

新

三导丛书  
XIN SAN DAO CONG SHU

- 重点内容提要
- 重点知识结构图
- 考点及常见题型精解
- 练习与思考题解答
- 课后习题全解
- 学习效果测试及答案

# 电工学简明教程

(高教版)

## 导教·导学·导考

赵锐 李小燕 编

西北工业大学出版社

新三导丛书

# 电工学简明教程

(高教·秦曾煌)

## 导教·导学·导考

赵 锐 李小燕 编

西北工业大学出版社

**【内容简介】** 本书为秦曾煌主编的《电工学简明教程》的配套辅导书,章节顺序和内容体系与教材一致,并涵盖了国内同类教材的重点内容。书中每章内容包括重点内容提要、重点知识结构图、考点及常见题型精解、练习与思考题解答、课后习题全解、学习效果测试及答案六个部分。旨在帮助读者掌握课程内容重点,学会分析问题的方法,提高解题能力,检查学习效果。

本书可供使用秦曾煌主编的《电工学简明教程》教材的学生和青年教师参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

电工学简明教程导教·导学·导考/赵锐,李小燕编. —西安:西北工业大学出版社,2007.7

(新三导丛书)

ISBN 978-7-5612-2249-2

I. 电… II. ①赵…②李… 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 096943 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印刷者:陕西宝石兰印务有限责任公司

开 本:850 mm×1 168 mm 1/32

印 张:13.5

字 数:446 千字

版 次:2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

定 价:18.00 元

# 前 言

本书是根据秦曾煌教授主编的《电工学简明教程》而编写的辅导书。其编写的指导思想是,在内容上重视基础理论,覆盖电工学简明课程全部基本教学要求;在体系上照顾不同专业学生,反映电工学面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的成果;在形式上根据教学实践经验和对相关内容的思考理解,简明描述电工学的重点、难点和考点内容,使学生迅速把握课程重点。

本书共分 16 章,与原教材一一对应,每章内容包括重点内容提要、重点知识结构图、考点及常见题型精解、练习与思考题解答、课后习题全解、学习效果测试及答案。“重点内容提要”和“重点知识结构图”概述了该章教学基本内容和重点,以帮助读者掌握教材的内容重点和知识体系。“考点及常见题型精解”概述了该章常考内容,选取各种不同类型的具有代表性的典型例题,给出了解题思路和解答过程,并在题后作出评注,提示了应注意的问题和拓宽内容。“练习与思考题解答”和“课后习题全解”对教材的练习与思考题及习题给出了详细的解答,指导读者如何解题。“学习效果测试及答案”供读者检查学习效果。

本书由合肥工业大学电气与自动化工程学院的赵锐和李小燕编写。其中,第 1~8 章、第 14 章由赵锐编写;第 9~13 章、第 15 章、第 16 章由李小燕编写,钱自拓和毕锐参加了部分解题工作,蒋琳和郭蕾参加了部分插图绘制工作。本书由南京理工大学自动化学院教授主审,特此感谢。另外,上海交通大学吴婷博士及合肥工业大学电工理论与新技术系全体同事对本书给予了宝贵的建议和支持,在编写

---

---

过程中作者学习和借鉴了有关的参考文献,获益匪浅。在此一并表示感谢!

由于编者水平和经验有限,加之编写时间仓促,书中难免会有不妥或错误之处,敬请广大读者批评指正。

**编 者**

2007年2月

# 目 录

<b>第 1 章 电路及其分析方法</b> .....	1
1.1 重点内容提要 .....	1
1.2 重点知识结构图 .....	8
1.3 考点及常见题型精解 .....	9
1.4 练习与思考题解答.....	15
1.5 课后习题全解.....	28
1.6 学习效果测试及答案.....	48
<b>第 2 章 交流正弦电路</b> .....	51
2.1 重点内容提要.....	51
2.2 重点知识结构图.....	62
2.3 考点及常见题型精解.....	62
2.4 练习与思考题解答.....	69
2.5 课后习题全解.....	81
2.6 学习效果测试及答案 .....	100
<b>第 3 章 磁路和变压器</b> .....	103
3.1 重点内容提要 .....	103
3.2 重点知识结构图 .....	109
3.3 考点及常见题型精解 .....	109
3.4 练习与思考题解答 .....	114

---

---

3.5	课后习题全解 .....	118
3.6	学习效果测试及答案 .....	123
<b>第4章</b>	<b>电动机</b> .....	<b>125</b>
4.1	重点内容提要 .....	125
4.2	重点知识结构图 .....	134
4.3	考点及常见题型精解 .....	135
4.4	练习与思考题解答 .....	142
4.5	课后习题全解 .....	146
4.6	学习效果测试及答案 .....	151
<b>第5章</b>	<b>继电接触器控制系统</b> .....	<b>153</b>
5.1	重点内容提要 .....	153
5.2	重点知识结构图 .....	158
5.3	考点及常见题型精解 .....	158
5.4	练习与思考题解答 .....	162
5.5	课后习题全解 .....	163
5.6	学习效果测试及答案 .....	174
<b>第6章</b>	<b>可编程控制器</b> .....	<b>175</b>
6.1	重点内容提要 .....	175
6.2	重点知识结构图 .....	180
6.3	考点及常见题型精解 .....	180
6.4	练习与思考题解答 .....	186
6.5	课后习题全解 .....	189
6.6	学习效果测试及答案 .....	197

---

---

<b>第 7 章 工业企业供电与安全用电</b> .....	200
7.1 重点内容提要 .....	200
7.2 重点知识结构图 .....	202
7.3 考点及常见题型精解 .....	203
7.4 课后习题全解 .....	203
7.5 学习效果测试及答案 .....	205
<b>第 8 章 电工测量</b> .....	206
8.1 重点内容提要 .....	206
8.2 重点知识结构图 .....	211
8.3 考点及常见题型精解 .....	211
8.4 课后习题全解 .....	213
8.5 学习效果测试及答案 .....	219
<b>第 9 章 半导体二极管和晶体管</b> .....	220
9.1 重点内容提要 .....	220
9.2 重点知识结构图 .....	224
9.3 考点及常见题型精解 .....	225
9.4 练习与思考题解答 .....	227
9.5 课后习题全解 .....	229
9.6 学习效果测试及答案 .....	236
<b>第 10 章 基本放大电路</b> .....	238
10.1 重点内容提要.....	238
10.2 重点知识结构图.....	250
10.3 考点及常见题型精解.....	251



---

---

10.4	练习与思考题解答	256
10.5	课后习题全解	262
10.6	学习效果测试及答案	271
<b>第 11 章</b>	<b>运算放大电路</b>	<b>275</b>
11.1	重点内容提要	275
11.2	重点知识结构图	285
11.3	考点及常见题型精解	286
11.4	练习与思考题解答	290
11.5	课后习题全解	292
11.6	学习效果测试及答案	305
<b>第 12 章</b>	<b>直流稳压电源</b>	<b>309</b>
12.1	重点内容提要	309
12.2	重点知识结构图	317
12.3	考点及常见题型精解	317
12.4	练习与思考题解答	320
12.5	课后习题全解	322
12.6	学习效果测试及答案	329
<b>第 13 章</b>	<b>门电路和组合逻辑电路</b>	<b>333</b>
13.1	重点内容提要	333
13.2	重点知识结构图	348
13.3	考点及常见题型精解	349
13.4	练习与思考题解答	354
13.5	课后习题全解	359
13.6	学习效果测试及答案	374

---

---

<b>第 14 章 触发器和时序逻辑电路</b> .....	377
14.1 重点内容提要 .....	377
14.2 重点知识结构图 .....	391
14.3 考点及常见题型精解 .....	391
14.4 练习与思考题解答 .....	397
14.5 课后习题全解 .....	398
14.6 学习效果测试及答案 .....	409
<b>* 第 15 章 模拟量和数字量的转换</b> .....	412
15.1 重点内容提要 .....	412
15.2 考点及常见题型精解 .....	414
15.3 课后习题全解 .....	415
15.4 学习效果测试及答案 .....	416
<b>第 16 章 计算机网络与现代通信技术</b> .....	417
16.1 重点内容提要 .....	417
16.2 课后习题全解 .....	418
<b>参考文献</b> .....	422

# 第 1 章 电路及其分析方法

## 1.1 重点内容提要

本章要求:掌握电路中电流、电压的参考方向,基尔霍夫定律,电位的计算;理解电功率和额定值的意义;掌握电压源、电流源及其等效变换;掌握支路电流法、叠加原理和戴维宁定理的分析方法;掌握换路定则、电路暂态分析的三要素法。

### 1.1.1 电路的基本概念

#### 1. 电路模型

- (1) 由理想电路元件组成的电路。
- (2) 理想电路元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等。
- (3) 电源的电压或电流称为激励;激励在各部分产生的电压和电流称为响应。

#### 2. 电压和电流的参考方向

(1) 实际方向:① 电流的实际方向:正电荷运动的方向或负电荷运动的方向;② 电压的实际方向:由高电位端指向低电位端;③ 电源电动势的实际方向:电源内部由低电位端指向高电位端。

(2) 参考方向:电压、电流的参考方向是任意假设的。① 电流的参考方向:用箭头表示;② 电压的参考方向:用极性“+”“-”表示,还可用双下标或箭头表示。

当参考方向与实际方向相同时,其值为正;反之为负值。

#### 3. 电源有载工作、开路与短路

典型电路如图 1.1 所示。

(1) 开路(空载): 开关 S 断开或  $R_L = \infty, I_L = 0$ , 电源端电压  $U_0 = U_S$  (或  $U_0 = E$ ),  $P_L = P_S = 0$ , 负载端电压  $U_L = 0$ 。

(2) 短路: 如图 1.1 中虚线所示(或  $R_L = 0$ ),  $I_S = \frac{E}{R_0} = \frac{U_S}{R_0}$  很大,  $U_L = 0, I_L = 0, P_L = 0$ 。不会损坏用电设备, 但  $P_0 = P_S = I_S^2 R_0$ 。电源内部发热而损坏, 要用熔断器保护电源。

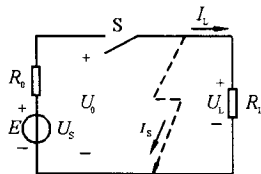


图 1.1

(3) 有载工作:  $0 < R_L < \infty, I_L = \frac{U_S}{R_0 + R_L}$ ,

$U_L = I_L R_L = U_S - I_L R_0 = U_S - \Delta U$ ,  $\Delta U = I_L R_0$  为内阻压降。功率平衡式  $P_S = P_0 + P_L = I_L^2 R_0 + U_L I_L$ 。

(4) 电源与负载的判别:

电源:  $U$  和  $I$  的实际方向相反, 发出功率。

负载:  $U$  和  $I$  的实际方向相同, 取用功率。

(5) 额定值与实际值: 额定值是为电气设备在给定条件下正常运行而规定的允许值。额定电压、额定电流、额定功率分别用  $U_N, I_N$  和  $P_N$  表示。

一定电压下, 电源输出的电流和功率由负载的大小决定。

#### 4. 电路中电位的计算

(1) 参考电位: 计算电位时, 必须选择电路中的某一点为参考点, 此电位称为参考电位。通常设参考电位为零。

(2) 电位的计算: 电路中某点电位等于该点与参考点之间的电压。电位值随参考点的改变而改变, 但任意两点间电压值不变。

### 1.1.2 电路的基本定律

#### 1. 欧姆定律

流过一段线性电阻的电流与其两端电压成正比, 即

$$\frac{U}{I} = R$$

#### 2. 基尔霍夫电流定律(KCL)

(1) 内容: 在任一瞬间, 流向某一节点的电流之和等于流出该节点电流之和。

(2) 目的: 确定同一节点上各支路电流之间的关系。

(3) 推广: 在任一瞬间, 通过任一封闭面的电流的代数和恒等于零。

### 3. 基尔霍夫电压定律(KVL)

(1) 内容: 在任一瞬间, 沿任一回路循行方向, 回路中各段电压的代数和恒等于零。

(2) 目的: 确定回路中各段电压之间的关系。

(3) 推广: 可用于回路的部分电路。

## 1.1.3 电路的分析方法

### 1. 电阻的串联与并联

(1) 电阻的串联: 首尾相接, 通过同一电流。总电阻为各电阻值之和, 即

$$R = \sum R_i$$

各电阻电压分配关系: 串联电阻电压的分配与电阻成正比, 即

$$U_i = \frac{R_i}{R} U_s$$

式中,  $U_s$  为总电压。

(2) 电阻的并联: 首首相接、尾尾相接, 承受同一电压。总电阻为

$$R = \frac{1}{\sum \frac{1}{R_i}}$$

各支路电流与电阻值成反比, 即

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

两电阻并联的分流公式为

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_s, \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_s$$

式中,  $I_s$  为总电流。

并联的负载电阻愈多(负载增加), 则总电阻愈小, 电路中总电流和总功率也就愈大。但每个负载的电流和功率却没有变动。

### 2. 电压源与电流源及其等效变换

一个电源可以用电压源和电流源两种模型来表示。

(1) 电压源: 电压源模型如图 1.2(a) 所示。图中,  $E$  为电源电动势,  $R_0$  为电源内阻,  $U$  为电源端电压,  $R_L$  为负载电阻,  $I$  为负载电流, 可得

$$U = E - R_0 I$$

(2) 电流源: 电流源模型如图 1.2(b) 所示, 则有

$$I_s = \frac{U}{R_0} + I$$

式中,  $I_s = \frac{E}{R_0}$  为电源的短路电流。

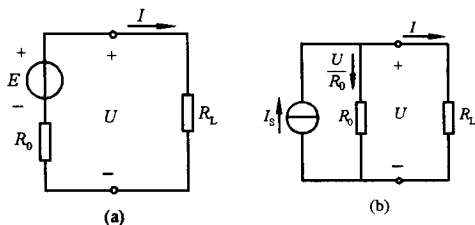


图 1.2

(3) 电源的等效变换: 电压源和电流源有相同的外特性时, 两者可等效变换。电压源变换为电流源时, 有

$$I_s = \frac{E}{R_0}$$

电流源变换为电压源时, 有

$$E = I_s R_0$$

注意: ① 等效是对外电路等效, 而对内电路则不等效。

② 等效后电源的方向和极性要一致。

③ 理想电压源和理想电流源不能等效变换。

④ 与理想电压源串联的任何电阻或与理想电流源并联的任何电阻, 都可看成它们的内阻参与等效变换。

⑤ 与理想电压源并联的元件在变换时不起作用, 可以去掉(开路); 与理想电流源串联的元件在变换时不起作用, 可以去掉(短接)。

⑥ 用电源等效变换求解电路时, 至少应保留一条支路始终不参与变换, 作为外电路存在。求出该支路电流后再将其放回原电路中, 以便求其余的支路电流。

### 3. 支路电流法

(1) 解题步骤:

- ① 任意选定支路电流和电压的参考方向。
- ② 对其中的 $(n-1)$ 个独立节点列 KCL 方程。
- ③ 对其中的 $b-(n-1)$ 个独立回路列 KVL 方程。
- ④ 联立解上述 $b$ 个方程,得到 $b$ 个支路电流。

(2) 支路电流法的缺点:当支路数较多而只求一条支路的电流时,过程烦琐。

#### 4. 叠加原理

(1) 内容:对于线性电路,任何一条支路的电流,都可以看成是由电路中各个电源分别作用时,在此支路中所产生的电流的代数和。

(2) 方法要点:

- ① 适用于任何线性电路。
- ② 计算时先标明各支路电流、电压的参考方向。
- ③ 将电路分解为各理想电源单独作用的分电路,将不作用的理想电源除源(理想电压源短接,理想电流源开路)。

④ 叠加时注意电流和电压的参考方向。若分电路中的电流和电压与原电路中电流和电压的参考方向相反,则叠加时相应项前要带负号。

⑤ 功率不是电压和电流的一次函数,故不能用叠加原理来计算功率。

#### 5. 戴维宁定理

(1) 内容:任何一个有源二端线性网络都可以用一个电动势为 $E$ 的理想电压源和内阻为 $R$ 。串联的电源来等效代替。等效电源的电动势就是有源二端网络的端口开路电压;等效电源的内阻等于有源二端网络中所有电源均除去(理想电压源短路,理想电流源开路)后所得到的无源二端网络两端之间的等效电阻。

(2) 方法要点:

① 当一个复杂电路只需求其中一条支路的电压或电流时,可断开待求支路,将电路的其余部分看做是一个有源二端网络。

② 应用戴维宁定理,首先求该二端网络的开路电压。

③ 将上述有源二端网络除源,求所得的无源二端网络的等效电阻。

④ 画出理想电压源和内阻串联的戴维宁等效电路,接上待求支路,求出其中电流或电压。

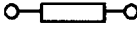

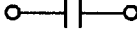
⑤ 适用于只求一条支路的电流或电压。

### 1.1.4 电路的暂态分析

#### 1. 电阻、电感和电容元件

各元件及性质如表 1.1 所示。

表 1.1

元 件 性 质	电阻 $R/\Omega$	电感 $L/H$	电容 $C/F$
电路符号			
参数意义	$R = \frac{u}{i} = \rho \frac{l}{S}$	$L = \frac{N\phi}{i} = \frac{\mu SN^2}{l}$	$C = \frac{q}{u} = \frac{\epsilon S}{d}$
电流电压关系式	$u = iR$	$u = L \frac{di}{dt}$	$i = C \frac{du}{dt}$
能量	$W = uit$	$W = \frac{1}{2} Li^2$	$W = \frac{1}{2} Cu^2$

#### 2. 换路定则

当电路中含有储能元件(电感或电容)时,由于物质所具有的能量不能跃变,因此在发生换路时(指电路接通、断开或结构和参数发生变化),电路从一个稳定状态变化到另一个稳定状态一般需要经过过渡状态才能到达。由于过渡状态所经历的时间往往很短,因此又称暂态过程。

根据能量不能跃变,在电路中有:

(1) 电感中的电流不能跃变,即

$$i_L(0_+) = i_L(0_-)$$

(2) 电容两端电压不能跃变,即

$$u_C(0_+) = u_C(0_-)$$

确定初始值的方法:

① 在  $t = 0_-$  电路中,对直流电路,若换路前已稳定,则电容可视为开路,电



感可视为短路, 求出  $i_L(0_-)$  和  $u_C(0_-)$ 。

② 在  $t = 0_+$  电路中, 由换路定则可求出  $i_L(0_+)$  和  $u_C(0_+)$ , 电容用电压值为  $u_C(0_+)$  的理想电压源代替, 电感用电流值为  $i_L(0_+)$  的理想电流源代替。

③ 最后在  $t = 0_+$  电路中, 应用电路分析方法, 求出各支路电流和元件端电压的初始值。

### 3. RC 电路的响应

(1) 零输入响应: 无电源激励, 输入信号为零, 由电容元件初始状态  $u_C(0_+) = U_0$  所产生的电路响应, 则有

$$u_C = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

实质: 电容放电过程。

(2) 零状态响应: 换路前电容元件未储能 ( $u_C(0_-) = 0$ ), 由电源激励所产生的电路响应, 则有

$$u_C = U - U e^{-\frac{t}{RC}} = U(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

实质: 电容充电过程。

(3) 全响应: 电源激励和电容元件初始状态  $u_C(0_+)$  均不为零时电路的响应, 也就是零输入响应和零状态响应的叠加, 则有

$$u_C = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + U(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

### 4. RL 电路的响应

(1) 零输入响应

$$i = I_0 e^{-\frac{R}{L}t} = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

(2) 零状态响应

$$i = \frac{U}{R} - \frac{U}{R} e^{-\frac{R}{L}t} = \frac{U}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

(3) 全响应

$$i = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{U}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = \frac{U}{R} + (I_0 - \frac{U}{R})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

### 5. 一阶线性电路暂态分析的三要素法

(1) 一阶线性电路: 仅含一个储能元件或可等效为一个储能元件的线性电路, 其微分方程都是一阶常系数线性微分方程, 这种电路称为一阶线性电路。

(2) 三要素法的通式为

$$f(t) = f(\infty) + [f(0_+) - f(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$