



高等院校规划教材

李中发 主 编
方厚辉 谢胜曙 张晚英 汤必红 副主编

电工技术学习指导与习题解答



注重学科体系的完整性，兼顾考研学生需要
强调理论与实践相结合，注重培养专业技能



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校规划教材

电工技术学习指导与习题解答

李中发 主编

方厚辉 谢胜曙 张晚英 汤必红 副主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书是根据李中发主编的《电工技术》编写的学习辅导书,每章分学习要求、学习指导、习题解答和习题与考研试题精选4个部分,附录有期末考试模拟试卷及其答案,以及习题与考研试题精选答案。

本书体现了作者长期从事电工技术教学研究和教学改革的经验 and 体会,明确指出了本课程的学习要求、重点、难点和考点,简明扼要地叙述了典型电路的各种分析计算方法以及各种概念和方法在解题过程中的应用,旨在帮助读者熟练掌握本课程的基本理论知识、重点、难点和考点,灵活运用电路的基本分析计算方法和技巧,扩展解题思路,全面提高应试能力和知识的综合应用能力。

本书可作为各类高等院校理工科非电类专业学生学习电工技术课程的参考用书,也可作为考研的复习用书,还可作为电工技术教师教学时的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术学习指导与习题解答 / 李中发主编. —北京:中国水利水电出版社, 2005

(21世纪高等院校规划教材)

ISBN 7-5084-3153-7

I. 电… II. 李… III. 电工技术—高等学校—教学参考资料 IV. TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第090647号

书 名	电工技术学习指导与习题解答
作 者	李中发 主编 方厚辉 谢胜曙 张晚英 汤必红 副主编
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 16印张 392千字
版 次	2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	23.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

随着计算机科学与技术的飞速发展,计算机的应用已经渗透到国民经济与人们生活的各个角落,正在日益改变着传统的人类工作方式和生活方式。在我国高等教育逐步实现大众化后,越来越多的高等院校会面向国民经济发展的第一线,为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为了大力推广计算机应用技术,更好地适应当前我国高等教育的跨越式发展,满足我国高等院校从精英教育向大众化教育的转变,符合社会对高等院校应用型人才培养的各类要求,我们成立了“21世纪高等院校规划教材编委会”,在明确了高等院校应用型人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系的框架下,组织编写了本套“21世纪高等院校规划教材”。

众所周知,教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱及基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索和建设适应新世纪我国高等院校应用型人才体系需要的配套教材已经成为当前我国高等院校教学改革和教材建设工作面临的紧迫任务。因此,编委会经过大量的前期调研和策划,在广泛了解各高等院校的教学现状、市场需求,探讨课程设置、研究课程体系的基础上,组织一批具备较高的学术水平、丰富的教学经验、较强的工程实践能力的学术带头人、科研人员和主要从事该课程教学的骨干教师编写出一批有特色、适用性强的计算机类公共基础课、技术基础课、专业及应用技术课的教材以及相应的教学辅导书,以满足目前高等院校应用型人才的需要。本套教材消化和吸收了多年来已有的应用型人才探索与实践成果,紧密结合经济全球化时代高等院校应用型人才工作的实际需要,努力实践,大胆创新。教材编写采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批地启动编写计划,编写大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论,以确保该套教材的高质量和实用性。

教材编委会分析研究了应用型人才与研究型人才在培养目标、课程体系和内容编排上的区别,分别提出了3个层面上的要求:在专业基础类课程层面上,既要保持学科体系的完整性,使学生打下较为扎实的专业基础,为后续课程的学习做好铺垫,更要突出应用特色,理论联系实际,并与工程实践相结合,适当压缩过多过深的公式推导与原理性分析,兼顾考研学生的需要,以原理和公式结论的应用为突破口,注重它们的应用环境和方法;在程序设计类课程层面上,把握程序设计方法和思路,注重程序设计实践训练,引入典型的程序设计案例,将程序设计类课程的学习融入案例的研究和解决过程中,以学生实际编程解决问题的能力为突破口,注重程序设计的实现;在专业技术应用层面上,积极引入工程案例,以培养学生解决工程实际问题的能力为突破口,加大实践教学内容的比重,增加新技术、新知识、新工艺的内容。

本套规划教材的编写原则是:

在编写中重视基础,循序渐进,内容精炼,重点突出,融入学科方法论内容和科学理念,反映计算机技术发展要求,倡导理论联系实际和科学的思想方法,体现一级学科知识组织的层次结构。主要表现在:以计算机学科的科学体系为依托,明确目标定位,分类组织实施,兼容互补;理论与实践并重,强调理论与实践相结合,突出学科发展特点,体现

学科发展的内在规律；教材内容循序渐进，保证学术深度，减少知识重复，前后相互呼应，内容编排合理，整体结构完整；采取自顶向下设计方法，内涵发展优先，突出学科方法论，强调知识体系可扩展的原则。

本套规划教材的主要特点是：

(1) 面向应用型高等院校，在保证学科体系完整的基础上不过度强调理论的深度和难度，注重应用型人才的专业技能和工程实用技术的培养。在课程体系方面打破传统的研究型人才培养体系，根据社会经济发展对行业、企业的工程技术需要，建立新的课程体系，并在教材中反映出来。

(2) 教材的理论知识包括了高等院校学生必须具备的科学、工程、技术等方面的要求，知识点不要求大而全，但一定要讲透，使学生真正掌握。同时注重理论知识与实践相结合，使学生通过实践深化对理论的理解，学会并掌握理论方法的实际运用。

(3) 在教材中加大能力训练部分的比重，使学生比较熟练地应用计算机知识和技术解决实际问题，既注重培养学生分析问题的能力，也注重培养学生思考问题、解决问题的能力。

(4) 教材采用“任务驱动”的编写方式，以实际问题引出相关原理和概念，在讲述实例的过程中将本章的知识点融入，通过分析归纳，介绍解决工程实际问题的思想和方法，然后进行概括总结，使教材内容层次清晰，脉络分明，可读性、可操作性强。同时，引入案例教学和启发式教学方法，便于激发学习兴趣。

(5) 教材在内容编排上，力求由浅入深，循序渐进，举一反三，突出重点，通俗易懂。采用模块化结构，兼顾不同层次的需求，在具体授课时可根据各校的教学计划在内容上适当加以取舍。此外还注重了配套教材的编写，如课程学习辅导、实验指导、综合实训、课程设计指导等，注重多媒体的教学方式以及配套课件的制作。

(6) 大部分教材配有电子教案，以使教材向多元化、多媒体化发展，满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用 PowerPoint 制作，教师可根据授课情况任意修改。相关教案的具体情况请到中国水利水电出版社网站 www.waterpub.com.cn 下载。此外还提供相关教材中所有程序的源代码，方便教师直接切换到系统环境中教学，提高教学效果。

总之，本套规划教材凝聚了众多长期在教学、科研一线工作的教师及科研人员的教学科研经验和智慧，内容新颖，结构完整，概念清晰，深入浅出，通俗易懂，可读性、可操作性和实用性强。本套规划教材适用于应用型高等院校各专业，也可作为本科院校举办的应用技术专业的课程教材，此外还可作为职业技术学院和民办高校、成人教育的教材以及从事工程应用的技术人员的自学参考资料。

我们感谢该套规划教材的各位作者为教材的出版所做出的贡献，也感谢中国水利水电出版社为选题、立项、编审所做出的努力。我们相信，随着我国高等教育的不断发展和高校教学改革的不深入，具有示范性并适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高等院校教学质量的提高。

我们期待广大读者对本套规划教材提出宝贵意见，以便进一步修订，使该套规划教材不断完善。

21 世纪高等院校规划教材编委会

2004 年 8 月

前 言

本书是根据李中发主编的《电工技术》编写的学习辅导书,每章分学习要求、学习指导、习题解答和习题与考研试题精选4个部分,附录有期末考试模拟试卷及其答案,以及习题与考研试题精选答案。每章的学习要求部分,按照教育部电工课程教学指导委员会最新制定的“电工技术(电工学I)课程教学基本要求”列出了该章主要内容的学习要求,指出了哪些内容要求理解或掌握,哪些内容要求能分析计算,哪些内容要求会正确应用,哪些内容只需一般了解。每章的学习指导部分,首先列出了该章的重点、难点和考点,然后对该章的重点内容和知识体系进行了精炼总结,提出了该章内容的学习方法,指出了学生在学习中的疑难之处,以便迅速掌握本章知识要点。每章的习题解答部分,给出了该章全部习题的解答,对大部分习题提出了解题思路与技巧,解题方法灵活多样,以便能对本章的基本概念、知识要点和解题方法融会贯通。每章的习题与考研试题精选部分,精心选择和设计了一些具有代表性的习题和研究生入学试题,以便进一步练习或考研复习时使用。

本书体现了作者长期从事电工技术教学研究和教学改革的经验 and 体会,明确指出了本课程的学习要求、重点、难点和考点,简明扼要地叙述了典型电路的各种分析计算方法,以及各种概念和方法在解题过程中的应用,旨在帮助你在尽可能短的时间内巩固课程基本概念,加深理解基本理论,熟练掌握电路的基本分析计算方法和技巧,扩展解题思路,全面提高应试能力和知识的综合应用能力。

本书由李中发担任主编,方厚辉、谢胜曙、张晚英、汤必红担任副主编,参加本书编写工作的还有:彭敏放、谭阳红、江亚群、邹津海、向阳、陈洪云、邓晓、姜燕、徐毅等。全书由李中发统稿。

限于编者水平,书中缺点错误在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见,以便修改。作者的E-mail地址为:li_zhongfa@tom.com。

编 者

2005年6月

目 录

序

前言

第 1 章 电路的基本概念和定律	1
1.1 学习要求	1
1.2 学习指导	1
1.2.1 电路及电路模型	1
1.2.2 电路的基本物理量	2
1.2.3 电路元件的伏安关系	3
1.2.4 电气设备的额定值与电路的工作状态	4
1.2.5 基尔霍夫定律	5
1.2.6 电位的概念及计算	5
1.3 习题解答	6
1.4 习题与考研试题精选	17
第 2 章 电路的基本分析方法	21
2.1 学习要求	21
2.2 学习指导	21
2.2.1 简单电阻电路分析	21
2.2.2 复杂电阻电路分析	22
2.2.3 电压源与电流源的等效变换	22
2.2.4 电路定理	23
2.2.5 含受控源电阻电路的分析	24
2.2.6 非线性电阻电路的分析	25
2.3 习题解答	25
2.4 习题与考研试题精选	49
第 3 章 单相正弦电路分析	52
3.1 学习要求	52
3.2 学习指导	52
3.2.1 正弦交流电的基本概念	52
3.2.2 正弦交流电的相量表示法	54
3.2.3 KCL、KVL 及元件伏安关系的相量形式	54
3.2.4 简单正弦电路的分析	55
3.2.5 正弦电路的功率	57

3.2.6	交流电路的频率特性	58
3.3	习题解答	60
3.4	习题与考研试题精选	83
第4章	三相正弦电路分析	87
4.1	学习要求	87
4.2	学习指导	87
4.2.1	三相正弦交流电源	87
4.2.2	三相电路中负载的连接	88
4.2.3	安全用电	90
4.3	习题解答	91
4.4	习题与考研试题精选	99
第5章	非正弦周期电流电路分析	101
5.1	学习要求	101
5.2	学习指导	101
5.2.1	非正弦周期信号的谐波分析	101
5.2.2	非正弦周期信号的有效值、平均值和平均功率	102
5.2.3	非正弦周期电流电路的计算	102
5.3	习题解答	103
5.4	习题与考研试题精选	113
第6章	一阶动态电路分析	115
6.1	学习要求	115
6.2	学习指导	115
6.2.1	换路定理	115
6.2.2	一阶动态电路的分析方法	116
6.2.3	零输入响应和零状态响应	118
6.2.4	微分电路与积分电路	119
6.3	习题解答	120
6.4	习题与考研试题精选	145
第7章	磁路与变压器	147
7.1	学习要求	147
7.2	学习指导	147
7.2.1	磁路	147
7.2.2	交流铁心线圈电路	149
7.2.3	变压器	149
7.3	习题解答	150
7.4	习题与考研试题精选	161
第8章	电动机	163

8.1	学习要求	163
8.2	学习指导	163
8.2.1	三相异步电动机的结构及转动原理	163
8.2.2	三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	164
8.2.3	三相异步电动机的运行与控制	165
8.2.4	三相异步电动机的选择与使用	166
8.2.5	单相异步电动机	166
8.2.6	直流电动机	167
8.3	习题解答	167
8.4	习题与考研试题精选	179
第 9 章	控制电机	181
9.1	学习要求	181
9.2	学习指导	181
9.2.1	伺服电动机	181
9.2.2	测速发电机	181
9.2.3	步进电动机	182
9.3	习题解答	182
9.4	习题与考研试题精选	185
第 10 章	继电接触器控制	186
10.1	学习要求	186
10.2	学习指导	186
10.2.1	常用控制电器	186
10.2.2	电气自动控制电路	187
10.2.3	电气自动控制电路分析方法	188
10.2.4	电气自动控制电路设计方法	188
10.3	习题解答	188
10.4	习题与考研试题精选	197
第 11 章	可编程控制器	200
11.1	学习要求	200
11.2	学习指导	200
11.2.1	PLC 的结构及工作原理	200
11.2.2	PLC 的编程语言和指令系统	201
11.2.3	PLC 梯形图的设计方法	203
11.2.4	PLC 应用控制系统设计方法	203
11.3	习题解答	203
11.4	习题与考研试题精选	213
第 12 章	电工测量	215

12.1	学习要求	215
12.2	学习指导	215
12.2.1	电工仪表的类型、误差和准确度	215
12.2.2	指针式仪表的结构及工作原理	216
12.2.3	电流、电压、功率和电能的测量	216
12.2.4	电阻的测量	218
12.3	习题解答	218
12.4	习题与考研试题精选	221
附录 A	期末考试模拟试卷	223
附录 B	期末考试模拟试卷答案	236
附录 C	习题与考研试题精选答案	240
参考文献		246

第 1 章 电路的基本概念和定律

1.1 学习要求

- (1) 理解电路模型及理想电路元件的伏安关系, 了解实际电源的两种模型。
- (2) 理解电压、电流的概念及参考方向的意义, 电功率的概念及其计算。
- (3) 了解电器设备额定值的意义和电路负载、开路和短路状态的特点。
- (4) 理解并能熟练应用基尔霍夫电流定律和电压定律。
- (5) 理解电位概念, 会分析计算电路中各点的电位。

1.2 学习指导

本章重点:

- (1) 电路元件的伏安关系。
- (2) 基尔霍夫定律及其应用。
- (3) 电路中电位的计算。

本章难点:

- (1) 电流、电压的参考方向及其应用。
- (2) 电路元件是电源还是负载的判别。
- (3) 电流源和理想电流源的概念及其应用。

本章考点:

- (1) 功率计算及其性质的判别。
- (2) 基尔霍夫定律及其应用。
- (3) 有源支路欧姆定律的应用。
- (4) 电路中电位的计算。

1.2.1 电路及电路模型

1. 电路及其功能

电路是为了某种需要而将某些电工设备或元件按一定方式组合起来构成的电流通路。电路的功能一是进行能量的转换、传输和分配, 二是实现信号的传递和处理等。

2. 电路的组成

电路由电源、负载和中间环节 3 个部分组成。电源是提供电能和设备, 其作用是将其其他形式的能量转换为电能; 负载是取用电能的设备, 其作用是将电能转换为其他形式的能量; 中间环节包括开关、连接导线等, 在电路中起传递、分配和控制电能的作用。

3. 电路模型

电路模型是由理想电路元件组成的电路, 简称电路。理想电路元件(此后理想两字略去)是在一定条件下突出元件主要的电磁性质, 忽略次要因素的理想化元件, 如电阻、电感、电容、理想电压源、理想电流源等。不提供能量的元件称为无源元件, 提供能量的元件称为有源元件。电路元件由相应的参数表征, 用规定的图形符号表示。本书所分析的都是电路模型。

1.2.2 电路的基本物理量

1. 电流

电流是由电荷有规则的定向运动形成的, 其大小为 $i = \frac{dq}{dt}$, 方向规定为正电荷定向运动的方向(或负电荷运动的相反方向)。

电流的正方向或参考方向是为了分析电路方便而任意选定的电流方向。当电流的实际方向与参考方向一致时, 电流为正值; 当电流的实际方向与参考方向相反时, 电流为负值。注意: 只有在参考方向选定之后, 电流的值才有正负之分。

2. 电压和电动势

(1) 电压。电场力把单位正电荷从电路的一点移动到另一点所做的功, 称为这两点间的电压, 即 $u = \frac{dW}{dq}$ 。

电压的方向规定为电位降低的方向, 电压的参考方向是任意选定的电压方向。

如果电流与电压参考方向一致, 则称为关联参考方向; 若电压与电流参考方向不一致, 则称为非关联参考方向, 如图 1.1 所示。

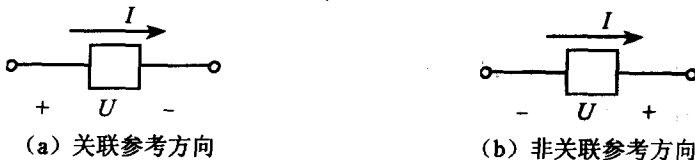


图 1.1 关联参考方向和非关联参考方向

(2) 电动势。电源力将单位正电荷由低电位端经过电源内部移动到高电位端所做的功称为电源的电动势, 用 e 表示。电动势的实际方向与电压实际方向相反, 规定为在电源内部由低电位端指向高电位端, 即电位升高的方向。

3. 电功率

电场力在单位时间内所做的功称为电功率, 简称功率, 用 p 表示。在计算功率时, 先要标出电压和电流的参考方向。当电压和电流参考方向关联时 $p = ui$; 当电压和电流参考方向非关联时 $p = -ui$ 。注意, 在功率计算公式中有两套正负符号: 其一是公式本身的符号; 其二是在参考方向选定之后, 电压和电流有正值和负值。

电路元件是电源还是负载的判别有两种方法:

(1) 根据电流和电压的实际方向判别: 若电流和电压的实际方向相同, 电流从高电位端流向低电位端, 则元件吸收功率, 为负载; 若电流和电压的实际方向相反, 电流从低电位端流向高电位端, 则元件放出功率, 为电源。

(2) 根据电流和电压的参考方向计算功率, 再根据功率的符号来判别: 若 $p > 0$, 则表示元件吸收功率, 为负载; 若 $p < 0$, 则表示元件放出功率, 为电源。

1.2.3 电路元件的伏安关系

1. 无源元件

常用的无源元件有电阻、电感和电容, 其符号如图 1.2 所示。

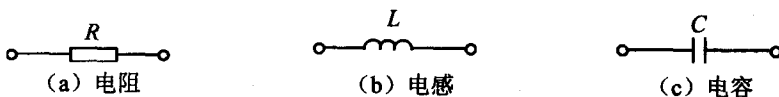


图 1.2 无源元件

(1) 电阻。电阻元件的伏安关系由欧姆定律确定: 当电压和电流参考方向关联时 $u = Ri$, 参考方向非关联时 $u = -Ri$ 。电阻的功率 $P = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R}$ 。

(2) 电感。电感的伏安关系为 $u = L \frac{di}{dt}$, 因此电感对于直流相当于短路。如果电压和电流参考方向非关联时, 则 $u = -L \frac{di}{dt}$ 。电感中存储的磁场能量 $W_L = \frac{1}{2} Li^2$ 。

(3) 电容。电容的伏安关系为 $i = C \frac{du}{dt}$, 因此电容对于直流相当于开路。如果电压和电流参考方向非关联时, 则 $i = -C \frac{du}{dt}$ 。电容中存储的电场能量 $W_C = \frac{1}{2} Cu^2$ 。

在运用元件的伏安关系时, 同样先要标出电压和电流的参考方向, 并且注意公式中也有两套正负符号: 其一是公式本身的符号; 其二是在参考方向选定之后, 电压和电流有正值和负值。

2. 有源元件

有源元件有理想电压源和理想电流源, 其符号和伏安特性如图 1.3 所示。

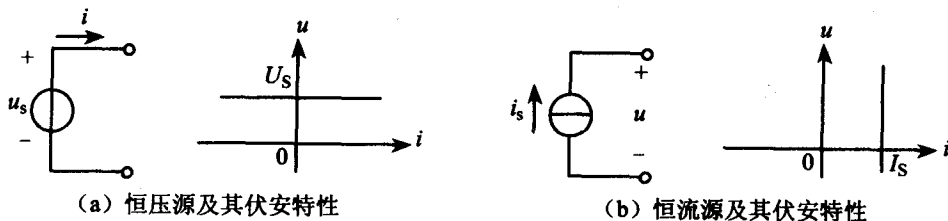


图 1.3 有源元件

(1) 理想电压源。理想电压源是一种能产生并能维持一定输出电压的理想电源元件, 又称恒压源。恒压源的电压 u_s 为确定的时间函数, 与流过的电流无关。直流恒压源的电压是定值 U_s 。恒压源中的电流可为任意值, 其值由外电路决定。注意: 恒压源不能短路, 否则流过的电流为无限大。

(2) 理想电流源。理想电流源是一种能产生并能维持一定输出电流的理想电源元件, 又称恒流源。恒流源的电流 i_s 为确定的时间函数, 与两端的电压无关。直流恒流源的电流是定值 I_s 。恒流源两端的电压可为任意值, 其值由外电路决定。注意: 恒流源不能开路, 否则其两端

的电压为无限大。

3. 实际电源的两种模型

实际电源有电压源和电流源两种模型，其符号如图 1.4 中虚线框内的电路所示。

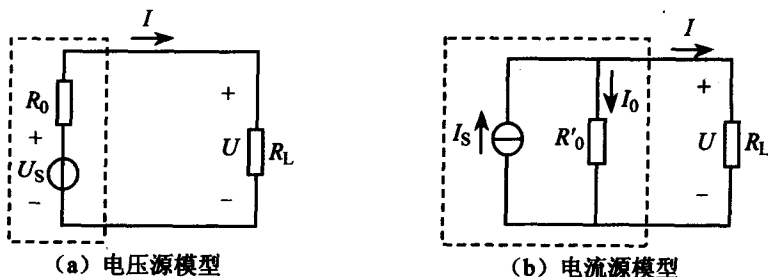


图 1.4 实际电源的两种电路模型

(1) 电压源。实际电压源可用一个恒压源 U_s 和内阻 R_0 串联的电路模型来表示，伏安关系为 $U_s = U + IR_0$ 。由于电压源的内阻 R_0 一般很小，所以电压源不允许短路，否则短路电流 $I_{sc} = \frac{U_s}{R_0}$ 很大，内阻的功耗很大，会烧毁电源。

(2) 电流源。实际电流源可用一个恒流源 I_s 与内阻 R'_0 并联的电路模型来表示，伏安关系为 $I_s = I + \frac{U}{R'_0}$ 。由于电流源的内阻 R'_0 一般很大，所以电流源不允许开路，否则开路电压 $U_{oc} = I_s R'_0$ 很高，内阻的功耗很大，会烧毁电源。

1.2.4 电气设备的额定值与电路的工作状态

1. 电气设备的额定值

电气设备的额定值是电气设备长期正常使用时允许施加的电压、电流及功率等的最大值。电压过高会使绝缘材料击穿，电流和功率过大会使设备过热损坏。不同电气设备所标的额定值不同。电气设备的电压、电流和功率的实际值不一定等于它的额定值。

2. 电路的工作状态

典型电路如图 1.5 所示。

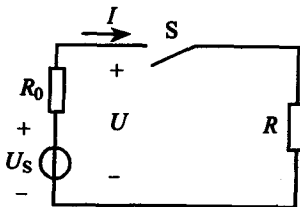


图 1.5 电路的工作状态

(1) 负载状态。图 1.5 中，开关 S 合上时电路的工作状态称为负载状态，这时电路的主要特征为 $I = \frac{U_s}{R_0 + R}$ ， $U = IR$ ， $U = U_s - IR_0$ ， $P = P_E - P_0$ ，其中 $P_E = U_s I$ 为电源产生的功率，

$P_0 = I^2 R_0$ 为电源内阻损耗的功率, $P = UI$ 为电源输出的功率。

(2) 开路(空载)状态。图 1.5 中, 开关 S 断开时电路的工作状态称为开路(空载)状态, 这时电路的主要特征为 $I = 0$, $U = U_{OC} = U_S$, $P = P_E = P_0 = 0$ 。

(3) 短路状态。图 1.5 中, 电源两端直接接通时的工作状态称为短路状态, 这时电路的主要特征为 $U = 0$, $I = I_{SC} = \frac{U_S}{R_0}$, $P = 0$, $P_E = P_0 = 0$ 。

1.2.5 基尔霍夫定律

1. 名词

(1) 支路。电路中两点之间通过同一电流的不分叉的一段电路称为支路。

(2) 节点。电路中 3 条或 3 条以上支路的连接点称为节点。

(3) 回路。电路中任一闭合的路径称为回路。

2. 基尔霍夫电流定律(KCL)

表述一: 在任一瞬时, 流入电路某一节点的电流之和必定等于从该节点流出的电流之和, 即 $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$ 。

表述二: 在任一瞬时, 通过任一个节点的电流的代数和恒等于零, 即 $\sum I = 0$ 。

运用上式列方程时, 可假定流入节点的电流为正, 流出节点的电流为负; 也可以作相反的假定, 即设流出节点的电流为正, 流入节点的电流为负。

基尔霍夫电流定律可推广到包围部分电路的任一假设的闭合面, 不论被包围部分的电路结构如何, 流入此封闭面的电流代数和恒等于零。

3. 基尔霍夫电压定律(KVL)

表述一: 在任一瞬时, 电路中任一回路沿绕行方向升高的电压之和等于降低的电压之和, 即 $\sum U_{\text{升}} = \sum U_{\text{降}}$ 。

表述二: 在任一瞬间, 电路中任一回路沿绕行方向各段电压的代数和恒等于零, 即 $\sum U = 0$ 。

运用上式列方程时, 一般假设电压参考方向与回路绕行方向一致时电压前取正号, 电压参考方向与回路绕行方向相反时电压前取负号。

对于电阻电路, 在任一回路绕行方向上, 回路中电阻上电压降的代数和等于回路中电压源电压的代数和, 即 $\sum IR = \sum U_S$ 。

运用上式列方程时, 电流参考方向与回路绕行方向一致时 IR 前取正号, 相反时取负号; 电压源电压方向与回路绕行方向一致时 U_S 前取负号, 相反时取正号。

基尔霍夫电压定律可推广到不闭合的电路上, 但要将开口处的电压列入方程。

1.2.6 电位的概念及计算

电路中某一点到参考点之间的电压, 称作该点的电位。电路中两点间的电压也可用这两点间的电位差来表示, 即 $U_{ab} = U_a - U_b$ 。

电路中任意两点间的电压是不变的, 与参考点的选择无关。电位是一个相对量, 其值随参考点选择的不同而不同。

1.3 习题解答

1.1 在如图 1.6 所示各电路中,

- (1) 元件 1 消耗 10W 功率, 求电压 U_{ab} 。
- (2) 元件 2 消耗 -10W 功率, 求电压 U_{ab} 。
- (3) 元件 3 产生 10W 功率, 求电流 I 。
- (4) 元件 4 产生 -10W 功率, 求电流 I 。

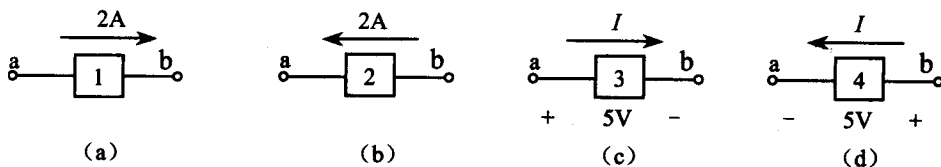


图 1.6 习题 1.1 的图

分析 本题考查电流、电压参考方向的关联性和功率, 题目不难, 但一不小心就容易出错。运用功率公式计算时, 电压和电流参考方向关联时采用公式 $P=UI$, 非关联时采用公式 $P=-UI$ 。此外, 由于元件 3 产生 10W 功率, 故 $P=-10\text{ W}$; 元件 4 产生 -10W 功率, 故 $P=-(-10)=10\text{ W}$, 实际上元件 4 吸收了 10W 功率。

解 (1) 元件 1 的电流与电压是关联参考方向, 根据功率计算公式得:

$$U_{ab} = \frac{P}{I} = \frac{10}{2} = 5 \text{ (V)}$$

(2) 元件 2 的电流与电压是非关联参考方向, 根据功率计算公式得:

$$U_{ab} = -\frac{P}{I} = -\frac{-10}{2} = 5 \text{ (V)}$$

(3) 元件 3 的电流与电压是关联参考方向, 根据功率计算公式得:

$$I = \frac{P}{U_{ab}} = \frac{-10}{5} = -2 \text{ (A)}$$

(4) 元件 4 的电流与电压是关联参考方向, 根据功率计算公式得:

$$I = \frac{P}{U_{ab}} = \frac{-(-10)}{5} = 2 \text{ (A)}$$

1.2 求如图 1.7 所示各电路中各电源的功率, 并指出是吸收功率还是放出功率。

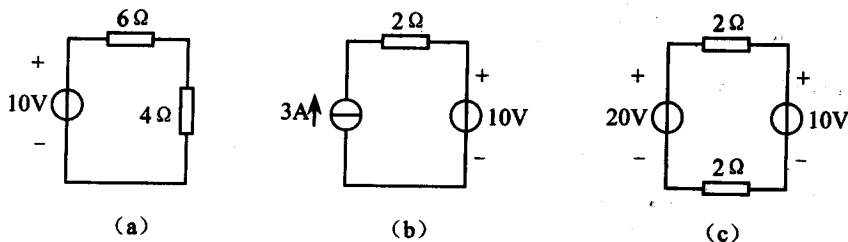


图 1.7 习题 1.2 的图

分析 计算电路时, 应先标出各待求元件或支路电流和电压的参考方向, 根据元件或支路电流和电压参考方向的关联关系确定待求量。一般情况下, 参考方向可直接标在原电路图中, 不必另画电路图。

解 标出各待求元件电流和电压的参考方向, 如图 1.8 所示。

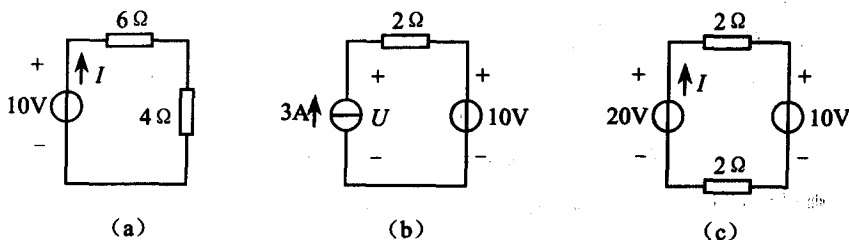


图 1.8 习题 1.2 解答用图

(1) 如图 1.8 (a) 所示, 电路中的电流为:

$$I = \frac{10}{6+4} = 1 \text{ (A)}$$

所以, 10V 电源的功率为:

$$P = -10I = -10 \times 1 = -10 \text{ (W)}$$

$P < 0$, 故 10V 电源放出功率。

(2) 如图 1.8 (b) 所示电路中, 3A 电源的电压为:

$$U = 2 \times 3 + 10 = 16 \text{ (V)}$$

所以, 3A 电源的功率为:

$$P_1 = -3U = -3 \times 16 = -48 \text{ (W)}$$

10V 电源的功率为:

$$P_2 = 10 \times 3 = 30 \text{ (W)}$$

根据计算结果可知, 3A 电源放出功率, 10V 电源吸收功率。

(3) 如图 1.8 (c) 所示电路中的电流为:

$$I = \frac{20-10}{2+2} = 2.5 \text{ (A)}$$

所以, 20V 电源的功率为:

$$P_1 = -20I = -20 \times 2.5 = -50 \text{ (W)}$$

10V 电源的功率为:

$$P_2 = 10I = 10 \times 2.5 = 25 \text{ (W)}$$

根据计算结果可知, 20V 电源放出功率, 10V 电源吸收功率。

1.3 在图 1.9 中, 5 个元件电流和电压的参考方向如图中所示, 今通过实验测量, 得知 $I_1 = -4\text{A}$, $I_2 = 6\text{A}$, $I_3 = 10\text{A}$, $U_1 = 140\text{V}$, $U_2 = -90\text{V}$, $U_3 = 60\text{V}$ 。

(1) 试标出各电流的实际方向和各电压的实际极性 (可另画一图)。

(2) 判断哪些元件是电源? 哪些是负载?

(3) 计算各元件的功率, 电源发出的功率和负载取用的功率是否平衡?

分析 本题共 3 个小题。第 (1) 小题应掌握电流、电压的实际方向与参考方向的关系: