

全国普通高校
电子信息与
电气学科
基础规划教材

电工电子学

学习指导与习题分析

江蜀华 高德欣 等 编著



清华大学出版社

全国

工科基础规划教材

电工电子学

学习指导与习题分析

江蜀华 高德欣 于韬 王逸隆 徐啟蕾 籍艳 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

电工电子学是理工科的专业基础课。本书是《电工电子学》(2016年1月由清华大学出版社出版, ISBN为9787302412960)的配套教材。在电工电子学的教学实践中,许多同学都会感到对电工电子学的知识结构、基本概念、定理和定律的认识和理解不正确、不全面,为此我们组织了有多年教学经验和科研经验的老师共同编写了本书。

与主教材的章节相对应,本书共分13章,但是各章比重与主教材有一定区别,本书突出了重点内容。每章都包括知识梳理、典型例题和典型错误、习题解答、同步习题和同步习题答案等内容。附录是模拟试题,包括电工电子学A、B、C的试题共5套,并且提供了较为详细的解答。

尽管本书是对应于主教材的配套教材,但是对于使用其他教材的同学也很有帮助。本书的知识结构清晰、重点突出、习题全面、解答详尽,也是广大考研同学的指导用书。本书可以作为普通高等院校工科非电类专业的教学辅导资料,也可作为相关工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电工电子学学习指导与习题分析/江蜀华等编著. —北京:清华大学出版社,2017
(全国普通高校电子信息与电气学科基础规划教材)
ISBN 978-7-302-47343-5

I. ①电… II. ①江… 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. ①TM ②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第124405号

责任编辑:曾 珊

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印装者:北京泽宇印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:12.75

字 数:312千字

版 次:2017年10月第1版

印 次:2017年10月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.00元

产品编号:071000-01

前言

“电工电子学”是非电类专业的一门专业基础课程,在众多的工科专业中都有开设。尽管主教材已将本课程的知识结构、基本概念、定理、定律做了详细介绍,但是在教学过程中,还是有不少同学反映电工电子学的内容多、分散、不方便记忆、不好复习和备考。针对这些问题,我们编写了本书,试图帮助同学解决学习中遇到的问题。与主教材的章节相对应,本书共分13章,但是各章的分量与主教材有一定区别:结合课程的知识点和学习中普遍遇到的难点,对各章节重新做了取舍,突出重点、分析难点,对于一般内容可以直接看主教材。

各章节按照如下安排:

(1) 知识梳理:对基本概念、知识点、基本分析方法进行梳理,建立完整、正确的知识体系;

(2) 典型例题和典型错误:详细介绍各章节的基本题、提高题和若干常见的典型错误。对于基本题,注重讲解方法,规范做题过程;对于提高题,提供多种分析思路 and 技巧;

(3) 习题解答:对原书的习题做了详细的分析,以使同学们发现问题,并最终能够解决问题;

(4) 同步习题:为检验学习效果,篇幅约为原书同步习题的一半左右,供同学们复习过程中使用;

(5) 同步习题答案:提供同步习题的答案,再次检验学习效果。

本书附录是模拟考试题,结合笔者所在学校的电工电子学课程情况,提供了一套电工电子学 A(80 学时)试题(附答案)、两套电工电子学 B(64 学时)试题(附答案)、两套电工电子学 C(48 学时)试题(附答案),有利于同学们总结知识和准备期末考试。

本书主要由江蜀华和高德欣负责编写。徐啟蕾编写第1章,高德欣编写第2、7章,王逸隆编写第3、6章,于韬编写第5、8章,籍艳编写第9章,江蜀华编写第4、10、11、12、13章和附录,并统稿全书。本书在编写过程中得到青岛科技大学自动化学院领导的大力支持和电工教研室其他老师的无私帮助,在此一并表示感谢。

尽管我们已经付出了很大的努力,但是由于水平有限,本书难免会存在不足之处,希望广大读者提出批评和宝贵的意见,以便日后改进。

作 者

2017 年 7 月

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1
1.1 知识梳理	1
1.1.1 电流、电压的参考方向	1
1.1.2 功率和功率守恒	1
1.1.3 电路的基本元件	2
1.1.4 基尔霍夫定律	2
1.1.5 简单电路的分析	3
1.2 典型例题和典型错误	4
1.3 习题解答	7
1.4 同步习题	13
1.5 同步习题答案	14
第 2 章 电路的分析方法	16
2.1 知识梳理	16
2.1.1 支路电流法	16
2.1.2 结点电压法	16
2.1.3 实际电源的模型与互换	16
2.1.4 叠加定理	17
2.1.5 戴维宁和诺顿定理	17
2.1.6 各种分析方法的总结	17
2.2 典型例题和典型错误	18
2.3 习题解答	24
2.4 同步习题	30
2.5 同步习题答案	31
第 3 章 一阶电路的暂态分析	33
3.1 知识梳理	33
3.1.1 换路及换路定则	33
3.1.2 一阶电路加直流激励下的三要素公式	33
3.2 典型例题和典型错误	34
3.3 习题解答	37
3.4 同步习题	42
3.5 同步习题答案	45
第 4 章 正弦稳态电路分析	46
4.1 知识梳理	46

4.1.1	正弦量及其相量	46
4.1.2	电阻、电感、电容元件 VCR 的相量形式	47
4.1.3	KCL、KVL 的相量形式	47
4.1.4	阻抗的定义与三元件 VCR 的统一	47
4.1.5	正弦电路与电阻电路的类比	48
4.1.6	电路的功率和功率因数提高	49
4.1.7	电路的谐振	51
4.1.8	正弦稳态电路的分析思路	51
4.2	典型例题和典型错误	52
4.3	习题解答	56
4.4	同步习题	67
4.5	同步习题答案	70
第 5 章	三相电路	72
5.1	知识梳理	72
5.1.1	对称三相电源	72
5.1.2	负载星形连接的三相电路	72
5.1.3	负载三角形连接的三相电路	73
5.1.4	三相功率	74
5.1.5	三相电路的分析思路	74
5.2	典型例题和典型错误	74
5.3	习题解答	77
5.4	同步习题	82
5.5	同步习题答案	83
第 6 章	变压器与三相异步电动机	84
6.1	知识梳理	84
6.1.1	磁路的分析	84
6.1.2	变压器的工作原理	84
6.1.3	三相异步电动机	84
6.2	典型例题和典型错误	86
6.3	习题解答	89
6.4	同步习题	92
6.5	同步习题答案	93
第 7 章	继电器接触器控制系统	95
7.1	知识梳理	95
7.1.1	常用电器	95
7.1.2	基本控制环节	96
7.2	典型例题和典型错误	97
7.3	习题解答	99

7.4	同步习题	99
7.5	同步习题答案	101
第8章	二极管、晶体管和场效应晶体管	103
8.1	知识梳理	103
8.1.1	半导体的导电特性	103
8.1.2	PN结的单向导电性	103
8.1.3	二极管	103
8.1.4	稳压二极管	103
8.1.5	晶体管	104
8.2	典型例题和典型错误	104
8.3	习题分析	106
8.4	同步习题	109
8.5	同步习题答案	110
第9章	分立元件组成的基本放大电路	112
9.1	知识梳理	112
9.1.1	放大的概念	112
9.1.2	放大电路的原理和分析方法	112
9.2	典型例题和典型错误	118
9.3	习题解答	120
9.4	同步习题	124
9.5	同步习题答案	125
第10章	集成运算放大器	127
10.1	知识梳理	127
10.1.1	集成运放的概述	127
10.1.2	集成运放中的负反馈	127
10.1.3	运算放大器的应用	128
10.1.4	正弦波振荡电路	130
10.1.5	运放的选择与使用	130
10.2	典型例题和典型错误	130
10.3	习题解答	132
10.4	同步习题	138
10.5	同步习题答案	140
第11章	直流稳压电源	141
11.1	知识梳理	141
11.1.1	单相桥式整流的工作原理	141
11.1.2	电容滤波电路的工作原理	142
11.1.3	串联型稳压电路	143
11.1.4	集成稳压电路的应用	143

11.2	典型例题和典型错误	144
11.3	习题解答	145
11.4	同步习题	149
11.5	同步习题答案	151
第 12 章	门电路与组合逻辑电路	152
12.1	知识梳理	152
12.1.1	逻辑代数与逻辑函数	152
12.1.2	组合逻辑电路的分析与设计	153
12.1.3	常用逻辑模块电路	153
12.2	典型例题和典型错误	153
12.3	习题解答	156
12.4	同步习题	162
12.5	同步习题答案	164
第 13 章	触发器与时序逻辑电路	166
13.1	知识梳理	166
13.1.1	触发器	166
13.1.2	寄存器	167
13.1.3	计数器	167
13.1.4	555 定时器及其应用	167
13.2	典型例题和典型错误	168
13.3	习题解答	169
13.4	同步习题	176
13.5	同步习题答案	178
附录	模拟考题	179
	电工电子学 A 试题	179
	电工电子学 A 试题答案	180
	电工电子学 B1 试题	182
	电工电子学 B1 试题答案	183
	电工电子学 B2 试题	186
	电工电子学 B2 试题答案	187
	电工电子学 C1 试题	189
	电工电子学 C1 试题答案	190
	电工电子学 C2 试题	192
	电工电子学 C2 试题答案	193
	参考文献	196

第1章 电路的基本概念和基本定律

本章要解决两个问题：对于简单的电路，能“套”公式；对于复杂电路，则学会列写方程。列写方程的依据包括元件电压电流关系(Voltage Current Relationship, VCR)、基尔霍夫电压定律(Kirchhoff's Voltage Law, KVL)、基尔霍夫电流定律(Kirchhoff's Current Law, KCL)。

1.1 知识梳理

1.1.1 电流、电压的参考方向

定义：电流、电压等代数量为正值时的方向。

1. 符号表示

- (1) 用箭头方向表示，如图 1.1(a) 和图 1.2(a) 所示。
- (2) 用双下标表示，如图 1.1(b) 和图 1.2(b) 所示。
- (3) 电压用+、- 电位表示，如图 1.2(c) 所示。

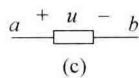
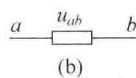
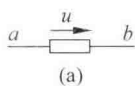
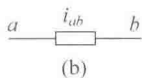
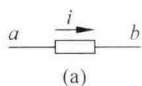


图 1.1 电流的参考方向及其符号表示

图 1.2 电压的参考方向及其符号表示

注意：凡是电路方程中涉及的物理量都要规定参考方向。规定参考方向后，电流或电压就变成代数量。如果某物理量数值为正，表示该物理量的参考方向与其实际方向相同；如果物理量的数值为负，表示该物理量的参考方向与其实际方向相反。

对于同一段电路，有 $i_{ab} = -i_{ba}$, $u_{ab} = -u_{ba}$ 。

2. 关联参考方向

若通过一个元件的电流和其两端的电压的参考方向相同，称为关联参考方向，如图 1.3(a) 所示；若电压与电流的参考方向相反，则称为非关联参考方向，如图 1.3(b) 所示。

注意：对于如图 1.4 所示的理想电压源和理想电流源来说，其电压电流通常是非关联参考方向；但不论是否关联，一定要把电压和电流都表示出来。

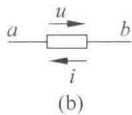
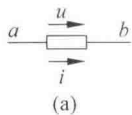


图 1.3 关联参考方向与非关联参考方向



图 1.4 独立电源电压电流参考方向

1.1.2 功率和功率守恒

1. 二端元件(二端网络)吸收或发出功率的判断

如果二端元件(二端网络)的电压和电流为 u 和 i ，则功率为 $p = ui$ 。在关联参考方向

时,有

$$\begin{cases} p > 0, & \text{表示吸收电功率} \\ p < 0, & \text{表示发出电功率} \end{cases}$$

在非关联参考方向时,情况相反。

2. 功率守恒

在任一完整电路中,任一瞬时,发出的功率之和等于吸收的功率之和。

(1) $\sum |p_{\text{发}}| = \sum |p_{\text{消}}|$,任何情况下都可以使用,但要先判断元件是发出还是消耗功率。

(2) $\sum p = 0$,要求所有元件的参考方向都是关联参考方向或者都是非关联参考方向。

1.1.3 电路的基本元件

1. 无源元件

表 1.1 给出了电阻元件、电感元件和电容元件的特征。

表 1.1 电阻元件、电感元件和电容元件的特征

元件 特征	电阻元件	电感元件	电容元件
电压电流关系(VCR)	$u=iR$	$u=L\frac{di}{dt}$	$i=C\frac{du}{dt}$
能量	$\int_0^t Ri^2 dt$	$\frac{1}{2}Li^2$	$\frac{1}{2}Cu^2$
元件类型	耗能元件	储能元件	储能元件

注意:

上述元件都是线性元件,其 R 、 L 、 C 参数都是常数。

上述元件的电压电流关系是对于关联参考方向情况下的,若电压电流关系是非关联参考方向,则需要在公式前加负号。

电阻元件是耗能元件,在任何情况下,电阻都是吸收功率的,不可能发出功率;电感和电容是储能元件,它们有时吸收功率,有时发出功率,与其他元件不断交换功率。

2. 独立(理想)电源

(1) 理想电压源两端电压(电动势)是给定的,其电流由 KCL 确定;

(2) 理想电流源的电流是给定的,而其两端电压由 KVL 确定。

注意:

理想电压源和理想电流源不仅能发出功率,也都有可能吸收功率,需要根据具体电路计算而得。

1.1.4 基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫电流定律(KCL)

在任一瞬时,任一结点上电流的代数和恒等于零。

推广形式:在任一瞬时,通过任一闭合面(大结点)的电流的代数和也恒等于零。

2. 基尔霍夫电压定律(KVL)

在任何时刻,沿回路某一方向(顺时针或逆时针)循行一周,则在这一方向上各段电压的代数和恒等于零。

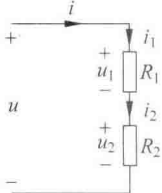
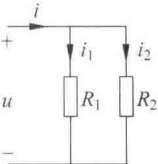
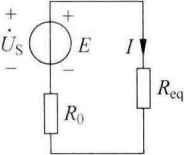
不论元件是否规定了电压或电动势的参考方向,只要循环方向与从+到-的方向一致,就可以判断为电压(位)降,应当取正号;否则,是电位升,取负号。

推广到“开口”回路,只要电路任意两点至少有一条路径,就可以通过 KVL 求这两点之间的电压。

1.1.5 简单电路的分析

可以直接套用公式的电路称为简单电路,表 1.2 汇总了相关公式,以及分析要点。

表 1.2 简单电路的分析公式

两个电阻串联	两个电阻并联	全电路欧姆定律
		
$\begin{cases} R_{eq}=R_1+R_2 \\ i=\frac{u}{R_{eq}} \\ u_1=\frac{R_1}{R_1+R_2}u \\ u_2=\frac{R_2}{R_1+R_2}u \end{cases}$	$\begin{cases} R_{eq}=R_1+R_2 \\ i=\frac{u}{R_{eq}} \\ u_1=\frac{R_1}{R_1+R_2}u \\ u_2=\frac{R_2}{R_1+R_2}u \end{cases}$	$I=\frac{E}{R_{eq}+R_0}$ 如果电源用端电压表示,则 $I=\frac{U_s}{R_{eq}+R_0}$
分析要点: 两个电阻连在同一结点上就是串联,该串联分压公式的参考方向满足 KVL: $u=u_1+u_2$,当然,这里的 u 也可以是 U_s 或 E 。上述公式可以推广到多个电阻的情况	分析要点: 两个电阻(只能是两个)组成回路,且从一个电阻两端引出的情况就是并联,该并联分流公式的参考方向满足 KCL: $i=i_1+i_2$, i 也可以是电流源的电流 i_s 。上述公式只适用于两个电阻,对于多个电阻的情况需要灵活应用	分析要点: 该公式中的 I 与 E 参考方向相同(如果是 U_s ,则 U_s 与 I 反相)。等效电阻 R_{eq} 就是实际电源以外的无源两端网络的等效电阻

下面介绍利用 VCR、KCL 和 KVL 分析电路的原则。

1. 求电路中某电压的方法

- (1) 当元件 R 、 L 、 C 参数和流过其中的电流已知时,可利用元件的电压电流关系求解;
- (2) 当两个电阻串联时,若已知电阻值和串联总电压,可利用分压公式求解;
- (3) 其他情况,如开路电压、理想电流源的电压,只能用 KVL 求解。

2. 求电路中某电流的方法

- (1) 当元件 R 、 L 、 C 参数和两端的电压已知时,可利用元件的电压电流关系求解;
- (2) 当两个电阻并联时,若已知电阻值和并联总电流,可利用分流公式求解;
- (3) 其他情况,如导线上的电流、理想电压源的电流,只能用 KCL 求解。

注意:

以上只介绍了基本思路,还需要根据具体电路灵活运用,尤其是注意巧妙运用 KCL、KVL 的推广形式,有时可以事半功倍。

选择 KVL 写方程时,应优先选择含有理想电压源(电压已知)的回路,避开理想电流源(电压未知)且元件较少的回路。

选择 KCL 写方程时,应优先选择与理想电流源(电流已知)相连的结点,避开理想电压源(电流未知)相连且支路较少的结点。

1.2 典型例题和典型错误

【例 1.1】 在如图 1.5(a)所示的电路中, $R_1=R_2=2\Omega$, $R_3=3\Omega$, $R_4=R_5=6\Omega$, $R_6=1\Omega$, $U_{ab}=12\text{V}$ 。求: (1) a 、 b 两点间的等效电阻 R_{ab} ; (2) 电流 I 。

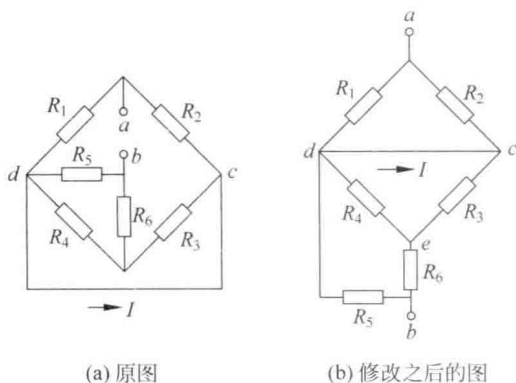


图 1.5 例 1.1 的图

解: (1) 若原电路不方便分析,则可以对其进行改画,其原则是不改变电路的连接关系,即每个元件接的两个结点或每个结点上连接的元件不变。如果有的电压电流规定了参考方向,也不要改变。将端点 a 、 b 引出,最下面的那根导线画在里边,得到如图 1.5 (b) 所示的电路图。显然,电阻 R_1 和 R_2 并联,表示为 $R_1//R_2$; 同理, $R_3//R_4$ 。若把 $R_3//R_4$ 看做一个电阻,则该电阻和 R_6 串联,表示为 $R_6+R_3//R_4$,再与 R_5 并联,可得 R_{ab} 的表达式为

$$R_{ab} = R_1//R_2 + R_5//(R_6 + R_3//R_4) = 3\Omega$$

(2) 导线电流一定要用 KCL 求解,需求出与 c 结点有关的 3 个电流中的另外两个,求电阻上的电流就要求电阻电压,并且多次使用串联分压公式即可。

$$U_{cb} = \frac{(R_3//R_4 + R_6)//R_5}{(R_3//R_4 + R_6)//R_5 + R_1//R_2} U_{ab} = 8\text{V}$$

$$U_{ac} = U_{ab} - U_{cb} = 4\text{V}; \quad I_{ac} = \frac{U_{ac}}{R_2} = 2\text{A}$$

$$U_{ce} = \frac{R_3//R_4}{R_3//R_4 + R_6} U_{cb} = \frac{16}{3}\text{V}$$

$$I_{ce} = \frac{U_{ce}}{R_3} = \frac{16}{9}\text{A}; \quad I = I_{ce} - I_{ac} = -\frac{2}{9}\text{A}$$

本题的主要目的是练习套公式。

【例 1.2】 电路中 5 个元件的电压、电流参考方向如图 1.6 所示, 已知 $I_1 = -4\text{A}$, $I_2 = 6\text{A}$, $U_1 = 140\text{V}$, $U_2 = -90\text{V}$, $U_3 = 60\text{V}$, $U_4 = -80\text{V}$, $U_5 = 30\text{V}$ 。试计算各元件的功率, 并验证功率是否守恒。

解: 计算功率可直接套用公式 $P = UI$, 元件是在吸收还是发出功率由正负号就可以确定, 因为所有元件都是关联参考方向。

元件 1: $P_1 = U_1 \times I_1 = 140 \times (-4) = -560\text{W} < 0$, 发出功率;

元件 2: $P_2 = U_2 \times I_2 = (-90) \times 6 = -540\text{W} < 0$, 发出功率;

元件 4: $P_4 = U_4 \times I_1 = -80 \times (-4) = 320\text{W} > 0$, 吸收功率;

元件 5: $P_5 = U_5 \times I_2 = 30 \times 6 = 180\text{W} > 0$, 吸收功率。

计算元件 3 的功率, 需要先计算电流 I_3 , 根据 KCL 有 $I_3 = I_2 - I_1 = 6 - (-4) = 10\text{A}$, 所以元件 3 功率为 $P_3 = U_3 \times I_3 = 60 \times 10 = 600\text{W} > 0$, 吸收功率。

验证功率守恒, $|P_1| + |P_2| = 560 + 540 = 1100\text{W}$, $P_3 + P_4 + P_5 = 600 + 320 + 180 = 1100\text{W}$, 发出功率 = 吸收功率, 所以功率守恒。本题也可用 $\sum P_i = 0$ 。

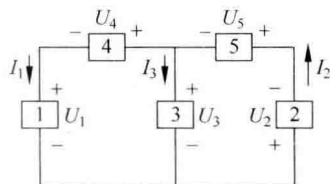


图 1.6 例 1.2 的图

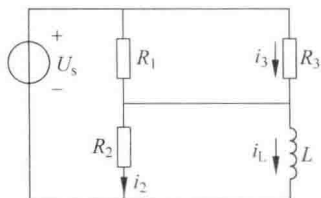


图 1.7 例 1.3 的图

【例 1.3】 在如图 1.7 所示电路中, $R_1 = 60\Omega$, $R_2 = R_3 = 40\Omega$, $L = 6\text{H}$, $U_s = 30\text{V}$, 如果 $i_L = (1.25 - 0.5e^{-2.5t})\text{A}$, 求 u_L , i_2 , i_3 。

解: KCL、KVL 也适用于有电感和电容元件的电路, 只需要结合电感和电容的 VCR 就可以分析电路。现在 i_L 已知, 可求 u_L , 且电感元件与电阻 R_2 组成一个回路, 同时电阻 R_3 、理想电压源 U_s 、电感也组成一个回路, 有

$$u_L = L \frac{di_L}{dt} = 7.5e^{-2.5t}\text{V}$$

由

$$R_2 i_2 - L \frac{di_L}{dt} = 0$$

得

$$i_2 = \frac{L}{R_2} \frac{di_L}{dt} = 0.1875e^{-2.5t}\text{A}$$

由

$$R_3 i_3 + L \frac{di_L}{dt} = U_s$$

得

$$i_3 = \frac{U_s - L \frac{di_L}{dt}}{R_3} = (0.75 - 0.1875e^{-2.5t})\text{A}$$

另外, 得出

$$i_3 = \frac{R_1}{R_1 + R_3}(i_2 + i_L) = (0.75 - 0.1875e^{-2.5t}) \text{ A}$$

请问写出该表达式的依据是什么？

本例的思路就是不断发现电路中的一元一次方程。

【例 1.4】 (1)求图 1.8(a)电路中的 I ；(2)请找出有关电流源的常见错误。

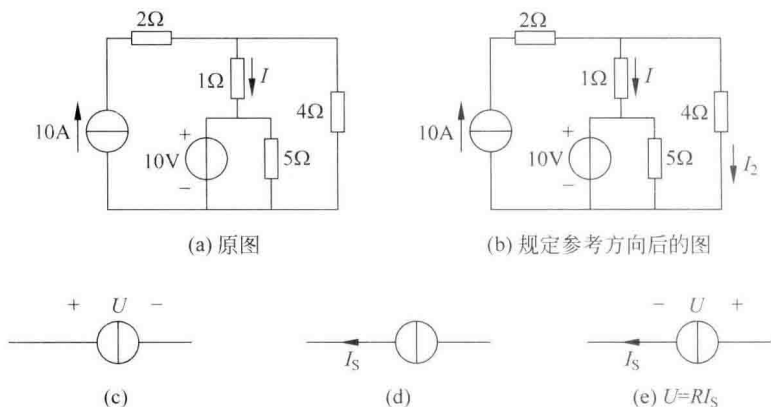


图 1.8 例 1.4 的图

解：有的同学认为，对图 1.8(a)左边那个网孔写 KVL 的一元一次方程， $2 \times 10 + 1 \times I + 10 = 0$ ， $I = -30 \text{ A}$ 。很显然，结果是错误，因为漏了电流源的电压。关于电流源的常见错误有以下几种：

① 图 1.8(c)是电流源的错误表示之一，电流源可以不标电压参考方向（一般电路图中不标），但是不能不标电流参考方向，它是已知量，一定要表示出来；

② 图 1.8(d)中，不标电压参考方向不代表其电压为零，任何元件都有电压和电流，上面那位同学就犯了这个错误；

③ 在图 1.8(e)中，电压参考方向也有了，但非要写成 $U = RI_s$ 。需要强调，电流源中的电流大小与电阻无关，不要混为一谈，尽管答案不会错。

观察电路发现，求 I 的一元一次方程不存在。那就看一看有没有求 I 的二元一次方程。写二元一次方程就要再找一个变量。通常写一个与理想电流源有关的 KCL 方程，再写一个与理想电压源有关的 KVL 方程。这个变量就是右边 4Ω 电阻上的电流 I_2 。

规定 I_2 的参考方向得图 1.8(b)，有

$$I + I_2 = 10 \quad 4I_2 - 10 - I = 0$$

得 $I = 6 \text{ A}$ ， $I_2 = 4 \text{ A}$ 。

如果上述方法有一些“挑战”的话，那么下一章介绍的支路电流法，只需要按步骤进行，即可以求解电路中的任何电压和电流，只需要按步骤完成即可。

【例 1.5】 在如图 1.9 所示的 3 个电路中，(1)求图 1.9(a)中的 I 、 U 、 U_{ab} ；(2)已知图 1.9(b)中 $I_s = 6 \text{ A}$ ，求 I ；(3)求图 1.9(c)中的 U 和理想电压源的发出功率。

解：(1) 在图 1.9(a)中，判断电阻的串、并联关系，上面的 10Ω 与 8Ω 电阻串联后再与 5Ω 电阻并联，由 5 A 电流源供电，有

$$I = -\frac{5}{5 + (10 + 8)} \times 5 = -1.09 \text{ A} \text{ (注意公式的正负!)}$$

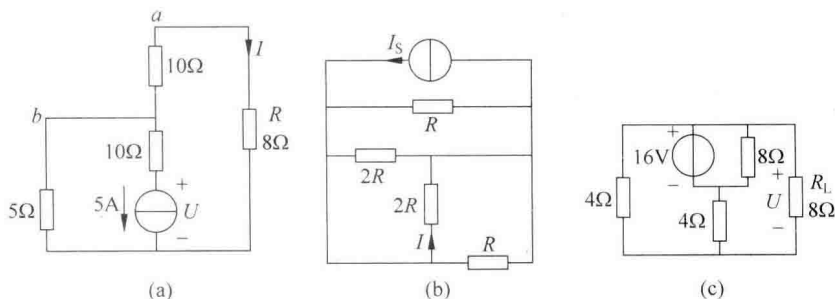


图 1.9 例 1.5 的图

$$\begin{aligned}
 U_{ab} &= -10I = 10.9\text{V} \\
 (10+8)I - U - 5 \times 10 &= 0 \\
 U &= -69.6\text{V}
 \end{aligned}$$

(2) 在图 1.9(b)中的 4 个电阻都是并联,由并联分流公式得

$$I = \frac{R//R}{2R//2R+R//R} \times \frac{2R}{2R+2R} \times I_s = \frac{2R//R//R}{2R//R//R+2R} \times I_s = 1\text{A} \text{ (能解释吗?)}$$

(3) 在图 1.9(c)中,最左边和最右边的两电阻并联后再与电阻(4Ω)串联接在理想电压源(16V)上,由串联分压公式得

$$U = \frac{4//8}{4//8+4} \times 16 = 6.4\text{V}$$

从理想电压源的角度看

$$R_{eq} = 8//(4//8+4) = 3.64\Omega$$

只有一个理想电源,理想电压源发出功率就是等效电阻消耗的功率。

$$p = \frac{16^2}{3.64} = 70.4\text{W}$$

对于基本的串、并联电路一定要熟悉!

1.3 习题解答

1.1 如图 1.10 所示是用变阻器 R 调节直流电机励磁电流 I_f 的电路。已知电机励磁绕组的电阻为 315Ω ,其额定电压为 220V 。若要求励磁电流在 $0.35\sim 0.7\text{A}$ 的范围内变动,试在下列 3 个变阻器中选择较为合适的:

- ① $1000\Omega, 0.5\text{A}$;
- ② $200\Omega, 1\text{A}$;
- ③ $350\Omega, 1\text{A}$ 。

解: 由 $\frac{220}{0.35} = 628\Omega$ 和 $\frac{220}{0.7} = 314\Omega$ 可知,电路总电阻值范围应在 $314\sim 628\Omega$,显然 200Ω

变阻器不适合;考虑到 1000Ω 变阻器的额定功率小于 0.7A ,也不适合,故应选择③号变阻器。

1.2 计算如图 1.11 所示电路中所有元件的功率,并校核整个电路功率是否守恒。

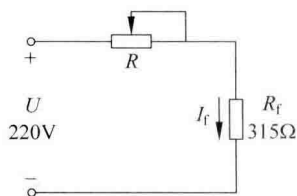


图 1.10 习题 1.1 的图

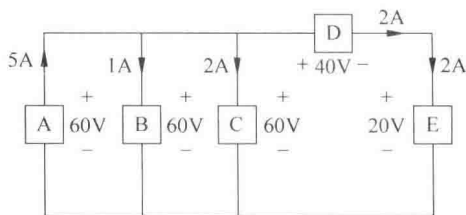


图 1.11 习题 1.2 的图

解：元件 A 功率 $P_A = 60 \times 5 = 300\text{W}$ ，非关联，元件 A 发出功率；

元件 B 功率 $P_B = 60 \times 1 = 60\text{W}$ ，关联，元件 B 吸收功率；

元件 C 功率 $P_C = 60 \times 2 = 120\text{W}$ ，关联，元件 C 吸收功率；

元件 D 功率 $P_D = 40 \times 2 = 80\text{W}$ ，关联，元件 D 吸收功率；

元件 E 功率 $P_E = 20 \times 2 = 40\text{W}$ ，关联，元件 E 吸收功率；

$P_B + P_C + P_D + P_E = 60 + 120 + 80 + 40 = 300\text{W} = P_A$ ，所以整个电路功率平衡。

1.3 试求如图 1.12 所示电路中的各理想电压源、理想电流源、电阻的功率(并说明是发出还是吸收功率)。

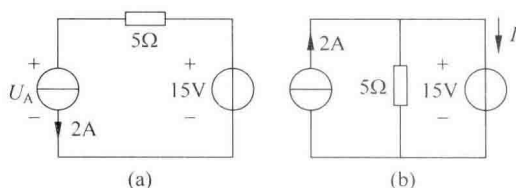


图 1.12 习题 1.3 的图

解：在如图 1.12 (a)所示的电路中，理想电压源、电阻和理想电流源串联组成一个回路。理想电压源功率 $P_E = 15 \times 2 = 30\text{W}$ ，非关联，发出功率。

电阻是耗能元件，只能吸收功率，其吸收的功率 $P_R = 5 \times 2^2 = 20\text{W}$ ；

理想电流源功率 $P_A = U_A I = 10\text{W}$ ，关联，吸收功率。

如图 1.12(b)所示的理想电流源、电阻和理想电压源并联，电压相同，所以理想电流源功率 $P_A = 15 \times 2 = 30\text{W}$ ，非关联，发出功率；电阻吸收的功率 $P_R = \frac{15^2}{5} = 45\text{W}$ ；理想电压源的功率 $P_E = 15I = 15 \times (2 - 3) = -15\text{W}$ ，关联，发出功率。

1.4 讨论如图 1.13 所示电路中的 U_1 与 U_2 以及 I_1 与 I_2 的关系。

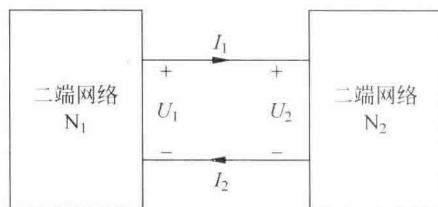


图 1.13 习题 1.4 的图

解：根据 KVL 有 $U_1 = U_2$ ，选择闭合曲面（大结点）覆盖住二端网络 N_1 ，则根据 KCL 有 $I_1 = I_2$ 。

1.5 有两只电阻，其额定值分别为 40Ω 、 $10W$ 和 200Ω 、 $40W$ ，若将两者并联起来，其允许流入的最大电流和允许加载的最高电压分别为多少？

解：由已知条件可知

$$I_{1N} = \sqrt{\frac{P_{1N}}{R_1}} = \sqrt{\frac{10}{40}} = 0.5A, \quad U_{1N} = I_{1N} \times R_1 = 0.5 \times 40 = 20V$$

$$I_{2N} = \sqrt{\frac{P_{2N}}{R_2}} = \sqrt{\frac{40}{200}} = 0.45A, \quad U_{2N} = I_{2N} \times R_2 = 0.45 \times 200 = 90V$$

两电阻并联，所能施加的最高电压不能超过额定电压较小的那个，所以能加上的最大电压为 $20V$ 。此时 R_1 流过的电流 $I_1 = I_{1N} = 0.5A$ ， R_2 流过的电流 $I_2 = \frac{20}{200} = 0.1A$ ，这两个电流都没有超过电阻各自的额定电流，所以流过的最大电流为 $(0.5 + 0.1)A = 0.6A$ 。

1.6 电路如图 1.14 所示，求 A 点的电位 V_A （即 A 点对参考点的电压）。

解：A 点对参考点的电压是一个开口电路的电压，所以应考虑利用 KVL 求解。选择将 1Ω 电阻、 $6V$ 理想电压源和 4Ω 电阻组成一个开口电路，列出 KVL 方程， $V_A = 4 \times I_2 + 6 - 1 \times I_1$ ，且 $6V$ 理想电压源和 4Ω 电阻的电流 I_2 为零。选择由 1Ω 电阻、 $3V$ 理想电压源和 2Ω 电阻组成的回路，根据 KVL 有 $I_1 \times 1 + I_1 \times 2 = 3$ ，解得 $I_1 = 1A$ 。将 I_1 和 I_2 代入前面的公式，得到 $V_A = 4 \times 0 + 6 - 1 \times 1 = 5V$ 。

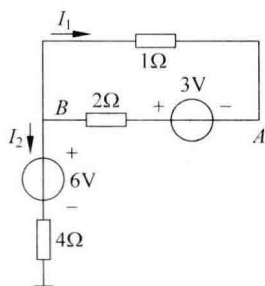


图 1.14 习题 1.6 的图

1.7 求如图 1.15(a)所示电路的 I 和 U 。

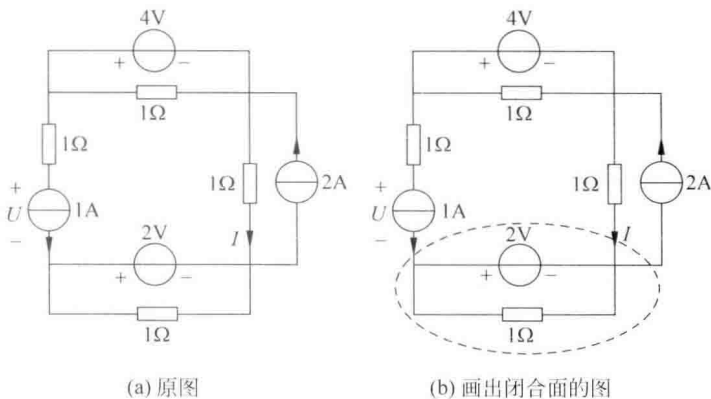


图 1.15 习题 1.7 的图

解：因选择的回路避不开理想电流源，想利用 KVL 和欧姆定律直接求电流 I 不可行。考虑利用 KCL 求解，若直接选择现有的结点，则需要知道理想电压源流过的电流，而理想电压源的电流也是未知的，因此考虑利用 KCL 的推广形式来求解。选择一个闭合曲面覆盖住 $2V$ 理想电压源和与其并联的 1Ω 电阻，如图 1.15(b)所示，根据 KCL 有 $I = 2 - 1 = 1A$ 。电