

高职高专

现代信息技术系列教材

电路分析基础 学习辅导与习题解析

曾令琴 编



TM133

Z024



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高职高专现代信息技术系列教材

电路分析基础学习辅导与习题解析

曾令琴 编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电路分析基础学习辅导与习题解析/曾令琴编. —北京: 人民邮电出版社, 2004. 10
(高职高专现代信息技术系列教材)

ISBN 7-115-12628-3

I. 电... II. 曾... III. 电路分析—高等学校: 技术学校—教学参考资料 IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 101676 号

内 容 提 要

本书是《电路分析基础》的配套学习辅导书, 内容包括每章的基本概念及知识点和习题解析。全书共分 12 章, 分别为电路的基本概念和基本定律、电路原理及基本分析方法、单相正弦交流电路的基本知识、相量分析法、谐振、互感耦合电路和变压器、三相电路、电路的暂态分析、非正弦周期电流电路、二端口网络、均匀传输线和拉普拉斯变换。

本书既可配合《电路分析基础》使用, 也可作为学习电路分析的辅导资料单独使用。本书适用于高职高专院校电子、通信、自动化和计算机等专业, 也可作为中等职业学校相关专业的教材。

高职高专现代信息技术系列教材 电路分析基础学习辅导与习题解析

◆ 编 曾令琴
责任编辑 赵慧君

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67129259
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 8

字数: 186 千字

2004 年 10 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2004 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12628-3/TN · 2342

定价: 12.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

高职高专现代信息技术系列教材

编委会名单

主 编 高 林

执行主编 张强华

委 员 (以姓氏笔画为序)

吕新平 林全新 郭力平 程时兴

丛书前言

江泽民总书记早在十五大报告中提出了培养数以亿计高素质的劳动者和数以千万计专门人才的要求,指明了高等教育的发展方向。只有培养出大量高素质的劳动者,才能把我国的人数优势转化为人才优势,提高全民族的竞争力。因此,我国近年来十分重视高等职业教育,把高等职业教育作为高等教育的重要组成部分,并以法律形式加以约束与保证。高等职业教育由此进入了蓬勃发展时期,驶入了高速发展的快车道。

高等职业教育有其自身的特点。正如教育部“面向 21 世纪教育振兴行动计划”所指出的那样,“高等职业教育必须面向地区经济建设和社会发展,适应就业市场的实际需要,培养生产、管理、服务第一线需要的实用人才,真正办出特色。”因此,不能以本科压缩和变形的形式组织高等职业教育,必须按照高等职业教育的自身规律组织教学体系。为此,我们根据高等职业教育的特点及社会对教材的普遍需求,组织高等职业学校有丰富教学经验的老师,编写了这套《高职高专现代信息技术系列教材》。本套书已纳入教育部高职高专规划教材。

本套教材充分考虑了高等职业教育的培养目标、教学现状和发展方向,在编写中突出了实用性。本套教材重点讲述目前在信息技术行业实践中不可缺少的、广泛使用的、从业人员必须掌握的实用技术。即便是必要的理论基础,也从实用的角度、结合具体实践加以讲述。大量具体的操作步骤、许多实践应用技巧、接近实际的实训材料保证了本套教材的实用性。

在本套教材编写大纲的制定过程中,广泛收集了高等职业学院的教学计划,调研了多个省市高等职业教育的实际,反复讨论和修改,使得编写大纲能最大限度地符合我国高等职业教育的要求,切合高等职业教育实际。

在选择作者时,我们特意挑选了在高等职业教育一线的优秀骨干教师。他们熟悉高等职业教育的教学实际,并有多年的教学经验;其中许多是“双师型”教师,既是教授、副教授,同时又是高级工程师、认证高级设计师;他们既有坚实的理论知识,很强的实践能力,又有较多的写作经验及较好的文字水平。

目前我国许多行业开始实行劳动准入制度和职业资格制度,为此,本套教材也兼顾了一些证书考试(如计算机等级考试),并提供了一些具有较强针对性的训练题目。

对于本套教材我们将提供教学支持(如提供电子教案等),同时注意收集本套教材的使用情况,不断修改和完善。

本套教材是高等职业学院、高等技术学院、高等专科学院教材。适用于信息技术的相关专业,如计算机应用、计算机网络、信息管理、电子商务、计算机科学技术、会计电算化等。也可供优秀职高学校选作教材。对于那些要提高自己的应用技能或参加一些证书考试的读者,本套教材也不失为一套较好的参考书。

最后,恳请广大读者将本套教材的使用情况及各种意见、建议及时反馈给我们,以便我们在今后的工作中,不断改进和完善。

编者的话

本书是为人民邮电出版社出版的《电路分析基础》(曾令琴主编)配套编写的。本书一方面为给使用本教材教师提供方便,另一方面用来满足学习《电路分析基础》学生的需求,使学生在 学习时的目的更加明确,演算习题后可以方便地核对计算结果和检查计算方法,让教师和学生都能够比较顺利地 完成《电路分析基础》的教学和学习。

本书内容与《电路分析基础》一书密切相关,在内容的编排上突出教学要求和教学目标,注意培养学生的分析问题和解决问题的能力及创新精神,按照教学内容和教学进度给出了每节后检验学习结果部分的解析,对每章后面的习题进行了全部的解析,突出了分析和解决问题的思想和方法。本书中的习题只给出了一种解法,但并不一定是惟一的、最好的方法,只是为了抛砖引玉,开启读者的思路。

读者在使用本书时,可配合《电路分析基础》使用,或是在学习相关的电路分析类教材的基础上进行参阅。本书可作为高职高专弱电类各专业的教材,同样也可作为本科及中等职业学校的弱电类专业的教材,还可供有关工程技术人员自学使用。

本书在编写的过程中得到张学礼、李宏民等老师的帮助,在此表示感谢。由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免有错漏之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2004 年 8 月

目 录

第 1 章 电路的基本概念及基本定律	1
1.1 基本概念及知识点	1
1.2 检验学习结果解析	3
1.2.1 检验学习结果 1	3
1.2.2 检验学习结果 2	4
1.2.3 检验学习结果 3	6
1.2.4 检验学习结果 4	6
1.2.5 检验学习结果 5	7
1.2.6 检验学习结果 6	8
1.3 习题解答	9
第 2 章 电路的基本分析方法	16
2.1 基本概念及知识点	16
2.2 检验学习结果解析	17
2.2.1 检验学习结果 1	17
2.2.2 检验学习结果 2	18
2.2.3 检验学习结果 3	19
2.2.4 检验学习结果 4	19
2.2.5 检验学习结果 5	20
2.3 习题解答	21
第 3 章 单相正弦交流电路的基本知识	27
3.1 基本概念及知识点	27
3.2 检验学习结果解析	28
3.2.1 检验学习结果 1	28
3.2.2 检验学习结果 2	29
3.2.3 检验学习结果 3	30
3.3 习题解答	30
第 4 章 相量分析法	35
4.1 基本概念及知识点	35
4.2 检验学习结果解析	36
4.2.1 检验学习结果 1	36
4.2.2 检验学习结果 2	37
4.2.3 检验学习结果 3	37
4.2.4 检验学习结果 4	38
4.3 习题解答	39

第 5 章 谐振电路	47
5.1 基本概念及知识点	47
5.2 检验学习结果解析	48
5.2.1 检验学习结果 1	48
5.2.2 检验学习结果 2	49
5.2.3 检验学习结果 3	50
5.3 习题解答	50
第 6 章 互感耦合电路与变压器	53
6.1 基本概念及知识点	53
6.2 检验学习结果解析	54
6.2.1 检验学习结果 1	54
6.2.2 检验学习结果 2	55
6.2.3 检验学习结果 3	56
6.2.4 检验学习结果 4	56
6.2.5 检验学习结果 5	56
6.3 习题解答	57
第 7 章 三相电路	61
7.1 基本概念及知识点	61
7.2 检验学习结果解析	62
7.2.1 检验学习结果 1	62
7.2.2 检验学习结果 2	63
7.2.3 检验学习结果 3	64
7.2.4 检验学习结果 4	64
7.3 习题解答	65
第 8 章 电路的暂态分析	71
8.1 基本概念及知识点	71
8.2 检验学习结果解析	72
8.2.1 检验学习结果 1	72
8.2.2 检验学习结果 2	73
8.2.3 检验学习结果 3	75
8.2.4 检验学习结果 4	75
8.3 习题解答	76
第 9 章 非正弦周期电流电路	84
9.1 基本概念及知识点	84
9.2 检验学习结果解析	86
9.2.1 检验学习结果 1	86
9.2.2 检验学习结果 2	86
9.2.3 检验学习结果 3	88
9.2.4 检验学习结果 4	88

9.3 习题解答	89
第 10 章 二端口网络	95
10.1 基本概念及知识点	95
10.2 检验学习结果解析	97
10.2.1 检验学习结果 1	97
10.2.2 检验学习结果 2	97
10.2.3 检验学习结果 3	98
10.3 习题解答	99
第 11 章 均匀传输线	104
11.1 基本概念及知识点	104
11.2 检验学习结果解析	105
11.2.1 检验学习结果 1	105
11.2.2 检验学习结果 2	106
11.2.3 检验学习结果 3	106
11.2.4 检验学习结果 4	106
11.3 习题解答	107
第 12 章 拉普拉斯变换	109
12.1 基本概念及知识点	109
12.2 检验学习结果解析	110
12.2.1 检验学习结果 1	110
12.2.2 检验学习结果 2	111
12.2.3 检验学习结果 3	111
12.2.4 检验学习结果 4	112
12.3 习题解答	112

第 1 章 电路的基本概念及基本定律

电路分析基础是高职高专电类各专业的一门专业技术基础课程,也是非电专业的一门必修课。它介绍了有关电路的基本概念、基本定理及基本分析方法,是从事任何电类专业学习和工作的人员要掌握的必不可少的知识。本章介绍的内容是贯穿全书的基本理论基础,要求在学习中给予足够的重视。

本章的学习重点:

- 电路模型的概念和理想电路元件的概念;
- 电压、电流参考方向的概念及其与实际方向之间的联系,电功率的概念;
- 理想的无源元件、有源元件的概念;
- 基尔霍夫电流、电压定律的深刻理解和应用;
- 电路“等效”概念的建立及其电路“等效”的基本分析方法;
- 直流电路中电位的计算及其负载上获得最大功率的条件。

1.1 基本概念及知识点

1. 电路模型

电路理论是建立在一种科学的抽象——“电路模型”的概念和基础上进行阐述的。所谓电路模型,实际上是由一些理想电路元件构成的、与实际电路相对应的电路图。

对工程实际问题进行分析和研究时,往往在一个实际电路给定的情况下,首先对该电路进行模型化处理,并使模型电路的性状和实际电路的性状基本相同或十分逼近,然后借助于这种理想化的电路模型,对实际电路的问题进行分析和研究。利用电路模型分析和研究实际电路是一种科学的思维方法,也是工程技术人员应具备的素质之一。

2. 理想电路元件

理想电路元件是电路模型中不可再分割的基本构造单元并具有精确的数学定义。理想电路元件也是一种科学的抽象,可以用来表征实际电路中的各种电磁性质。例如“电阻元件”表征了电路中消耗电能的电磁特性;“电感元件”表征了电路中储存磁场能量的电磁特性;“电容”元件则表征了电路中储存电场能量的电磁特性。

实际电路中的实体部件上发生的电磁现象往往是复杂的、多元的,如电阻器、电炉等设备,它们除了具有消耗电能的特性外,还有磁场和电场方面的特性,分析时若把它们的全部电

磁特性都表征出来既有困难也不必要。本着突出主要矛盾、忽略次要因素的研究方法,电阻器和电炉等设备完全可以用理想的“电阻元件”来作为它们的数学模型。显然,理想电路元件是从实际电路器件中科学抽象出来的假想元件,可以看作是实际电路器件的一种“近似”。

理想电路元件简称为电路元件。虽然它们只能是实际电路器件的一种近似,但用它们及它们的组合可以相当精确地表征出实体电路器件的主要电磁特性。如工频条件下的电感线圈,其电路模型就可以用一个“电阻元件”和一个“电感元件”的串联组合来表征;一个实际的直流电压源的电路模型则可以用一个“电阻元件”和一个“理想电压源”的串联组合来表征等。学习时注意理解各种理想电路元件的严格定义,区分实际电路元器件与理想电路元件之间的联系和差别。书中如无特殊说明,注意各理想电路元件都是指线性元件。

3. 参考方向和实际方向

正电荷移动的方向规定为电流的实际方向;电路中两点从高到低的方向规定为电压的实际方向。有了实际方向为什么还要引入参考方向,它们之间有什么样的差别和联系,这是学习时必须首先要搞清楚的问题。

电压、电流的实际方向即指它们的真实方向,是客观存在的;参考方向则是指电路图上标示的电压、电流的箭头方向,是人为任意假定的。在分析和计算电路时,常常无法正确判断出电压、电流的真实方向,因此按照人们的主观想象,在电路图中标出一个假定的电压、电流方向,这就是参考方向。电路图上的参考方向一旦标定,在整个电路分析计算过程中就不容改变。参考方向提供了电压、电流方程式中各量前面正、负号确定的依据。对方程求解的结果,若电压、电流得正值,说明标定的电压、电流参考方向与电压、电流的实际方向相符;若方程求解的结果是负值,则说明假定的参考方向与实际方向相反。

在电路分析和计算中,参考方向的概念十分重要,如果在计算电路时不标示电压、电流的参考方向,显然,方程式中各量的正、负就无法确定。本章强调了电路响应的“参考方向”在电路分析中的重要性。

4. 电路分析中的基本电量

虽然在中学已经从物理概念上接触过电压、电流、电动势及电功率这些电量,但在本章的学习中,要从工程应用的角度上重新理解电压、电流、电动势及电功率这些电量的概念,并把它们与参考方向联系在一起加以理解。

在电路分析中,电压就是电路中两点电位之差,是产生电流的根本原因;电流通过电路元件时,必然产生能量转换;电动势只存在于电源内部,其大小反映了有源元件能量转换的本领;电气设备上标示的额定电功率,表征了设备本身能量转换的本领。电路分析过程中,当假定一个电路元件是负载时,就把这个元件两端的电压与通过这个元件上电流的参考方向设立为“关联方向”,关联方向下元件吸收功率;如果假定一个电路元件是电源,就把该元件上的电压、电流参考方向设为“非关联方向”,非关联方向下元件输出功率。

5. 欧姆定律和基尔霍夫定律

欧姆定律和基尔霍夫电流定律、基尔霍夫电压定律统称为电路的三大基本定律,它们反映了电路中的两种不同约束。欧姆定律阐述和解决的是某一元件对于电路基本变量(即元件两端电压与通过元件的电流)的约束关系;而基尔霍夫两定律阐述和解决的是电路元件串、并联后,电路的整体结构对电路基本变量(回路中的电压和结点上的电流)的约束关系,在学习中应把这两种不同的约束关系加以区别。

学习电路基本定律时要注意它们的适用范围：仅限于对集总参数电路的分析。所谓的集总参数电路是指电路中的电磁能量只储存和消耗在元件上，并且各元件间是用无阻、无感的理想导线相连接，导线与电路各部分之间的电容也都可以忽略的电路。换句话说，只要电路的尺寸远小于电路中最高频率所对应的波长，不管其连接方式如何，都可以称为集总参数电路。

6. 电流源和电压源

理想电流源简称电流源，由于它向外输出的电流值恒定，也常称为恒流源。注意恒流源两端的电压是由它和外电路共同决定的；理想电压源简称电压源，由于它向外输出的电压值恒定，因此也称为恒压源。注意恒压源上通过的电流值是由它和外电路共同决定的。学习时应掌握两种理想电源的基本性质和特点，分析时可借助伏安特性将两种电源进行对比，从而加深理解，在此基础上，认识实际电源与理想电源之间的区别与联系。实际电源两种模型之间等效互换时，一定注意电源模型连接的端钮位置不能挪动，连接在两个电路端钮上的电压源模型变换为电流源模型时（或电流源模型变换为电压源模型时），电源的内阻不变，只是电流源的数值等于电压源的数值除以其内阻（或电压源的数值等于电流源的数值乘以其内阻）。

7. 受控源

受控源也是一个理想的二端电路元件，学习受控源关键在于理解“受控”二字。受控源受电路中某处电压（或电流）的控制，当控制量存在时，受控源起电源的激励作用；若控制量不存在时，受控源相当于一个无源元件。通过受控源和独立源的相互比较，深入理解受控源的本质。

8. 电桥

学习电桥电路，主要掌握电桥的平衡条件：对臂电阻的乘积相等。电桥平衡时，桥支路两端等电位，因此桥支路上无电流。利用电桥的平衡关系，学习解决实际问题的方法。

9. 负载获得最大功率的条件

电子技术中，常常希望在放大器的负载上获得最大的功率输出，这就需要了解负载上获得最大功率的条件是什么。在电源一定的条件下，负载太大，将造成输出电流小而使负载上获得的功率也小；负载太小，又会造成输出电流太大从而使电源内阻损耗增大，负载上也不能获得最大功率。只有在负载电阻等于电源内阻时，负载上方可获得最大功率。由于负载获得最大功率时电源利用率只有 50%，所以在电力系统中不考虑。

10. 电路“等效”

本章初步接触到了电路“等效”的问题，电路等效是贯穿电路分析基础全课程的一条主线。学习时应深刻领会电路的“等效”概念：等效是指对等效变换之外的电路部分效果相同，对等效变换的电路部分效果一般不相同。熟悉并初步练习和掌握电路“等效”的基本方法。

1.2 检验学习结果解析

1.2.1 检验学习结果 1

1. 电路由哪几部分组成，各部分的作用是什么？

解析：电路一般由电源、负载和中间环节三大部分组成。电源是电路中提供电能的装置，其作用是将其其他形式的能量转换成电能；负载是电路中接收电能的装置，其作用是将电能转换成其他形式的能量；中间环节包括连接导线、开关、控制保护设备及测量机构，它们是电源和负载之间不可缺少的连接和控制部件，起着传输和分配能量、控制和保护电气设备的作用。

2. 试述电路的功能。

解析：电路的功能可概括为两大类：在电力系统中，电路的主要功能是对电能进行传输、分配和转换；在电子技术中，电路的主要功能是实现对电信号的传递、变换、储存和处理。

3. 什么是理想电路元件？如何理解“理想”二字在实际电路中的含义？什么是电路模型？

解析：理想电路元件是从实际电路器件中科学抽象出来的假想元件，由严格的定义来精确地加以阐述，理想电路元件是具有单一电或磁特性的简单电路模型单元。

电路理论中研究的都是由理想元件构成的、与工程应用中的实际电路相对应的电路模型。在实际的电路中，“理想”电路元件是不存在的。对于白炽灯、电炉等设备，之所以在研究时，可以把它们作为一个“理想”的电阻元件进行分析和研究，就是因为它们在实际电路中表现的主要电磁特性是耗能，其余电磁特性与耗能的电特性相比可以忽略；工频电路中的电感线圈之所以用一个电阻元件和一个电感元件的串联组合来表征，原因就是工频情况下，电感线圈的主要电磁特性就是线圈的耗能和储存磁场能量，其余电磁特性可以忽略。从上述分析可以把“理想”二字在实际电路中的含义解释为：“理想”就是一种与实际电路部件特性的“基本相似”或“逼近”。采用“理想”化模型分析实际问题，就是抓住实际电路中的主要因素，忽略其中的次要因素，预测出实际电路的性状，从而根据需要设计出各种更好的电路。

电路理论是建立在模型概念基础上的，用理想化的电路模型来描述电路是一种十分重要的研究方法。由理想电路元件构成的、与实际电路相对应的电路图称为电路模型。

4. 说明集总参数元件的特征，如何在电路中区分电源和负载？

解析：集总参数元件的特征就是，在元件中所发生的电磁过程都集中在元件内部进行，是次要因素可以忽略的理想化电路元件。对于集总参数元件，任何时刻从元件一端流入的电流，恒等于从元件另一端流出的电流，并且元件两端的电压值是完全确定的。

在电路中区分电源和负载的方法，一般是根据计算的结果来确定：若元件输出功率（即元件两端电压与通过元件的电流的实际方向为非关联方向），说明元件是电源；若元件吸收功率（即元件两端电压与通过元件的电流的实际方向为关联方向），说明元件是负载。在计算前，一般要根据元件两端电压和通过元件中的电流的参考方向来假定：当电路模型中所标示的电压、电流为非关联参考方向时，应按电源处理；若电路模型中标示的电压、电流为关联参考方向时，就要按负载处理。而确定元件的真实性质，则要根据分析计算的结果来定。

1.2.2 检验学习结果 2

1. 如图 1.1 (a) 所示，若已知元件吸收功率为 -20W ，电压 $U=5\text{V}$ ，求电流 I 。

解析：图 1.1 (a) 中元件两端的电压、电流为关联参考方向，显然是把元件假想为一个负载。关联参考方向下：

$$I = \frac{P}{U} = \frac{-20}{5} = -4 \text{ A}$$

电流得负值，说明通过元件中的电流的实际方向与参考方向相反，因此该元件实际上是一个电源。

2. 如图 1.1 (b) 所示，若已知元件中通过的电流 $I = -100 \text{ A}$ ，元件两端电压 $U = 10 \text{ V}$ ，求电功率 P ，并说明该元件是吸收功率还是输出功率。

解析：图 1.1 (b) 中元件上的电压与电流为非关联参考方向，在非关联参考方向下，显然是把元件假想为一个电源，因此元件输出的功率为

$$P' = UI = 10 \times (-100) = -1000 \text{ W}$$

元件输出负功率，实际上是吸收功率，因此图 1.1 (b) 中元件实际上是一个负载。

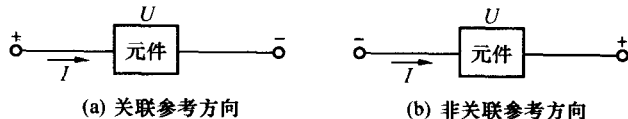


图 1.1 电压、电流参考方向

3. 电压、电位、电动势有什么异同？

答：电压、电位和电动势三者定义式的表达形式相同，因此它们的单位相同，都是伏特 (V)；电压和电位是反映电场力做功能力的物理量，电动势则是反映电源力做功能力的物理量；电压和电位既可以存在于电源外部，还可以存在于电源两端，而电动势只存在于电源内部；电压的大小仅取决于电路中两点电位的差值，因此是绝对的量，其方向由电位高的一点指向电位低的一点，因此也常把电压称为电压降；电位只有高、低、正、负，没有方向之分，其高、低、正、负均相对于电路中的参考点而言，因此电位是相对的量；电动势的方向由电源负极指向电源正极。

4. 电功率大的用电器，电功也一定大，这种说法正确吗？为什么？

解析：用电器铭牌上标示的电功率 P 的大小，反映了用电器能量转换的本领，是从制造厂出来就确定了的；电功 W 的大小则反映了用电器实际耗能的多少，因为 $W = Pt$ ，显然电功的大小与用电时间的长短有关。电功率再大的用电器，如果没有与电源接通，即 $t = 0$ 时，电功 $W = Pt = 0$ 。所以，电功率大的用电器，电功也一定大的说法是错误的。

5. 在电路分析中，引入参考方向的目的是什么？应用参考方向时，会遇到“正、负”、“加、减”及“相同、相反”这几对词，你能说明它们的不同之处吗？

解析：电路分析中之所以引入参考方向，目的是给分析和计算电路提供方便和依据。应用参考方向时遇到的“正、负”，是指在参考方向下，电压和电流的数值前面的正、负号已知，若参考方向下一个电流为“ -2 A ”，说明它的实际方向与参考方向相反，参考方向下一个电压为“ $+20 \text{ V}$ ”，说明该电压的实际方向与参考方向一致；“加、减”是指在参考方向下，列写电路方程式时各量前面的正、负号；“相同、相反”则是指电压、电流是否为关联参考方向，电压、电流参考方向“相同”是指二者为关联参考方向，即电流流入端为电压的高极性端；“相反”是指电压、电流为非关联参考方向，即电流由电压的低极性一端流入。

1.2.3 检验学习结果 3

1. 请根据自己的理解来说明什么是支路、回路、结点和网孔。

解析：支路就是指连接在电路中两点之间的一段无分岔电路，且这段无分岔电路中可能是一个也可能是几个元件串联，但串联各元件中通过的电流相同；回路是指电路中的任何一个闭合路径；3 条或 3 条以上支路的汇集点称为结点；网孔则是平面电路图上内部不包含支路的闭合路径。

2. 说明欧姆定律和基尔霍夫定律在电路的约束上有什么不同。

解析：欧姆定律反映的是线性电阻元件特性对元件本身电压、电流的约束；基尔霍夫定律反映的是元件之间连接时给支路上电压与电流造成的约束。因此，在利用欧姆定律时，只需考虑元件本身的特点而不必考虑元件之间的关系；当利用基尔霍夫定律时，考虑的则是元件之间的联系或电路的整体结构，不需要考虑元件本身的特性。

3. 在应用 KCL 定律解题时，为什么要首先约定流入、流出结点电流的参考方向？计算结果电流为负值说明了什么问题？

解析：应用 KCL 定律解题时，首先假定和标示出汇集到结点上的各支路电流的参考方向，才能根据这些参考方向确定电流方程中各电流前面的正、负号；计算结果电流为负值，则说明电路图上标示的电流参考方向与该电流的实际方向相反。

1.2.4 检验学习结果 4

1. 理想电压源和理想电流源各有什么特点？它们与实际电源的主要区别在哪里？

解析：实际电压源总是存在内阻的，在电路分析中实际电压源是用一个理想电压源和一个电阻元件的串联组合来表征的。因此电源内阻越大分压越多，对外输出的电压就越小。在应用中总是希望实际电压源的内阻越小越好，当内阻为零时就成为理想电压源。理想电压源由于不存在内阻上的分压问题，因此输出的电压值恒定，但通过理想电压源的电流则由它和外电路共同决定；实际电流源也总是存在内阻的，实际电流源一般用一个理想电流源和一个电阻元件并联作为它的电路模型，并联电阻可以分流，因此电源内阻越小分流就越多，对外输出的电流就越小。在应用中希望实际电流源的内阻越大越好，当实际电流源的内阻为无穷大时，就成为一个理想的电流源。理想电流源由于内阻无穷大而不存在分流问题，因此输出的电流值恒定，但理想电流源两端电压则要由它和外电路共同决定。

2. 碳精送话器的电阻随声音的强弱变化，当电阻阻值由 300Ω 变至 200Ω 时，假设由 $3V$ 的理想电压源对它供电，电流变化多少？

解析：送入碳精送话器中的声音越强，其电阻越小，电流就越大，当电阻分别为 300Ω 、 200Ω 时，电流分别为 $\frac{3}{200} \approx 0.015A$ 和 $\frac{3}{300} = 0.01A$ 。由计算结果表明，在 $3V$ 理想电压源对它供电的情况下，电流在 $0.01A \sim 0.015A$ 之间变化。

3. 实际电压源的电路模型如图 1.2 (a) 所示，已知 $U_s = 20V$ ，负载电阻 $R_L = 50\Omega$ ，当电压源内阻分别为 0.2Ω 和 30Ω 时，流过负载的电流各为多少？由计算结果可说明什么问题？

解析：当 $R_U' = 0.2\Omega$ 时， $I = \frac{20}{0.2 + 50} \approx 0.4A$

$$\text{当 } R_U'' = 30\Omega \text{ 时, } I = \frac{20}{30+50} = 0.25\text{A}$$

由计算结果可知, 实际电压源的内阻越小越好。内阻太大时, 电源内阻上分压过多, 致使对外输出的电压过低, 从而造成电源利用不充分。

4. 当电流源内阻很小时, 对电路有什么影响?

解析: 电流源的内阻和负载是并联关系, 如图 1.2 (b) 所示, 并联可以分流。因此当电流源内阻较小时, 它分配到内阻上的电流就会较大, 从而造成分配给外电路负载的电流相应较小, 由此不仅使电源的利用率太低, 还会造成内阻过热而不利干电源。

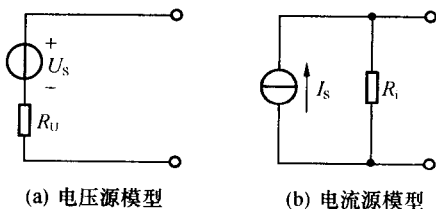


图 1.2 实际电源的两种电路模型

1.2.5 检验学习结果 5

1. 图 1.3 (a) 所示电路中, 设 $U_{S1} = 2\text{V}$ 、 $U_{S2} = 4\text{V}$ 、 $R_{U1} = R_{U2} = R = 2\Omega$ 。求图 1.3 (c) 电路中的理想电流源、图 1.3 (d) 中的理想电压源输出的功率, 再分别求出两等效电路中负载 R 上吸收的功率。根据计算结果, 可以得出什么样的结论?

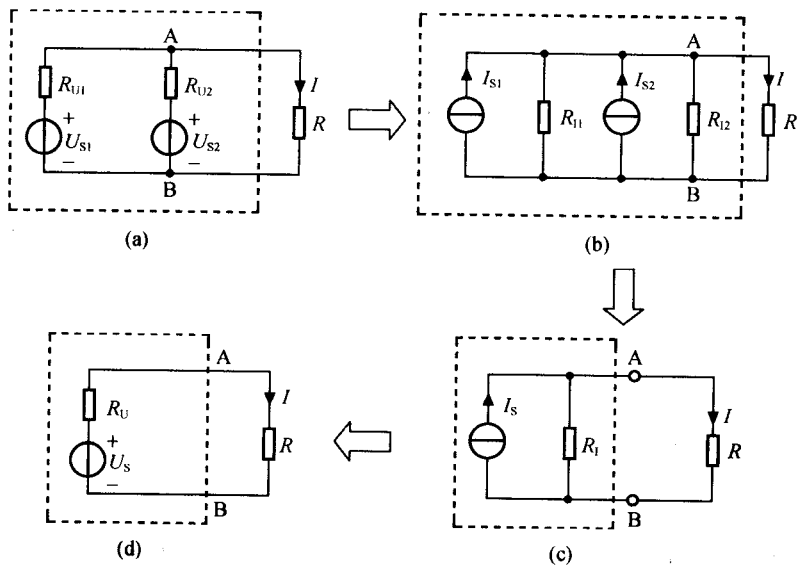


图 1.3 1.2.5 节题 1 电路图

解析: 首先把图 1.3 (a) 电路中的两个电压源模型变换为图 1.3 (b) 中的两个电流源模型, 则有

$$I_{S1} = \frac{U_{S1}}{R_{U1}} = \frac{2}{2} = 1\text{A}, \quad I_{S2} = \frac{U_{S2}}{R_{U2}} = \frac{4}{2} = 2\text{A}$$

$$R_{U1} = R_{U2} = R_{U1} = 2\Omega$$

因此, 图 1.3 (c) 中的电流源模型和图 1.3 (d) 中的电压源模型为

$$I_S = I_{S1} + I_{S2} = 1 + 2 = 3\text{A}, \quad R_1 = R_{U1} \parallel R_{U2} = 2 \parallel 2 = 1\Omega$$

$$U_S = I_S \times R_1 = 3 \times 1 = 3\text{V}, \quad R_U = R_1 = 1\Omega$$

求出图 1.3 (c) 中端电压 U_{AB} 和图 1.3 (d) 中电流 I 。

$$U_{AB} = I_S \times (R_1 // R) = 3 \times (1 // 2) = 2V$$

$$I = \frac{U_S}{R_U + R} = \frac{3}{1+2} = 1A$$

所以, 图 1.3 (c) 电路中理想电流源输出的功率为

$$P_{I_{\text{源}}} = I_S \times U_{AB} = 3 \times 2 = 6W$$

电阻 R 上吸收的功率为

$$P = \frac{U_{AB}^2}{R} = \frac{2^2}{2} = 2W$$

图 1.3 (d) 中的理想电压源输出的功率为

$$P_{U_{\text{源}}} = I \times U_S = 1 \times 3 = 3W$$

电阻 R 上吸收的功率为

$$P = I^2 R = 1^2 \times 2 = 2W$$

计算结果表明, 随着电路之间的“等效”变换, 电压源模型变换成了电流源模型, 但变换前后电源模型中的两种理想电源输出的功率不同。这是因为理想电压源和理想电流源都属于无穷大功率源, 它们二者之间是没有“等效”而言的。“等效”变换前后电阻 R 上消耗的功率相同, 表明电源变换前后对其内部来讲效果不同, 但变换前后的电源部分对电阻 R 的作用效果是相同的。

2. 用电阻的串、并联公式解释一下“等效”的真实含义, 结合题 1, 说说你的看法。

解析: 几个电阻并联 (或串联) 后接在一个电源上, 电源产生的总电流为 I , 一个电阻 R 接在同一个电源上, 电源产生的电流也是 I , 就把电阻 R 称为这几个并联 (或串联) 电阻的“等效”电阻。显然“等效”是指在相同的外部条件下作用效果相同。由题 1 也可说明这一点, 图中的电阻 R , 无论它之外的电路发生什么样的“等效”变换, 但“等效”变换后的电路部分并不改变流过电阻 R 的电流和它两端所加的电压, 这一点充分说明了“等效”是指对“等效”变换部分之外的电路作用效果相同, 而对“等效”变换的部分来讲, 一般作用效果是不同的。

1.2.6 检验学习结果 6

1. 电桥平衡的条件是什么? 电桥不平衡条件下和平衡条件下有什么区别?

解析: 电桥平衡的条件是 4 个桥臂电阻中, 对臂电阻的乘积相等。电桥平衡条件下, 由于桥支路不起作用可以拿掉, 因此, 两两桥臂即构成了串联, 此时电桥电路的结构变成了可用串、并联公式及欧姆定律进行分析的简单电路; 当电桥不平衡时, 桥支路就要起作用, 这时的电桥电路中, 各桥臂电阻之间既不是并联关系, 又不是串联关系, 因此属于复杂电路。

2. 计算电路中某点电位时的注意事项有哪些? 在电路分析过程中, 能改动参考点吗?

解析: 电位是相对于参考点才能确定的量。因此在计算电路中某点电位时, 应注意首先选定电路参考点。电路参考点一经选定, 在电路分析和计算过程中就不允许再改变。计算电路中某点电位, 可从该点选择一条到达参考点的闭合路径, 沿路径上所有元件上电压降的代数和就等于该点的电位, 即电路中某点电位的数值, 实际上等于该点到参考点的电压。计算