

21世纪高等理工科重点课程辅导丛书

电工电子技术 学习指导

叶 淬 主编



化学工业出版社

21 世纪高等理工科重点课程辅导丛书

电工电子技术学习指导

叶 淬 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书为《电工电子技术(第三版)》(叶淬主编)的学习辅导教材。全书与教程《电工电子技术(第三版)》相对应分为十四章,第一至七章为电工技术内容,第八至十四章为电子技术相关内容。

全书以简洁明了的叙述,概述了各章的重点和难点,对学习电工电子技术有很好的指导作用。对《电工电子技术(第三版)》书后的典型习题进行了详细的解析,有助于读者对所学知识的深入理解。每章后附有自我检测习题,便于读者进一步检测相关内容的学习效果。

本书既是《电工电子技术(第三版)》的学习辅导教材,也不失为教师教学和学生学习相关电工电子技术课程的好参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术学习指导/叶淬主编. —北京:化学工业出版社, 2010.5

21世纪高等理工科重点课程辅导丛书

ISBN 978-7-122-08097-4

I. 电… II. 叶… III. ①电工技术-高等学校-教学参考资料②电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. ①TM1②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第053989号

责任编辑:郝英华 唐旭华

文字编辑:王 洋

责任校对:陈 静

装帧设计:张 辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张11 字数274千字 2010年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 23.00 元

版权所有 违者必究

前 言

《电工电子技术》(叶淬主编,化学工业出版社出版)第一、二版自出版以来,以简洁而深入的叙述风格,得到了广大读者的青睐。在大家的支持下,2009年7月第三版问世。《电工电子技术学习指导》是针对教程《电工电子技术(第三版)》教学和学习的一本专门辅导教材。

本书在编写中既紧扣了工科非电类专业对电工电子技术的基本要求,又注意到了现代化电工学的发展,注重内容的优化整合,增加拓展了新内容。教学的目标是学生能力的培养,全书的编写注重知识背后的能力训练,引导学生举一反三。

本书针对每个章节的重点、难点内容进行简单扼要的阐述,使读者对教程《电工电子技术(第三版)》的基本要求和内容有十分清晰的了解。特别是编者根据自己从教几十年的经验,对学生容易出错、难以理解的问题进行了详尽的解析。在数字电子技术部分结合实际应用,对教程《电工电子技术(第三版)》的内容还作了必要的拓展,引入了卡诺图、利用中规模组件设计组合电路、分频器等内容。

本书针对每个章节课后习题中的各个类型进行了详细的题解,并伴有注解和必要的小结,利于学生触类旁通。一些典型习题还一题多解,利于明晰和开阔学生思路,以达到帮助学生融会贯通的目标。

本书对每个章节补充了自我检测。自我检测习题紧扣基本概念,注意综合运用、着重能力考查。

附录给出了自我检测的参考答案,便于读者自我检验。

本书第一章至第六章的习题解答由黄大树负责编写,每章的学习指导及第七章至第十四章习题解答由叶淬编写,全书由叶淬任主编。

《电工电子技术学习指导》是2002年高等教育北京市精品教材建设立项项目《电工学课程系列教材》中的一个部分,它的编写完成使《电工学课程系列教材》画上了圆满的句号。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,欢迎大家批评指正。

编者

2010年5月

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 学习指导	1
一、电路基本概念	1
二、电路基本定律	2
三、电路基本分析方法	3
四、非线性电阻的基本概念	5
五、电路中的电位计算	5
第二节 习题解答	6
第三节 自我检测	13
第二章 单相交流电路	16
第一节 学习指导	16
一、正弦量的相量表示法	16
二、单一参数的正弦交流电路	16
三、交流电路的相量计算	17
四、提高功率因数的意义	19
五、串联谐振电路的特点	19
六、非正弦周期电流电路	20
第二节 习题解答	20
第三节 自我检测	30
第三章 三相交流电路	33
第一节 学习指导	33
一、三相电源电压	33
二、三相电路的连接	34
三、三相电路的计算	34
四、三相五线制供电	35
第二节 习题解答	35
第三节 自我检测	38
第四章 电路的瞬变过程	40
第一节 学习指导	40
一、电路的瞬变过程	40
二、RC 电路的瞬变过程	40
三、一阶线性电路瞬变过程的求解	41
四、微分、积分电路	41
第二节 习题解答	42
第三节 自我检测	49
第五章 磁路与变压器	51
第一节 学习指导	51
一、磁路基本概念	51
二、变压器概述	53
第二节 习题解答	54
第三节 自我检测	57
第六章 异步电动机及其控制	59
第一节 学习指导	59
一、三相异步电动机	59
二、三相异步电动机的继电接触器	60
三、控制	60
第二节 习题解答	60
第三节 自我检测	64

* 第七章 可编程序控制器	66
第一节 学习指导	66
一、可编程序控制器工作特点	66
二、可编程序控制器的应用	66
第二节 习题解答	67
第三节 自我检测	70
第八章 半导体二极管及整流电路	71
第一节 学习指导	71
一、二极管的特性及参数	71
二、整流及滤波	71
三、稳压管及稳压电路	73
第二节 习题解答	74
第三节 自我检测	82
第九章 半导体三极管和放大电路	84
第一节 学习指导	84
一、三极管的电流控制和放大作用	84
二、交流放大电路	85
三、放大电路中的负反馈	88
第二节 习题解答	88
第三节 自我检测	98
第十章 集成运算放大器	100
第一节 学习指导	100
一、集成运放	100
二、集成运放线性运用	100
三、集成运放的非线性运用	102
四、信号发生器	103
第二节 习题解答	104
第三节 自我检测	111
第十一章 电力电子技术及应用	115
第一节 学习指导	115
一、晶闸管	115
二、新型电力电子开关器件	115
第二节 习题解答	116
第三节 自我检测	118
第十二章 逻辑门和常用组合逻辑电路	119
第一节 学习指导	119
一、基本门电路	119
二、逻辑代数及其化简	120
三、组合逻辑电路	122
第二节 习题解答	124
第三节 自我检测	132
第十三章 触发器、时序电路及其他集成器件	135
第一节 学习指导	135
一、时序电路特点	135
二、寄存器	136
三、计数器	137
四、555 电路	137
五、可编程逻辑器件	138
第二节 习题解答	138
第三节 自我检测	150
第十四章 数模、模数转换器	154
第一节 学习指导	154
一、主要内容	154
二、综合运用	154
第二节 习题解答	156
第三节 自我检测	158

附录 自我检测参考答案	162
参考文献	167

第一章 直流电路

第一节 学习指导

一、电路基本概念

(一) 电路的组成

无源元件：电阻、电感、电容。
有源元件：电压源、电流源。

① 初学者对电源的概念一定要弄得很清楚，有助于较好的理解电路中各物理量的关系。一个实际电源可以用两种不同的电路模型来表示，一种是用电压源模型，简称为电压源；一种是用电流源模型，简称为电流源，如图 1-1(a) 和图 1-1(b) 所示。

电压源中内阻为 0 时，电压源对外电路呈现恒定的端电压特性，称为理想电压源或恒压源。

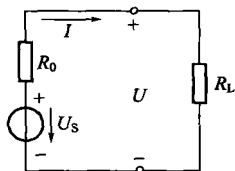


图 1-1(a) 电压源

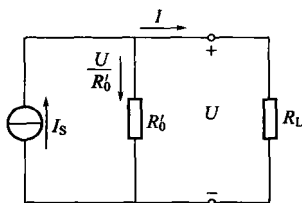


图 1-1(b) 电流源

电流源中内阻为无穷大时，电流源对外电路呈现恒定的输出电流特性，称为理想电流源或恒流源。

以下的练习有助于加深对理想电源的理解：

分析图 1-2 中电阻 R 两端的电压 $U = ?$

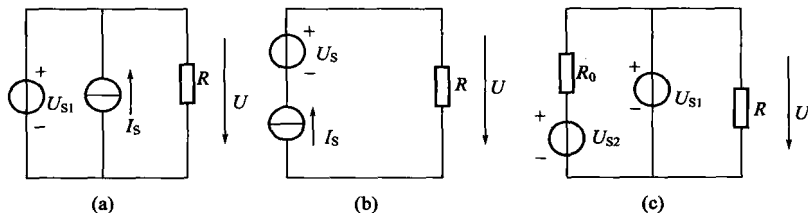


图 1-2 理想电源练习

图 1-2(a) 中 $U = U_{S1}$ ，图 1-2(b) 中 $U = I_s R$ ，图 1-2(c) 中 $U = U_{S1}$ 。

任何一个电源支路都可以看成是理想电源和电阻的串并联，这样，在分析计算电路时就可以将理想电源的特性充分运用，简化电路的计算和分析。

实际电源都有内阻，内阻上消耗功率表征了电源内部的损耗。电源的端电压由外电路决定，当外部负载重（输出的电流大）时，电源内部损耗增大，电源端电压将随输出电流的增大而降低。这就是当用电负荷增大时（比如用电高峰），电源电压会下降的原因。

② 电路中无论是有源元件还是无源元件，使用时都有规定的限额，称为额定值。额定值就是用电设备或元器件在长期工作时不能超越的极限值。额定值和实际值不要混为一谈。

额定电压为 220V 的灯泡接到 380V 电源上使用，灯泡会烧坏；接到 127V 电源上，则不能正常发光。

（二）电路中的基本物理量——电动势、电压、电流、电功率

① 在电路分析中，电压、电流均要设参考方向。参考方向是人为任意假设的，简称正方向，一般无源元件两端取关联正方向。

注意电路图中所标的全是正方向，解题时不要去考虑实际方向，免得两个方向在脑海中混淆。物理量的正负自然就表示了实际的方向。当正方向和实际方向相同时，物理量为正值，反之为负值。当然对于一些已知实际方向的电压、电流（如电源两端），假设正方向时，尽量同实际方向，免得负号过多，给计算带来不便。

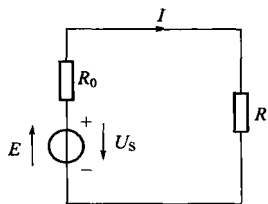


图 1-3 电路练习

求解一个电动势、电压或电流，都要和图上所标的正方向及值（包括正负号）两个要素连在一起。光写出大小，没有正方向，物理量的描述没有完整，也无意义。

② 电动势 E 描述电源中外力做功的能力（电流源用 I_s 来描述）。外力做功是指：外力克服电场力将单位正电荷从负极搬到正极所做的功。因此电动势 E 的实际方向是从负极指向正极。理想电源两端的端电压 U_s 的实际方向为从正极指向负极。因此电动势 E 和电源两端端电压 U_s 大小相等，方向相反。这一结论十分有用，也是初学者容易出错的难点之一。

如图 1-3 所示电路，式(1-1) 和式(1-2) 完全是等同的。

$$U_s - IR_0 = IR \quad (1-1)$$

$$E - IR_0 = IR \quad (1-2)$$

二、电路基本定律

（一）基尔霍夫定律

基尔霍夫电流定律（KCL）和基尔霍夫电压定律（KVL）是制约电路最基本的两大定律。对于某一个结点，各支路电流无论是直流还是交流，无论是稳态还是瞬态，任何瞬间都将符合 KCL（ $\sum I = 0$ （直流电路）； $\sum \dot{I} = 0$ （正弦交流电路）； $\sum i = 0$ ）。同样，对于一个闭合回路，各部分的电压一定符合 KVL（ $\sum U = 0$ （直流电路）； $\sum \dot{U} = 0$ （正弦交流电路）； $\sum u = 0$ ）。

KCL 可以由一个结点推广到任何一个闭合面。KVL 可以由闭合回路推广到任何一个开口电路（电路开口处由电压闭合）。

《电工电子技术》教程 [本书中提到的《电工电子技术》教程均指《电工电子技术（第三版）》] 思考题 1-3-1：已知图 1-4 中 $I_1 = 2A$ ， $I_3 = 4A$ 。电流 I_2 可以由 KCL 的推广应用得出为 $-6A$ 。

同样思考题 1-3-2 的电流 I (见图 1-5) 显然只能为零。

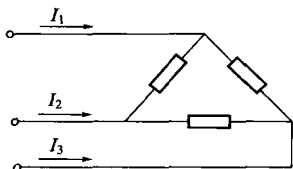


图 1-4 思考题 1-3-1 图

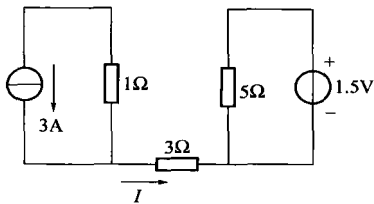


图 1-5 思考题 1-3-2 图

(二) 叠加原理

叠加原理是反映线性电路基本性质的重要原理，它的内容是：在有多电源共同作用的线性电路中，任一支路中的电流（或电压）等于各个电源分别单独作用时在该支路中产生的电流（或电压）的代数和。

单独作用，即电路中某一电源起作用，而其他电源置零（即不起作用）。具体处理方法如下：理想电压源短路（即令 $U_s = 0$ ，用短路线替代），理想电流源开路（即令 $I_s = 0$ ，用开路替代）。

叠加原理应用时容易出错的是：叠加时一定是求代数和！代数式和方程式中，部分电流（电压）正方向和原总电流（电压）正方向相同时取正，反之取负。

(三) 戴维宁定律

戴维宁定理又称为等效电压源定理：任何线性有源二端网络可以用一个理想电压源 (U_s) 和内阻 (R_0) 相串联的支路来等效。

等效电路中的 U_s 等于该网络的开路电压，内阻 R_0 则等于网络中所有电源置零后所得无源二端网络 a 、 b 间的入端等效电阻。

戴维宁定律是一种简化有源二端网络计算的方法，更是一种简化电路分析的思想。在分析任何复杂电路时，对于某部分支路或负载来说，其余部分的两个端看进去，只要有源的线性网络都不必考虑其内部具体结构。对于分析的某部分支路或负载来说都只呈现一个电压源特性——随输出电流的增大，输出电压将下降的基本特性。具体有源二端的线性网络等效电源的求解，复杂时可以用实验的办法测定。

三、电路基本分析方法

(一) 支路电流法

支路电流法是分析复杂电路的基本方法：以支路电流为未知数，对具有 n 个节点的电路运用 KCL 列 $n-1$ 个 KCL 方程，按网孔数列 KVL 个方程。再联立各方程，通过解方程组求解各未知数——支路电流。该方法适用于一切电路，但是求解时比较烦琐，因此一般情况下不被选用。

在运用 KCL 和 KVL 列方程时一定要注意两个方向和两套符号的问题。在运用 KCL 和 KVL 定律列方程时，物理量本身的正负值和代数式、方程式中的正负号不能混淆。物理量本身的正负值是由正方向与实际方向的关系来决定的。代数式和方程式中的正负号在基尔霍夫电流定律中是和电流正方向指向结点还是流出结点有关。在基尔霍夫电压定律中，代数式和方程式的正负号和电压的正方向和循行方向有关。两个方向是指正方向和循行方向这两个不同的方向。

(二) 结点电压法

《电工电子技术》教程只涉及了两个结点电路的结点电压法的公式，见式(1-3)。其实以结点电压为未知数的分析电路方法——结点电压法也同样适用于所有电路。

$$U_{ab} = \frac{\sum \frac{U_S}{R}}{\sum \frac{1}{R}} \quad (1-3)$$

式(1-3)中的 $\sum \frac{U_S}{R}$ 代数数和的正负号一定要注意。电压源端电压的方向和结点电压相同

则取正，反之取负。遇到含有理想电流源的支路，则电流源电流指向结点取正，反之取负。理想电流源支路上其他的电阻或电压源统统不必理会。

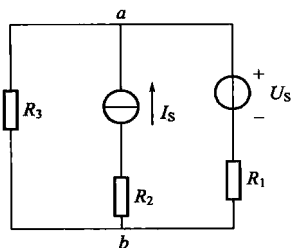


图 1-6 所示电路的 U_{ab} 为

$$U_{ab} = \frac{\frac{U_S}{R_1} + I_S}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}}$$

图 1-6 结点电压练习

式(1-3)中，分子部分的 $\sum \frac{U_S}{R}$ 若改成 $\sum \frac{E}{R}$ ，则取代数和方向时注意：电源电动势 E 的方向和结点电压相同取负，反之取正。

(三) 戴维宁定律化简电路

当只求某个支路的电压或电流时，运用戴维宁定律简化除去该支路后的有源线性二端网络（用一个等效的电压源取代），是一个较好的方法。

对于 ab 两端的有源线性网络，在运用戴维宁定律化简电路时，一定要注意 U_{abo} 和等效后的电源电动势大小相等，方向相反，见图 1-7。

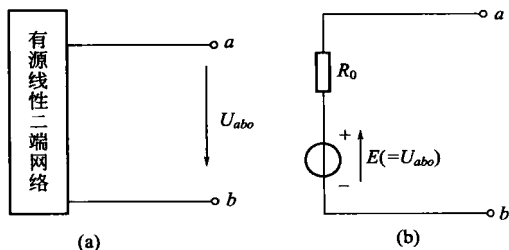


图 1-7 戴维宁电源的方向取定

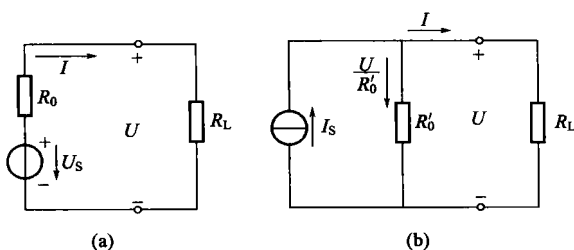


图 1-8 两种电源模型

(四) 电压源电流源等效转换法简化电路

在电路的分析中，经常可以先用电压源、电流源等效转换，再经过整合，化简被分析的电路。这里要注意的是：要求解的电压（电流）支路一定不能在化简中被包含进去。因为我们所学的所有等效转换均是对外电路而言的，即只对外电路等效，对内并不等效。

电压源电流源等效转换的条件（两种电源模型见图 1-8）

$$\begin{cases} R'_0 = R_0 \\ I_S = \frac{U_S}{R_0} \end{cases} \quad (1-4)$$

在运用式(1-4)时注意，其中的 I_S 和 U_S 的方向相反，但是电压源若要用 E 标注，则 I_S

和 E 同相。

(五) 运用叠加原理分析电路

叠加原理分析电路的实质就是将一个由多电源作用的复杂电路分别分解成单个电源的简单电路，然后再叠加。初学者对此普遍较感兴趣，但是实际上如果电源超过两个，计算起来并不简单，反而经常会由于正负号的问题而导致计算错误。叠加原理主要围绕了解线性电路的基本原理来学习，而在分析电路时可以优先考虑其他办法，切不要以为只要掌握了叠加原理，一切都可迎刃而解。

(六) 求两点间的电压

在分析计算电路时，求两点间的电压是最经常遇到的问题。如果能熟练地将两点间的电压表达式正确写出，问题就解决了大半。如何才能快速正确的将表达式写出呢？

求两点间的电压最基本依据就是 KVL。从 $\sum U=0$ 中可以将所求电压求出。但是，如果将所求电压和其余电压分写在等式的两边，运用式(1-5) 会更快更方便些。

两点间的总电压 = 各部分电压的代数和 (1-5)

其中，代数符号为：部分电压方向同两点间的总电压方向时取正，反之取负。

如图 1-9 所示，写出 ab 两点间的电压。

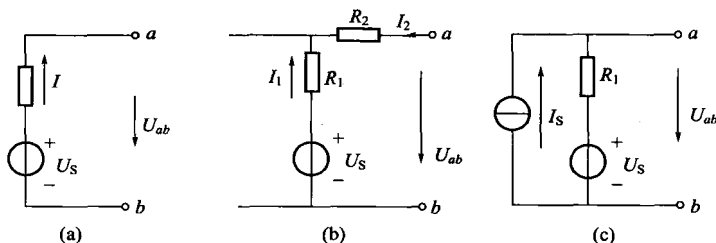


图 1-9 求两点间的总电压

图 1-9(a) 中， $U_{ab} = U_s - IR$ ；图 1-9(b) 中， $U_{ab} = U_s - I_1 R_1 + I_2 R_2$ ；图 1-9(c) 中， $U_{ab} = U_s + I_s R_1$ 。

四、非线性电阻的基本概念

在本章的学习中遇到的均为线性电阻，即电阻元件的参数不随着元件两端的电压（电流）变化而变化。参数恒定的元件为理想元件，而实际上许多电阻为非线性电阻，如在电子技术中遇到的二极管、三极管等效电阻均为非线性电阻。本章为今后电子技术的学习，提出了非线性电阻的概念，提出了各点的动态电阻和静态电阻概念。但是在分析求解电路时，对于某一个变化很小的时间段，电阻可以近似看成不变，近似以线性电阻来处理使问题大为简化。

五、电路中的电位计算

在电子技术中画电路图时，往往电位画法比电压画法要简洁明了。学习电位计算时，首先要弄懂电位和电压的基本概念。两点间的电压为该两点的电位差， $U_{AB} = V_A - V_B$ 。电压用 U 表示，电位用 V 表示。电压是相对于两点而言的，电位是相对于一点而言的。因此，学了电工技术后就不要再说：“这点电压为……”这一类的错误话了。

某点的电位 = 该点相对于参考点的电压，参考点是被选作比较各点电位的基点，一般设参考点的电位为 0。解题时首先要选择参考点，参考点选的不同，各点电位不同。但是，两点间的电压是不会随着参考点的变化而变化的。

第二节 习题解答^①

1-3 有一台直流电动机, 经两根电阻为 0.2Ω 的导线接在 220V 的电源上, 已知电动机消耗的功率为 10kW , 求电动机的端电压 U 和取用的电流 I 。

解: 根据直流电路原理可知

$$\begin{cases} E = 2R_1 I + U \\ P = UI \end{cases}$$

将已知值代入, 即可得

$$\begin{cases} 220 = 2 \times 0.2 I + U \\ 10 \times 10^3 = UI \end{cases}$$

解得

$$U = 200\text{V}, I = 50\text{A}$$

1-5 电路如图 1-10(a) 所示, 已知 $I_{S1} = 50\text{A}$, $R_{01} = 0.2\Omega$, $I_{S2} = 50\text{A}$, $R_{02} = 0.1\Omega$, $R_3 = 0.2\Omega$, 求 R_3 上电流和 R_{01} 、 R_{02} 两端电压各为何值 (自标参考方向)? 电阻 R_3 消耗多少功率?

解: 图 1-10(a) 所示为电流源电路, 请注意电流源的特性。各电流参考方向如图 1-10(a) 所示。将图 1-10(a) 中电流源等效转化为电压源, 如图 1-10(b) 所示, 其中

$$U_{S1} = I_{S1} R_{01} = 50 \times 0.2 = 10 (\text{V})$$

$$U_{S2} = I_{S2} R_{02} = 50 \times 0.1 = 5 (\text{V})$$

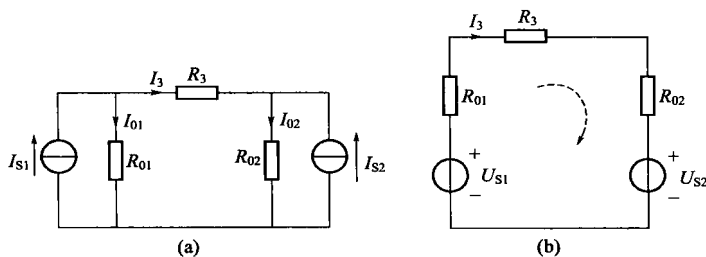


图 1-10 题 1-5 图

选顺时针为循环方向, 由基尔霍夫电压定律可知

$$U_{S1} - U_{S2} = I_3 (R_3 + R_{01} + R_{02})$$

$$10 - 5 = I_3 (0.2 + 0.2 + 0.1)$$

得

$$I_3 = 10\text{A}; P_{R_3} = I_3^2 R_3 = 10^2 \times 0.2 = 20 (\text{W})$$

由图 1-10(a) 可得: $I_{01} = I_{S1} - I_3 = 50 - 10 = 40 (\text{A})$

$$U_{R_{01}} = I_{01} R_{01} = 40 \times 0.2 = 8 (\text{V})$$

$$I_{02} = I_{S2} + I_3 = 50 + 10 = 60 (\text{A})$$

$$U_{R_{02}} = I_{02} R_{02} = 60 \times 0.1 = 6 (\text{V})$$

1-7 已知图 1-11(a) 所示电路中, $U_{S1} = 24\text{V}$, $U_{S2} = 6\text{V}$, $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, 图 1-11(b) 为经电源变换后的等效电路。试求 I_S 和 R ; 分别求出电阻 R_1 和 R_2 以及 R

① 本书习题解答沿用《电工电子技术》教程的题号。

所消耗的功率，它们是否相等？为什么？

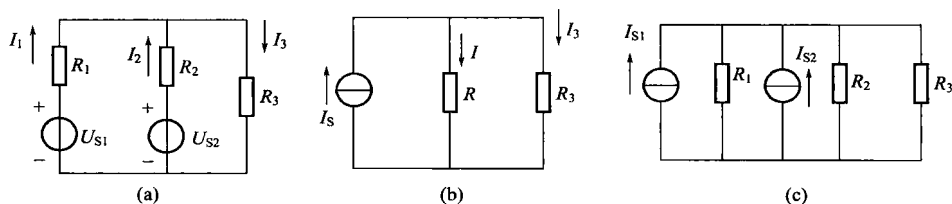


图 1-11 题 1-7 图

解：由电压源和电流源等效变换的条件可知图 1-11(a) 和图 1-11(b) 中间电路为图 1-11(c)。

图 1-11(c) 中

$$I_{S1} = U_{S1}/R_1 = 24/12 = 2 \text{ (A)}$$

$$I_{S2} = U_{S2}/R_2 = 6/6 = 1 \text{ (A)}$$

对比图 1-11(c) 和图 1-5(b) 可知

$$I_S = I_{S1} + I_{S2} = 2 + 1 = 3 \text{ (A)}$$

$$R = R_1 // R_2 = 12 // 6 = 4 \text{ (}\Omega\text{)}$$

电阻 R 上消耗的功率为

$$P_R = RI^2 = R \left(I_S \frac{R_3}{R+R_3} \right)^2 = 4 \times \left(3 \frac{2}{4+2} \right)^2 = 4 \text{ (W)}$$

由图 1-11(b) 可知：电阻 R_3 上流过的电流

$$I_3 = I_S \frac{R}{R+R_3} = 3 \frac{4}{4+2} = 2 \text{ (A)}$$

图 1-11(a) 中，电阻 R_1 和 R_2 上流过的电流分别为

$$U_{S1} = I_1 R_1 + I_3 R_3 \Rightarrow I_1 = \frac{U_{S1} - I_3 R_3}{R_1} = \frac{24 - 2 \times 2}{12} = 1.67 \text{ (A)}$$

$$U_{S2} = I_2 R_2 + I_3 R_3 \Rightarrow I_2 = \frac{U_{S2} - I_3 R_3}{R_2} = \frac{6 - 2 \times 2}{6} = 0.33 \text{ (A)}$$

图 1-11(a) 中电阻 R_1 和 R_2 上消耗的功率分别为

$$P_{R_1} = I_1^2 R_1 = 1.67^2 \times 12 = 33.5 \text{ (W)}$$

$$P_{R_2} = I_2^2 R_2 = 0.33^2 \times 6 = 0.65 \text{ (W)}$$

显然， $P_{R_1} + P_{R_2} \neq P_R$ ，这是因为，电压源和电流源的等效转换是仅对外电路而言的（就是在外特性不变的情况下推出的等效转换条件），如在 R_3 上的电压、电流、功率转换前后都是不变的。而对于电源内部，转换前后并不等效。

1-8 在图 1-12(a) 所示电路中，已知 $R=5\Omega$ ，求 R 上的电压。

解：将图 1-12(a) 所示电路中的电流源转化为电压源，同时 5V 的理想电压源和 1A 的理想电流源并联，对于外电路来讲呈现 5V 的稳压特点，因此计算 R 上的电压时可以去掉 1A 的电流源。具体如图 1-12(b) 所示。再进一步演化为图 1-12(c)。

由图 1-12(c) 可知 $U_R = 10 \frac{5}{5+15} = 2.5 \text{ (V)}$

注：电压源和电流源等效转换时，一定要注意电源端电压的方向、电流的方向。

1-9 计算图 1-13(a) 所示电路中 2Ω 电阻上的电流。

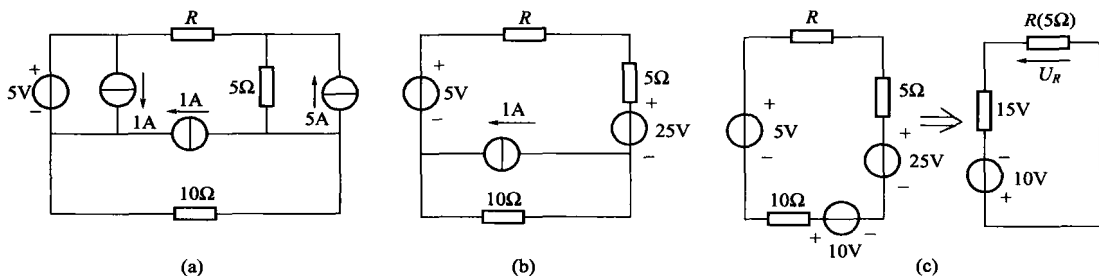


图 1-12 题 1-8 图

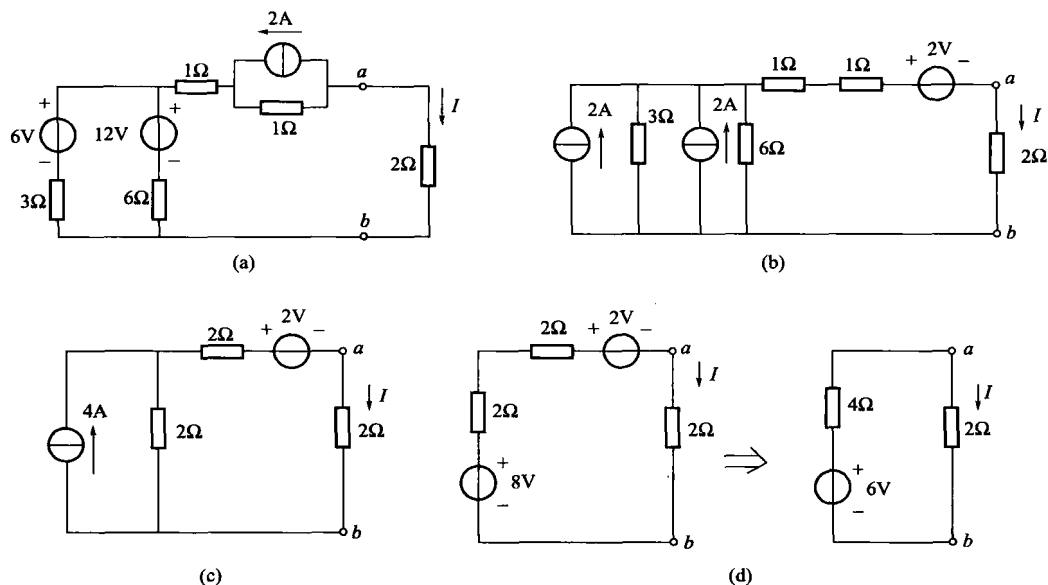


图 1-13 题 1-9 图

解：先将电压源、电流源分别转化、合并，整个过程如图 1-13(b)~图 1-13(d) 所示。

由图 1-13(d) 可得
$$I = \frac{6}{4+2} = 1 \text{ (A)}$$

小结 1：电压源和电流源的等效转换可以简化电路，特别是求解某一个支路的电压或电流时，将该支路保留，其余的都可以进行等效转换。

等效转换的一般规律是：电源并联时，宜将电压源转换成电流源，并联的电流源可以直接合并；反之，当电源串联时，宜将电流源转换为电压源，串联的电压源可以直接合并。请注意合并时电压、电流的方向。

1-13 电路如图 1-14 所示，试求：

- (1) 图 1-14(a) 中电压 U 和电流 I ；
- (2) 串入一个电阻 $10\text{k}\Omega$ ，见图 1-14(b)，重求电压 U 和电流 I ；
- (3) 再并联一个 2mA 的电流源，见图 1-14(c)，重求电压 U 和电流 I 。

解：图 1-14(a) $I = -1\text{mA}$ ； $U = -1 \times 40 = -40 \text{ (V)}$

图 1-14(b) $I = -1\text{mA}$ ； $U = -1 \times (40 + 10) = -50 \text{ (V)}$

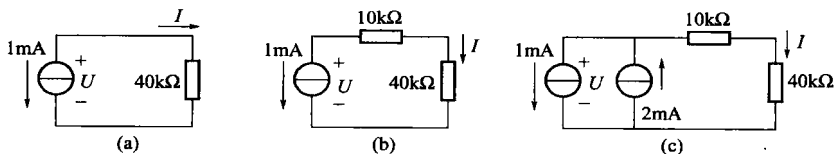


图 1-14 题 1-13 图

图 1-14(c) $I = 1\text{mA}$; $U = 1 \times (40 + 10) = 50\text{ (V)}$

注：本题主要是告知：电流源两端的电压由外电路决定。

1-14 电路及其已知参数如图 1-15 所示，试用支路电流法求 R_1 和 R_2 中的电流（自标参考方向）和 E_3 各为何值。

解：参考方向如图 1-15 所示。

根据基尔霍夫电流定律，对于节点 a ，可列如下方程

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

对于图 1-15 中两个网孔，选用顺时针巡循方向，可列如下方程

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2; E_2 - E_3 = I_2 R_2 - I_3 R_3$$

代入数值，联立方程

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + 3 = 0 \\ 3 - 3 = 1 \times I_1 - 0.5 \times I_2 \\ 3 - E_3 = 0.5 \times I_2 - 2 \times 3 \end{cases}$$

解得

$$I_1 = -1\text{mA}; I_2 = -2\text{mA}; E_3 = 10\text{V}$$

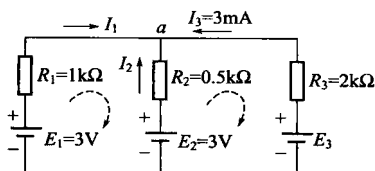


图 1-15 题 1-14 图

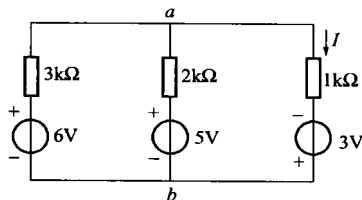


图 1-16 题 1-15 图

注：用支路电流法解题时，一定在列方程时搞清楚两个方向和两套符号的问题。还要注意的是电压、电流、电阻的单位量纲。本题中电阻单位已知为 $\text{k}\Omega$ ，电压单位已知为 V ，电流单位已知为 mA ，正好匹配，就不需要再将电流单位转换为 A ，电阻单位转换为 Ω ，少了一步转换，也就减少了计算中的错误发生率。

1-15 用结点电压法求图 1-16 所示电路中的电流 I 。

解：本题为两个结点的电路，代用公式得

$$U_{ab} = \frac{\sum \frac{U_s}{R}}{\sum \frac{1}{R}} = \frac{\frac{6}{3} + \frac{5}{2} - \frac{3}{1}}{\frac{1}{3} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1}} = \frac{1.5}{1.83} = 0.82\text{ (V)}$$

已知：两点间电压 = 部分电压的代数和，可得

$$U_{ab} = 0.82 = I \times 1 - 3 \Rightarrow I = 3.82\text{mA}$$

注：运用两个结点电路的结点电压法列方程时，分子部分代数和一定要注意，电压源端

电压的方向和结点电压相同则取正,反之取负。若支路上串一理想电流源,则电流源电流指向结点取正,反之取负(直接写电流源电流)。若支路有理想电压源和理想电流源串联,则该支路在分子部分的代数和,只需按电流源方向写上电流源的电流值,电压源不必理会。

1-17 图 1-17(a) 所示电路中,已知: $R_1=R_2=R_3=R_4=1\Omega$, $I_S=1\text{A}$, $U_S=6\text{V}$, 求 R_4 两端的电压。

解: 方法一(叠加原理)

图 1-17(a) 的电路可以看作两个电源单独作用时的和,单独作用电路如图 1-17(b) 和图 1-17(c) 所示。

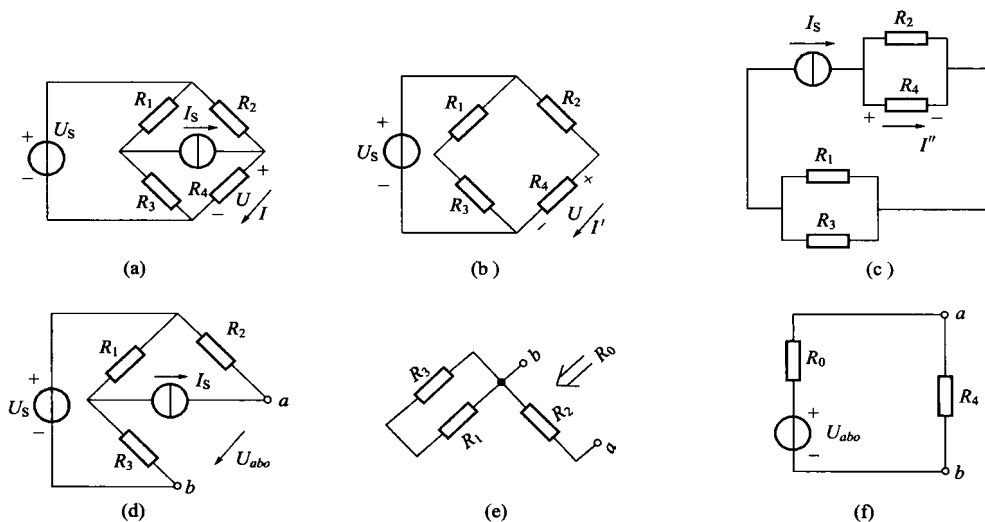


图 1-17 题 1-17 图

在图 1-17(b) 中

$$I' = \frac{U_S}{R_2 + R_4} = \frac{6}{2} = 3 \text{ (A)}$$

在图 1-17(c) 中

$$I'' = I_S \frac{R_2}{R_2 + R_4} = 1 \times \frac{1}{2} = 0.5 \text{ (A)}$$

由叠加原理叠加可得

$$I = I' + I'' = 3 + 0.5 = 3.5 \text{ (A)}$$

则所求 R_4 两端电压

$$U = IR_4 = 3.5 \times 1 = 3.5 \text{ (V)}$$

方法二(戴维宁定理)

断开 R_4 支路, 求开路电压 U_{abo} , 电路如图 1-17(d) 所示。

$$U_{abo} = I_S R_2 + U_S = 1 \times 1 + 6 = 7 \text{ (V)}$$

从断开的 R_4 支路看入的无源二端网络的电路图如图 1-17(e) 所示, 等效电阻 R_0 为

$$R_0 = R_2 = 1\Omega$$

通过戴维宁定理等效变换后的电路如图 1-17(f) 所示, 则所求 R_4 两端电压

$$U = U_{abo} \frac{1}{1+1} = 3.5 \text{ (V)}$$

和方法一的结果相同。

注: 求解戴维宁电路等效的无源二端网络的电阻时, 去掉电源的方法是理想电压源短路, 理想电流源开路。

1-19 图 1-18 所示电路, 当开关 S 在位置 1 时, 毫安表的读数为 $I' = 40\text{mA}$; 当开关 S