。

① 理解电阻定义，知道导体电阻计算公式，知道电阻与温度的关系。

② 理解电阻的伏安特性及线性、非线性电阻的含义。

③ 知道电导与电阻的关系以及电导的单位。

2) 理想电压源。

① 理解理想电压源的定义及其特点。

② 理解实际电压源的组成，掌握伏安特性、输出电压方程及内阻 R_s 对输出特性的影响。

3) 理想电流源。

① 理解理想电流源的定义及其特点。

② 理解实际电流源的组成，掌握伏安特性、输出电流方程及内阻 R_s 对输出特性的影响。

(3) 电路基本物理量。

1) 电流。

① 理解电流的定义和分类概况。

② 掌握电流参考方向的设定以及与实际方向、电流正负值之间的关系。

2) 电压。

① 理解电压、电位的定义与两者之间的关系。

② 掌握电压参考方向的设定以及与实际方向、电压正负值之间的关系。

③ 知道关联参考方向。

3) 电功率。

① 理解电功率的定义, 掌握功率计算中正负号的取法。

② 理解吸收功率、发出功率和功率平衡的概念。

③ 知道电阻是耗能元件, 其功率恒为正值。

2. 电路基本定律

① 理解支路、节点、回路、网孔和网络等名称的概念。

② 熟练掌握欧姆定律的应用及其正负号取法。

③ 熟练掌握基尔霍夫电流定律 (KCL) 的应用及其正负号取法。

④ 熟悉 KCL 的两个推论及其应用。

⑤ 熟练掌握基尔霍夫电压定律 (KVL) 的应用及其正负号取法。

⑥ 熟悉 KVL 的两个推论及其应用。

⑦ 知道具有 m 条支路、 n 个节点的电路能列出的独立 KVL、KCL 方程数。

注意: 本章重点是理解电路的基本概念, 熟练掌握欧姆定律、基尔霍夫电流和电压定律的应用。难点是电流电压正负号的确定和参考方向的概念。

1.3 典型例题解析

【例 1-1】 已知电路如图 1-4 所示, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 4\Omega$, $U_{S1} = 20V$, $U_{S3} = 26V$, 试求支路电流 I_1 、 I_2 、 I_3 。

解: (1) 设定回路 I 和回路 II 的绕行方向, 如图 1-4 所示。

(2) 列出回路 KVL 方程:

$$\text{回路 I: } I_1 R_1 - I_2 R_2 - U_{S1} = 0$$

$$\text{回路 II: } I_2 R_2 - I_3 R_3 + U_{S3} = 0$$

(3) 列出节点 A 的 KCL 方程: $I_1 + I_2 + I_3 = 0$

(4) 代入数据, 联立求解方程组得: $I_1 = 1A$, $I_2 = -3A$,

$$I_3 = 2A$$

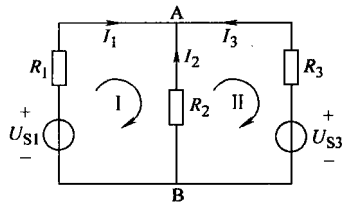


图 1-4 例 1-1 电路

说明: 1) 回路绕行方向即为电压电流关联参考方向, 列回路 KVL 方程时正负号取法均按此关联参考方向处理。

2) 根据 KCL, 还可列出节点 B 的 KCL 方程: $-I_1 - I_2 - I_3 = 0$, 但该方程可由节点 A 的 KCL 方程移项而得, 不是独立方程。对于具有 n 个节点的电路, 只能列出 $(n-1)$ 个独立的节点电流方程。

3) 根据 KVL, 还可列出由元件 U_{S1} 、 R_1 、 R_3 、 U_{S3} 组成的回路 (即由回路 I、II 组成的大回路) 的 KVL 方程: $I_1 R_1 - I_3 R_3 + U_{S3} - U_{S1} = 0$, 但该方程可由回路 I、回路 II 的 KVL 方程相加而得, 不是独立方程。对于具有 m 条支路、 n 个节点的电路, 只能列出 $[m - (n-1)]$ 个独立 KVL 方程。

4) 支路电流法可推广应用于更多节点、更多回路的电路求解各支路电流。支路电流法

是最基本的电路分析方法。

【例 1-2】 已知电路如图 1-5 所示, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 2\Omega$, $I_{S1} = 1A$, $U_{S2} = 2V$, $U_{S3} = 4V$, $U_{S4} = 6V$, $U_{S5} = 8V$, $U_{S6} = 10V$, 试以 o 点为参考点, 求 φ_a 、 φ_b 、 U_{ab} 。

解: (1) 选定回路电流 I 参考方向, 如图 1-5 所示。

(2) 列出回路 KVL 方程, 并求解回路电流 I :

$$-U_{S2} - U_{S3} + U_{S4} - U_{S5} + I(R_2 + R_3 + R_4 + R_5) = 0$$

$$I = \frac{U_{S2} + U_{S3} - U_{S4} + U_{S5}}{R_2 + R_3 + R_4 + R_5} = \left(\frac{2 + 4 - 6 + 8}{2 + 2 + 2 + 2} \right) A = 1A$$

(3) 求 φ_a 、 φ_b 、 U_{ab} :

$$\varphi_a = U_{ac} + U_{co} = -I_{S1}R_1 - IR_2 = (-1 \times 2 - 1 \times 2) V = -4V$$

$\varphi_b = U_{bd} + U_{do} = -U_{S6} + U_{S4} + IR_5 - U_{S5} = (-10 + 6 + 1 \times 2 - 8) V = -10V$ (注: bd 支路中无电流, R_6 压降为 0)

$$\begin{aligned} \varphi_b \text{ 也可另解: } \varphi_b &= U_{bd} + U_{dc} + U_{co} = -U_{S6} - IR_4 + U_{S3} - IR_3 + U_{S2} - IR_2 \\ &= [-10 - 1 \times (2 + 2 + 2) + 4 + 2] V = -10V \end{aligned}$$

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = [-4 - (-10)] V = 6V$$

说明: 从求解 φ_b 的两种方法中可得出: 两点间电压是定值, 与计算时所沿路径无关。

【例 1-3】 已知电路如图 1-6 所示, $U_S = 10V$, $I_S = 1A$, $R = 5\Omega$, 试求各元件功率, 并指出其发出或吸收功率。

解: (1) 图 1-6a 电路。

$$I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{U_S}{R} = \left(\frac{10}{5} \right) A = 2A$$

根据 KCL, 对于节点 A: $I_S = I_R + I_{U_S}$

$$\text{解得: } I_{U_S} = I_S - I_R = (1 - 2) A = -1A$$

电阻功率: $P_R = U_R I_R = U_S I_R = (10 \times 2) W = 20W$, P_R 为正值, 吸收功率。

电压源功率: $P_{U_S} = +U_S I_{U_S} = [10 \times (-1)] W = -10W$, P_{U_S} 为负值, 发出功率。

↑ 因 U_S 与 I_{U_S} 参考方向相同, 取正号

电流源功率: $P_{I_S} = -U_{I_S} I_S = -U_S I_S = (-10 \times 1) W = -10W$, P_{I_S} 为负值, 发出功率。

↑ 因 U_{I_S} 与 I_S 参考方向相反, 取负号

$P_R = P_{I_S} + P_{U_S}$, 吸收功率 = 发出功率, 功率平衡。

(2) 图 1-6b 电路。

$$U_R = I_S R = (1 \times 5) V = 5V$$

根据 KVL, $U_{I_S} = U_R + U_S = (10 + 5) V = 15V$

电阻功率: $P_R = U_R I_R = U_R I_S = (5 \times 1) W = 5W$, P_R 为正值, 吸收功率。

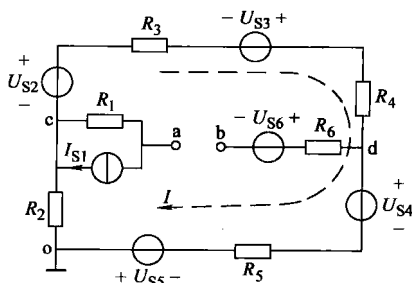


图 1-5 例 1-2 电路

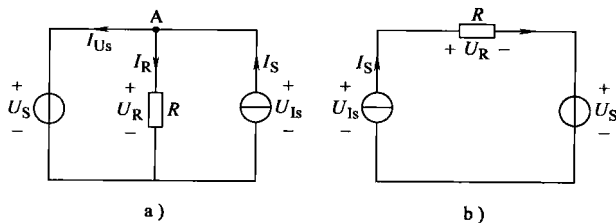


图 1-6 例 1-3 电路

电压源功率: $P_{U_s} = +U_s I_{U_s} = U_s I_s = (10 \times 1) \text{ W} = 10 \text{ W}$, P_{U_s} 为正值, 吸收功率。

↑ 因 U_s 与 I_{U_s} 参考方向相同, 取正号

电流源功率: $P_{I_s} = -U_{I_s} I_s = (-15 \times 1) \text{ W} = -15 \text{ W}$, P_{I_s} 为负值, 发出功率。

↑ 因 U_{I_s} 与 I_s 参考方向相反, 取负号

$P_R + P_{U_s} = P_{I_s}$, 吸收功率 = 发出功率, 功率平衡。

说明: 1) 电阻为耗能元件, 其功率恒为正值。若计算出来的电阻功率为负值, 则肯定出错。

2) 电压源和电流源虽是电源, 但在电路中不一定是发出功率, 有时也会吸收功率, 如图 1-6b 电路中的电压源。

3) 在一个完整的电路中, 各元件的吸收功率之和必然等于各元件的发出功率之和, 整个电路的吸收功率等于发出功率, 称为功率平衡。这一条也可作为检验计算功率是否有误的标准之一。

4) 例 1-3 是一道很典型的题目, 涉及内容包括欧姆定律、KVL、KCL、电流电压参考方向和吸收功率、发出功率等基本概念, 很有必要彻底搞清。求解此类题目时, 对于图 1-6a 电路, 属 3 个元件并联电路。并联电路的特点是元件两端电压相等, 等于电压源已知电压值, 可利用欧姆定律和 KCL 求出各支路电流, 然后求解各元件功率。对于图 1-6b 电路, 属 3 个元件串联电路。串联电路的特点是流过元件的电流相等, 等于电流源已知电流值, 可利用欧姆定律和 KVL 求出电阻 R 和电流源两端电压, 然后求解各元件功率。

1.4 复习思考题解答

1.1 什么叫电路? 一般由哪几部分组成? 每部分的作用是什么?

答: 由各种电气器件按一定方式连接的总体, 并可提供电流流通的路径, 称为电路或电网络。

电路由 4 个部分组成: (1) 电源。其作用是提供电能。(2) 负载。其作用是消耗电能、应用电能; 实现电路的功能要求。(3) 连接导线。其作用是连接电源和负载, 形成回路, 让电流流通。(4) 控制器件。其作用是控制电路的状态, 即接通或断开电流流通的通路。

1.2 什么叫电路模型?

答: 把实际器件近似化、理想化, 在一定条件下忽略其次要特性, 归结为足以表征其主要特性的理想元件, 称为电路模型。

1.3 电阻元件有什么特点?

答: ①对电流有阻碍作用; ②电流通过电阻元件要消耗电能, 即电阻是耗能元件; ③电流流过电阻后, 电压必定降低。即电流流过电阻会产生电压降, 在电阻两端有一定电压。

1.4 什么叫电阻的正温度系数和负温度系数?

答: 材料的电阻通常随温度变化而变化。温度上升电阻增大, 称为正温度系数, α 为正值; 温度上升电阻减小, 称为负温度系数, α 为负值。

1.5 什么叫线性电阻和非线性电阻?

答: 元件两端电压与流过元件的电流呈线性关系, 称为线性电阻, 其伏安特性是一条直线, 如普通电阻。