



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

Electrical Engineering

电 工 学

(少学时) 第三版

学习辅导与习题解答

张万顺 阮建国 编



高等教育出版社
Higher Education Press



NUAA2012032084

TM1-44
1057-4

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套

电 工 学

(少学时) 第三版

学习辅导与习题解答

张万顺 阮建国 编



质检



高等教育出版社

Higher Education Press

2012032084

内容简介

本书是高等教育出版社出版的张南主编的《电工学》(少学时)(第三版)教材的配套用书,可以为采用上述教材的教师备课、批改作业提供方便,同时也可以为使用上述教材的学生掌握基本教学要求和基本分析方法提供帮助。

本书着重于各章内容的概括与总结,注重题意分析,找出解题规律,力求一题多解。本书包括基本要求、基本内容、重点与难点、部分例题的分析与详解及习题的详细解答。书末附有几套测试性试题并给出相应的参考答案。

图书在版编目(CIP)数据

电工学(少学时)(第三版)学习辅导与习题解答/
张万顺,阮建国编. —北京:高等教育出版社,2007.7

ISBN 978-7-04-021914-2

I. 电… II. ①张…②阮… III. 电工学-高等学校-教学参考资料 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 075994 号

策划编辑 陈思宇 责任编辑 李葛平 封面设计 于文燕 责任绘图 朱 静
版式设计 范晓红 责任校对 胡晓琪 责任印制 陈伟光

| | | | |
|------|----------------|------|---------------------------------------------------------------|
| 出版发行 | 高等教育出版社 | 购书热线 | 010-58581118 |
| 社 址 | 北京市西城区德外大街 4 号 | 免费咨询 | 800-810-0598 |
| 邮政编码 | 100011 | 网 址 | http://www.hep.edu.cn |
| 总 机 | 010-58581000 | | http://www.hep.com.cn |
| 经 销 | 蓝色畅想图书发行有限公司 | 网上订购 | http://www.landrace.com |
| 印 刷 | 北京市白帆印务有限公司 | 畅想教育 | http://www.widedu.com |
| 开 本 | 787×960 1/16 | 版 次 | 2007 年 7 月第 1 版 |
| 印 张 | 16.75 | 印 次 | 2007 年 7 月第 1 次印刷 |
| 字 数 | 310 000 | 定 价 | 21.20 元 |

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21914-00

前 言

高等教育出版社出版的华东理工大学张南主编的《电工学》(少学时)(第二版)出版以后,被许多高等院校作为“电工学”课程的教材,2003年参考该教材编著的《电工学习题与例题》一书由华东理工大学出版社出版后,受到广大学生的欢迎。张南主编的《电工学》(少学时)(第三版)已正式出版,为了便于采用该版教材的教师备课、批改作业,同时也为了便于广大学生及自学该版教材的读者把握电工学课程的基本要求、掌握基本原理和基本分析方法,作者编写了本《学习辅导与习题解答》。本书在原《电工学习题与例题》的基础上做了适当修改,各章增添了重点与难点分析。

本书第1、2、3、8、9章及附录由张万顺编写,第4、5、6、10、11章由阮建国编写,第7章由李振坡编写。编写中得到华东理工大学电工、电子教研组的支持并得到潘金芳老师及研究生董婷和贺峰的帮助,对此深表谢意。华东理工大学信息学院陈维槎副教授审阅了本书的全部内容,并提出了许多宝贵意见和建议。

本书编写过程中,得到张南教授的关心和高等教育出版社编辑的帮助,对此深表谢意。由于作者的水平有限,书中错误或不妥之处,敬请广大读者批评指出。

编者

2007年2月于华东理工大学

目 录

| | |
|---------------------------|-----|
| 上 篇 电工技术 | 1 |
| 第一章 电路分析基础 | 3 |
| 1.1 电路的基本概念、定律、分析方法 | 3 |
| 1.1.1 基本要求 | 3 |
| 1.1.2 基本内容 | 3 |
| 1.1.3 重点与难点 | 8 |
| 1.1.4 例题与习题解答 | 12 |
| 1.2 电路的暂态分析 | 34 |
| 1.2.1 基本要求 | 34 |
| 1.2.2 基本内容 | 35 |
| 1.2.3 重点与难点 | 36 |
| 1.2.4 例题与习题解答 | 37 |
| 第二章 正弦交流电路 | 55 |
| 2.1 基本要求 | 55 |
| 2.2 基本内容 | 55 |
| 2.3 重点与难点 | 62 |
| 2.4 例题与习题解答 | 65 |
| 第三章 三相交流电路 | 90 |
| 3.1 基本要求 | 90 |
| 3.2 基本内容 | 90 |
| 3.3 重点与难点 | 92 |
| 3.4 例题与习题解答 | 93 |
| 第四章 变压器 | 106 |
| 4.1 基本要求 | 106 |
| 4.2 基本内容 | 106 |
| 4.3 重点与难点 | 107 |
| 4.4 例题与习题解答 | 107 |

| | | |
|-----|-------------------|-----|
| 第五章 | 电动机 | 111 |
| | 5.1 基本要求 | 111 |
| | 5.2 基本内容 | 111 |
| | 5.3 重点与难点 | 113 |
| | 5.4 例题与习题解答 | 114 |
| 第六章 | 电气控制 | 121 |
| | 6.1 基本要求 | 121 |
| | 6.2 基本内容 | 121 |
| | 6.3 重点与难点 | 124 |
| | 6.4 例题与习题解答 | 124 |
| 下 篇 | 电子技术 | 133 |
| 第七章 | 半导体器件 | 135 |
| | 7.1 基本要求 | 135 |
| | 7.2 基本内容 | 135 |
| | 7.3 重点与难点 | 138 |
| | 7.4 例题与习题解答 | 139 |
| 第八章 | 交流放大电路 | 150 |
| | 8.1 基本要求 | 150 |
| | 8.2 基本内容 | 150 |
| | 8.3 重点与难点 | 160 |
| | 8.4 例题与习题解答 | 163 |
| 第九章 | 电源电路 | 185 |
| | 9.1 基本要求 | 185 |
| | 9.2 基本内容 | 185 |
| | 9.3 重点与难点 | 188 |
| | 9.4 例题与习题解答 | 191 |
| 第十章 | 集成运算放大器 | 199 |
| | 10.1 基本要求 | 199 |
| | 10.2 基本内容 | 199 |
| | 10.3 重点与难点 | 200 |

| | |
|--------------------|-----|
| 10.4 例题与习题解答 | 202 |
| 第十一章 数字电路 | 218 |
| 11.1 基本要求 | 218 |
| 11.2 基本内容 | 218 |
| 11.3 重点与难点 | 222 |
| 11.4 例题与习题解答 | 223 |
| 附录 | 240 |
| 附录 1 参考试题一 | 240 |
| 附录 2 参考试题二 | 248 |

上 篇

电 工 技 术

第一章 电路分析基础

1.1 电路的基本概念、定律、分析方法

1.1.1 基本要求

1. 正确理解电压、电流正方向的意义。
2. 在正确理解电位意义的基础上, 求解电路中各点的电位。
3. 理解电压源、电流源的概念。
4. 了解电路有载工作、开路与短路的状态, 强化额定值的概念。
5. 熟悉电路的基本定律, 并能正确应用。
6. 学会分析、计算电路的基本方法。

1.1.2 基本内容

一、基本概念

1. 电压、电流的正方向

在分析计算电路之前, 首先要在电路图上标注各元件的未知电流和电压的正方向(这些假设的方向又称参考方向), 如图 1-1-1 所示。

根据这些正方向, 应用电路的定理、定律列写方程(方程组), 求解后若为正值, 说明假设的方向与实际的方向相同; 求解后若为负值, 说明假设的方向与实际方向相反。

对于电路中的某个(些)已知的方向, 有两种可能, 其一是实际的方向, 其二是正方向, 这要看题目本身的说明。

2. 电路中电位的计算

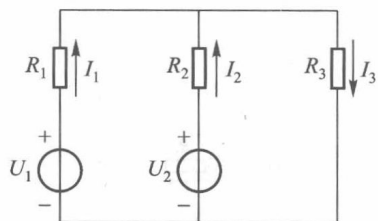


图 1-1-1

求解电路中某点的电位，必须首先确定参考点，令该点电位为零，记为“ \perp ”，电路其余各点与之比较，高者为正（电位），低者为负（电位），如图 1-1-2 所示。

设 c 为参考点，则：

c 点的电位： $V_c = 0\text{V}$

a 点的电位： $V_a = +6\text{V}$

b 点的电位： $V_b = -9\text{V}$

a、b 两点间的电压： $U_{ab} = V_a - V_b = [(+6) - (-9)]\text{V} = 15\text{V}$

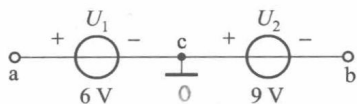


图 1-1-2

- 注：
- 电位具有单值性（参考点一旦设定，某点的电位是唯一的）。
 - 电位具有相对性（参考点选择不同，某点的电位也不同）。
 - 任意两点间的电位差叫做电压，例如 $U_{ab} = V_a - V_b$ ，显然电压具有单值性和绝对性（与参考点选择无关）。

二、基本定律

1. 欧姆定律

(1) 一段无源支路（元件）的欧姆定律。

在图 1-1-3 中， $U_{ab} = R \cdot I$ （取关联正方向）。

(2) 一段有源支路（元件）的欧姆定律，实际上是电压降准则，如图 1-1-4 所示。

① 总电压降等于各分段电压降的代数和。

② 标出各分段电压降的正方向。

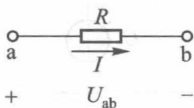


图 1-1-3

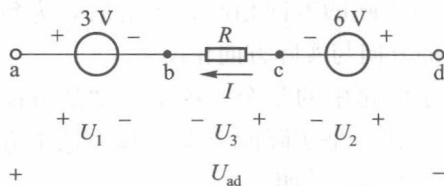


图 1-1-4

- 电源电压降方向从正极指向负极 (U_1 、 U_2)。
 - 电阻电压降方向与电流方向相同 (U_3)。
- ③ 与总方向一致的分电压降取“+”号，不一致的取“-”号。在图 1-1-4 中

$$U_{ad} = U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} = 3 + (-RI) + (-6) = (-IR - 3) \text{ V}$$

2. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫电流定律 (KCL)

① 内容：任一时刻、任一结点，流入电流之和等于流出电流之和，记为 $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$ 。

上式移项： $\sum I_{\text{入}} - \sum I_{\text{出}} = 0$ ，记为 $\sum I = 0$ ，就是说：任一时刻，流入任一结点的电流的代数和等于零，（流入为正，流出为负），这是 KCL 的另一种表达形式。

② 实质：KCL 反映了电流连续性原理，即结点上不能积累电荷。

③ KCL 还适用于广义结点。

(2) 基尔霍夫电压定律 (KVL)

① 内容：任一时刻，沿任一回路绕行一周，电压降的代数和等于零，记为 $\sum U = 0$ 。

• 回路的绕行方向可以任意假设，假设后的方向就是总电压降的方向，定出各分段电压降的方向后，即可列回路电压方程。

• $\sum U = \sum RI$ 或 $\sum \text{电位升} = \sum \text{电位降}$ ，这是 KVL 的另一种表达形式。

② 实质：KVL 反映了电位单值性原理，即在闭合回路中，电位上升之和必然等于电位下降之和。

③ KVL 还适用于开口电路（虚拟回路）。在图 1-1-5 中，选定绕行方向，根据 $\sum U = 0$ ， $U_{ab} + (-U_1) + (-RI) = 0$ ，移项处理得 $U_{ab} = U_1 + RI$ ，这与电压降准则列写的方程是一致的。

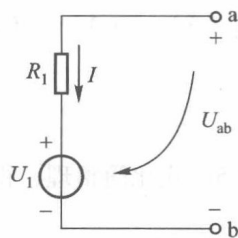


图 1-1-5

三、基本方法

1. 支路电流法

以支路电流为未知量，应用 KCL、KVL 列写电路方程组，联立求解，可得各支路电流。解题步骤如下：

① 在电路图上标注未知电流和电压的正方向，并设支路电流为未知数，显然未知数个数就是方程的个数。

② 若电路结点为 n ，应用 KCL 列写 $(n-1)$ 个独立的电流方程。

③ 若支路数为 b ，应用 KVL 列写 $b - (n-1)$ 个独立的电压方程。

*2. 结点电压法

主教材中没有讲到结点电压法，但对于两个结点的电路，先求两结点间的电压，再求支路电流，有时很方便，为此，介绍一下该方法。在图 1-1-6 中，a、b 为两结点，结点间电压 U_{ab} 的正方向及各支路电流的正方向如图 1-1-6 中所标注。

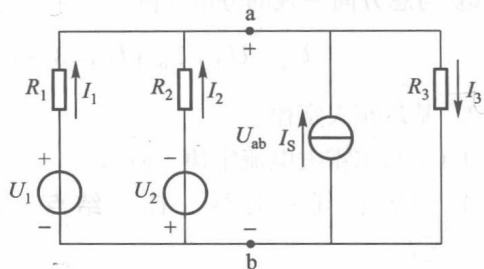


图 1-1-6

由 a 点的 KCL 知：

$$I_1 + I_2 + I_s = I_3 \quad (1)$$

根据电压降准则，列写相关支路的电压方程如下：

$$U_{ab} = -R_1 I_1 + U_1 : I_1 = \frac{U_1 - U_{ab}}{R_1} \quad (2)$$

$$U_{ab} = -R_2 I_2 + (-U_2) : I_2 = \frac{-U_2 - U_{ab}}{R_2} \quad (3)$$

$$U_{ab} = R_3 I_3 : I_3 = \frac{U_{ab}}{R_3} \quad (4)$$

将 (2)、(3)、(4) 式代入 (1) 式，得

$$\frac{U_1 - U_{ab}}{R_1} + \frac{(-U_2 - U_{ab})}{R_2} + I_s = \frac{U_{ab}}{R_3} \quad (5)$$

(5) 式化简整理，得

$$U_{ab} = \frac{\frac{U_1}{R_1} + \left(-\frac{U_2}{R_2}\right) + I_s}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\sum \frac{U}{R} + I_s}{\sum \frac{1}{R'}} \quad (6)$$

将已知数据代入 (6) 式，求出 U_{ab} 值。

注：① 使独立结点 a 的电位升高的电压源取正号，反之为负号；使结点 a 的电位升高的电流源取正号，反之为负号。

⊕ 源电压
⊖ 源电流

② 直接运用公式，无需推导。

U_{ab} 求出后，代入 (2)、(3)、(4) 式， I_1 、 I_2 、 I_3 便知。

3. 叠加定理 (法)

在多个电源 (至少两个) 作用的线性电路中，任一元件 (支路) 的电流 (或电压)，是由各个电源单独作用时所产生的电流 (或电压) 的代数和。

注：① 单独作用是指一个电源作用时，其余的电源使之为零，又名除源。除源准则是：电压源视为短接，电流源视为开路。

② 与电压源串联的电阻以及与电流源并联的电阻都视为内阻，必须保留。

解题步骤如下 (三步法)：

(1) 在电路图上标出待求电流 (或电压) 的正方向 (已知不变)。

(2) 画出每个电源单独作用的分图，在分图上求解待求电流 (或电压) 分量的大小并标出实际方向。

(3) 求叠加后的总电流 (或电压)，且与总电流 (或电压) 正方向相同的分量取正号，反之为负号。

注：叠加定理只适用于求线性电路的电流或电压，而不能用于非线性电路中，更不能对功率进行叠加。

4. 电源变换法

(1) 实际的电压源是由理想的电压源与内阻 R_0 串联组成的，实际的电流源是由理想的电流源与内阻 R_i 并联组成的，如图 1-1-7 所示。在保证电源外特性一致的条件下，两者可以进行等效互换，互换条件为

$$\begin{cases} R_i = R_0 \\ I_s = \frac{U_s}{R_0} \end{cases}$$

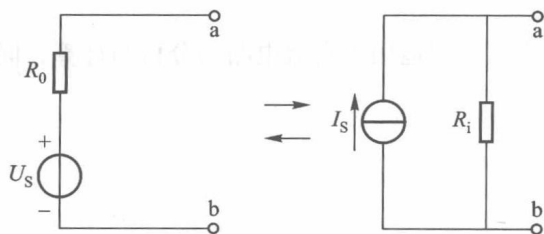


图 1-1-7

注：① 电流源的方向与电压源电位升的方向一致。

② 理想的电压源 ($R_0 = 0$) 与理想的电流源 ($R_i = \infty$) 之间不能转换。

③ 等效变换是对外电路等效，对电源内部并不等效。

(2) 关于化简准则：

① 与理想电压源串联的以及与理想电流源并联的所有电阻均可看作是电源的内阻。

② 多条有源支路并联时，可将其都变为等效电流源，然后可以合并。而多条有源支路串联时，可将其都变为等效电压源，然后可以合并。

③ 和理想电压源并联的电阻，不影响电压源的端电压，对外而言，是多余的元件，故可开路；和理想电流源串联的电阻，不影响电流源输出电流，对外而言，也是多余的元件，故可短接。

④ 理想电压源与理想电流源并联时，对外而言，电压源起作用；理想电流源与理想电压源串联时，对外而言，电流源起作用（可用叠加定理证明，作为推论直接使用）。

5. 等效电源法

在复杂电路中，欲求一条支路的电流，可将其余部分看作一个有源二端网络。利用戴维宁定理将此有源二端网络等效（化简）为一个实际的电压源模型，问题的处理就大大简化。

等效电源法（戴维宁定理法）解题步骤如下（三步法）：

(1) 将待求支路从电路中除掉，产生 a、b 两点，余者为有源二端网络。

(2) 求有源二端网络的开路电压 U_{ab} （标定 U_{ab} 正方向）；求有源二端网络所有电源取零（除源）后的入端等效电阻 R_{ab} 。根据 $U_{ab} = U_S$ ， $R_{ab} = R_0$ 画出电压源模型。

(3) 在电压源模型上，接进待求支路（元件），应用欧姆定律，求取待求电流。

注：① 待求支路可以是一条支路，也可以是一个元件（电阻或电源）。

② 若 U_{ab} 为负值，则 U_S 极性相反。

1.1.3 重点与难点

上述概念、定律及方法不但适用于直流电路的分析与计算，同样适用于交流电路、电子电路的分析与计算。

一、重点

1. 内容部分

① 两个参考（参考点，参考方向）。

② 两个定律（欧姆定律，基尔霍夫定律）。

③ 四个准则 [电压降准则，除源准则，电源负载判别准则（见例题 1-6），化简准则]。

④ 四种方法 [支路电流法，电源互换法，叠加定理法，等效电源法（结点电压法除外）]。

⑤ 电位的计算（参考点画出，参考点未画出两种情况）。

2. 解题思路

① 两个不能忘：已知条件不能忘，两个基本定律不能忘。

② 能化简先化简，化简后确定最佳求解方法（宏观）。

③ 找出第一问题与已知条件及两个定律的直接或间接关系。

④ 把求出的第一问题的数值标在原图（未化简前）上，有利于求解第二、第三问题。

二、难点

1. 关于方向

① 流过电路各元件（支路）的电流都有自己的方向，同样，电路各元件（支路）两端都有自己的电压降方向，这些方向又有设定正方向和实际方向之别。

② 两个不变：电流源的流向不变，电压源的端电压方向不变。

2. 关于两个“最佳”的选择

（1）最佳解题方法的选择

题目一般有三种情况，有的题目只有一种解法；有的题目第一问规定方法，第二问、第三问不限方法；有的题目可以用多种方法求解，因而就有“最佳”的问题。“最佳”有主观“最佳”和客观“最佳”，主观“最佳”是指自己掌握最熟的方法，客观“最佳”是真正的“最佳”。

在图 1-1-8 (a) 中，已知电路及参数，求通过 R 的电流 I 及电流源端电压 U_S 。

分析如下：

题目不限定方法，第一问的求解是关键，宏观上必有最佳的方法。

如果选用支路电流法，因为支路多，方程个数多，求解必定太繁，况且只要求一条支路的电流，显然不是最佳。

如果选用叠加定理法，因为有四个电源，要画四个分图，分别求出 I' 、 I'' 、 I''' 及 I'''' 的大小及方向，最后叠加也太繁。

如果选用等效电源法，按三步法思路进行，第一步除待求 R 产生 a、b 两点，第二

步把余者的二端网络用实际的电压源模型等效，再求二端网络的开路电压 U_{ab} ，也并非易求。

根据能化简先化简的解题思路， R_2 短接， R_3 开路，图 1-1-8 (a) 所示电路变为图 1-1-8 (b) 所示电路，对图 1-1-8 (b) 电路再进行分块化简。

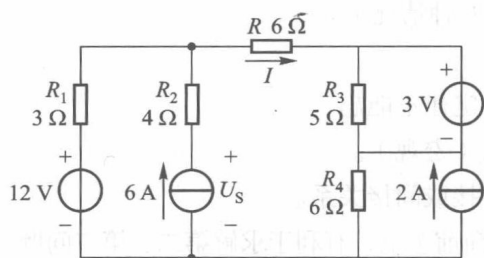


图 1-1-8 (a)

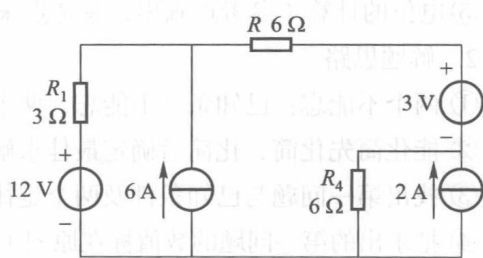


图 1-1-8 (b)

R 左侧为一块：利用电源互换把 12 V、3 Ω 化为电流源，再利用电流源的合并，化为一个电流源，最后再用电源互换，把电流源化为电压源，如图 1-1-8 (c) 所示。

R 右侧为一块：利用电源互换把 2 A、6 Ω 化为电压源，如图 1-1-8 (c) 所示。

这样一来，图 1-1-8 (b) 就化简为图 1-1-8 (c)，图 1-1-8 (c) 已经变为简单电路，显然

$$I = \frac{30 - (3 + 12)}{3 + 6 + 6} \text{ A} = \frac{15}{15} \text{ A} = 1 \text{ A}$$

注：把求出的第一问结果标注在原图上，如图 1-1-8 (d) 所示，在图 1-1-8 (d) 中，由 m 点的 KCL 知

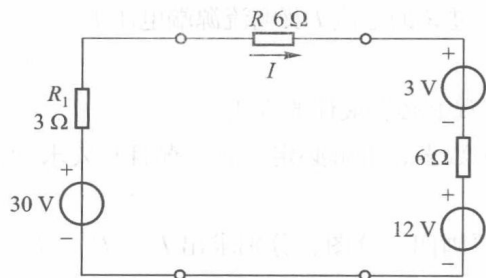


图 1-1-8 (c)

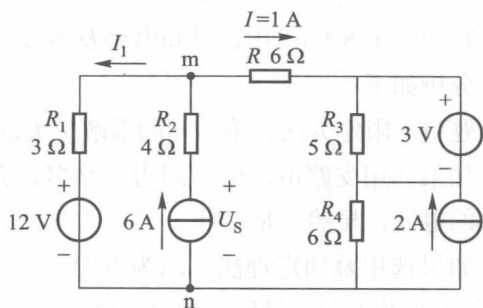


图 1-1-8 (d)