

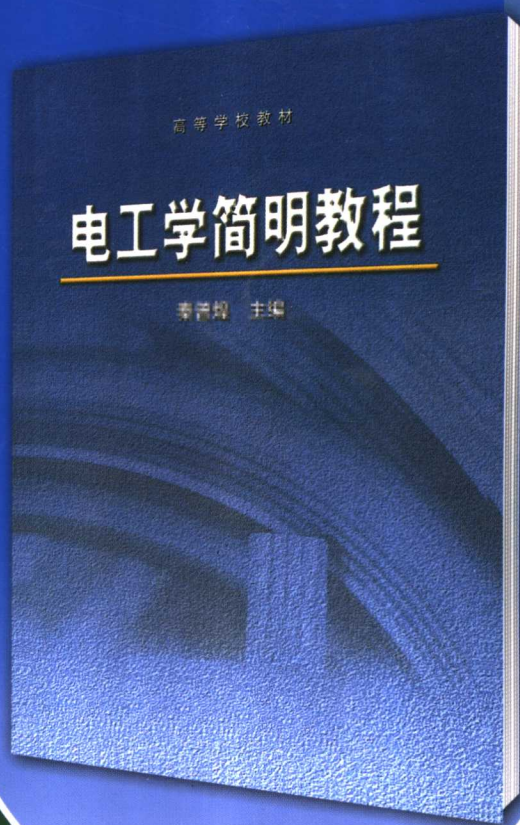


高等学校优秀教材辅导丛书
GAODENG XUEXIAO YOUXIUJIAOCAI FUDAOCONGSHU

主编 姚建红 刘继承 付光杰 张忠伟

电工学简明教程

知识要点与习题解析



哈尔滨工程大学出版社

高等学校优秀教材辅导丛书

电工学简明教程 知识要点与习题解析

(配秦曾煌教材·高教版)

主 编 姚建红 刘继承
付光杰 张忠伟

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书为配合高等教育出版社出版的高等学校教材——秦曾煌教授主编的《电工学简明教程》一书而编写的。本书主要包括知识要点,书后思考题解答,书后习题解析、同步训练题和同步训练题答案五部分。本书对非电类各专业的学生学习电工学是一本很好的辅助教材,也适用于高等职业教育、高等专科学校及成人高等教育的非电类专业学生学习。

图书在版编目(CIP)数据

电工学简明教程知识要点与习题解析/姚建红,刘继承,付光杰,张忠伟主编.—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2006

ISBN 7-81073-827-5

I.电… II.①姚…②刘…③付…④张… III.电学-高等学校-教学参考资料… IV.TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 078298 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 17
字 数 350 千字
版 次 2006 年 12 月第 1 版
印 次 2006 年 12 月第 1 次印刷
印 数 1—3 000 册
定 价 22.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn



P r e f a c e

前言

本书是高等学校电工学课程的辅导书,主要是配合秦曾煌教授主编的《电工学简明教程》而编写的。书中内容紧密结合教材,突出重点,详略得当,对易混淆的问题及概念进行系统的归纳。旨在帮助读者掌握课程的重点和难点,提高课程的水平以及扩展解题思路及技巧。

本书各章节与原教材一一对应,每章内容主要包括知识要点,书后思考题解答,书后习题解析、同步训练题和同步训练题答案五部分。

本书具有以下特点。

1. 知识要点部分系统地对每一章的内容进行归纳总结,逻辑性强。
2. 练习与思考题与每一章内容密切配合,主要应用本章、本节的内容进行解答,以帮助读者掌握该章的基本概念及基本方法。
3. 同步训练题根据教学的需要,精当选材,适当地增加难度。

本书由大庆石油学院电气工程学院的姚建红、刘继承、付光杰和张忠伟四位老师编写。由于水平和能力有限,加之编写时间仓促,书中不妥之处在所难免,希望广大读者批评、指正。

编者

2006年12月

第1章 电路及其分析方法	1
知识要点	1
1.1 电路模型	1
1.2 电压和电流的参考方向	1
1.3 电源的有载工作、开路与短路	2
1.4 基尔霍夫定律	3
1.5 电阻的串联和并联	3
1.6 支路电流法	4
1.7 叠加原理	4
1.8 电压源与电流源及其等效变换	4
1.9 戴维宁定理	5
1.10 电路中电位的计算	6
1.11 电路的暂态分析	6
书后思考题解答	8
书后习题解析	18
同步训练题	32
同步训练题答案	34
第2章 正弦交流电路	36
知识要点	36
2.1 正弦电压与电流	36
2.2 正弦量的表示法	37
2.3 单一参数的交流电路	37
2.4 RLC 串联的交流电路	38
2.5 阻抗的串联和并联	39
2.6 电路中的谐振	40
2.7 功率因数的提高	41
2.8 三相电路	41
2.9 非正弦周期电压和电流	43
书后思考题解答	43

书后习题解析	52
同步训练题	67
同步训练题答案	69
第3章 磁路和变压器	72
知识要点	72
3.1 磁路及其分析方法	72
3.2 交流铁芯线圈电路	73
3.3 变压器	74
3.4 电磁铁	75
书后思考题解答	76
书后习题解析	78
同步训练题	83
同步训练题答案	84
第4章 电动机	85
知识要点	85
4.1 三相异步电动机的构造	85
4.2 三相异步电动机的工作原理	85
4.3 三相异步电动机的电路分析	86
4.4 三相异步电动机的转矩与机械特性	87
4.5 三相异步电动机的启动	88
4.6 三相异步电动机的调速	89
4.7 三相异步电动机的制动	89
4.8 三相异步电动机的铭牌数据	90
4.9 三相异步电动机的选择	90
4.10 单相异步电动机	90
4.11 直流电动机	91
4.12 控制电动机	92
书后思考题解答	92
书后习题解析	95

同步训练题	98
同步训练题答案	99
第5章 继电器接触器控制系统	100
知识要点	100
5.1 常用的控制电器	100
5.2 笼型电动机直接启动的控制线路和正反转的控制线路	101
5.3 行程控制	102
5.4 时间控制	102
书后思考题解答	102
书后习题解析	103
同步训练题	109
同步训练题答案	112
第6章 可编程控制器	114
知识要点	114
6.1 可编程控制器的结构和工作方式	114
6.2 可编程控制器的程序编制	115
书后思考题解答	115
书后习题解析	117
同步训练题	123
同步训练题答案	124
第7章 工业企业供电与安全用电	126
知识要点	126
7.1 发电、输电概述	126
7.2 工业企业配电	126
7.3 安全用电	127
7.4 节约用电	127
书后习题解析	127
同步训练题	129
同步训练题答案	131

第 8 章 电工测量	132
知识要点	132
8.1 电工测量仪表的分类	132
8.2 电工测量仪表的型式	132
8.3 电流的测量	133
8.4 电压的测量	133
8.5 万用表	133
8.6 功率的测量	133
8.7 兆欧表	134
书后习题解析	134
同步训练题	138
同步训练题答案	138
第 9 章 半导体二极管和三极管	139
知识要点	139
9.1 半导体的导电特性	139
9.2 半导体二极管	140
9.3 稳压管	140
9.4 半导体三极管	141
书后思考题解答	142
书后习题解析	143
同步训练题	148
同步训练题答案	150
第 10 章 基本放大电路	151
知识要点	151
10.1 共发射极放大电路的组成	151
10.2 共发射极放大电路的分析	152
10.3 静态工作点的稳定	152
10.4 射极输出器	153
10.5 差分放大电路	153

10.6 互补对称功率放大电路	154
10.7 场效应管及其放大电路	154
书后思考题解答	156
书后习题解析	161
同步训练题	170
同步训练题答案	172
第 11 章 运算放大器	174
知识要点	174
11.1 运算放大器的简单介绍	174
11.2 放大电路中的负反馈	176
11.3 运算放大器在信号运算方面的应用	177
11.4 运算放大器在信号处理方面的应用	179
11.5 运算放大器在波形产生方面的应用	182
11.6 集成功率放大器	182
11.7 使用运算放大器应注意的几个问题	183
书后思考题解答	183
书后习题解析	185
同步训练题	194
同步训练题答案	196
第 12 章 直流稳压电源	198
知识要点	198
12.1 整流电路	198
12.2 滤波器	199
12.3 直流稳压电源	200
12.4 晶闸管和可控整流电路	200
书后思考题解答	201
书后习题解析	202
同步训练题	207
同步训练题答案	209

第 13 章 门电路和组合逻辑电路	211
知识要点	211
13.1 分立元件门电路	211
13.2 TTL 门电路	212
13.3 CMOS 门电路	213
13.4 组合逻辑电路的分析	214
13.5 加法器	214
13.6 编码器	214
13.7 译码器和数字显示	215
13.8 半导体存储器和可编程逻辑器件	215
书后思考题解答	216
书后习题解析	220
同步训练题	231
同步训练题答案	232
第 14 章 触发器和时序逻辑电路	235
知识要点	235
14.1 双稳态触发器	235
14.2 寄存器	237
14.3 计数器	237
14.4 由 555 定时器组成的单稳态触发器和无稳态触发器	237
书后思考题解答	238
书后习题解析	239
同步训练题	248
同步训练题答案	250
第 15 章 模拟量和数字量的转换	252
知识要点	252
15.1 数 - 模转换器	252
15.2 模 - 数转换器	252
书后习题解析	253

同步训练题	254
同步训练题答案	254
第 16 章 计算机网络与现代通信技术	255
知识要点	255
16.1 计算机网络概述	255
16.2 现代通信技术概述	255
书后习题解析	256
同步训练题	257
同步训练题答案	258

第 1 章 电路及其分析方法



知识要点

1.1 电路模型

1. 电路模型的定义

将实际元件理想化,在一定条件下突出其主要的电磁性质,忽略其次要因素,将实际元件近似看作理想元件。由一些理想电路元件所组成的电路,就是实际电路的电路模型。

2. 电路模型的本质

电路模型是对电路电磁性质的科学抽象和概括。

3. 电路模型的组成

电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件。

4. 激励

激励是指电源的电压和电流。

5. 响应

响应是指激励在电路各部分产生的电压和电流。

6. 电路分析

电路分析就是在已知电路的结构和元件参数的条件下,讨论电路的激励和响应之间的关系。

1.2 电压和电流的参考方向

对电路进行分析计算时,不仅要算出电压、电流、功率值的大小,还要确定这些量在电路中的实际方向。但是,在电路中各处电位的高低、电流的方向等很难事先判断出来。因此电路内各处电压、电流的实际方向也就不能确定。为此引入有关参考方向的规定。



1. 实际方向

电流的实际方向:正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向。

电压的实际方向:由高电位端指向低电位端。

电动势的实际方向:在电源的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定的。

电流的参考方向:用箭头表示。

电压的参考方向:用极性“+”、“-”,还可用双下标或箭头表示。

3. 电压值、电流值的正负

当电压、电流的参考方向与实际方向相同时,其值为正,反之则为负值。

4. 欧姆定律

流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比。表达式为 $U = \pm IR$,其中 U 和 I 的参考方向一致时取“+”,不一致时取“-”。注意, U 和 I 本身还有正值和负值之分。

1.3 电源的有载工作、开路与短路

电路的有载工作状态、开路与短路如表 1-1 所示。

表 1-1

工作状态	有载状态	空载(开路)	短路
电路图			
负载电阻	R_L	∞	0
电流	$I_L = \frac{E}{R + R_L}$	$I_L = 0$	$I_S = \frac{E}{R}$ (很大), $I_L = 0$
电源输出功率	$P_S = EI_L$	$P_S = 0$	$P_S = EI_S$ (很大)
负载消耗功率	$P_L = UI_L = I_L^2 R_L = U^2 / R_L$	$P_L = 0$	$P_L = 0$
电源端电压	$U = E - I_L R$	$U = E$	$U = 0$
电源内阻上功耗	$P_R = I_L^2 R$	$P_R = 0$	$P_R = I_S^2 R$
平衡关系	$P_S = P_L + P_R$	$P_S = P_L + P_R = 0$	$P_S = P_R$ (烧坏电源)



GAODENG XUEXIAO YOUXIJIAOCAI FUDAOCONGSHU

1.4 基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫电流定律(KCL)

- (1)目的:确定同一节点上支路电流的关系。
 (2)内容:在任一瞬间,流向某一节点的电流之和等于由该节点流出的电流之和。

(3)推广:在任一瞬间,通过任一闭合面的电流的代数和等于零。

2. 基尔霍夫电压定律(KVL)

- (1)目的:确定回路中各段电压间的关系。
 (2)内容:从回路的任意一点循环一周,其电位升之和等于电位降之和。
 (3)推广:用于回路的部分电路。

1.5 电阻的串联和并联

1. 电阻的串联(如图 1-1)

- (1)在电阻中通过同一电流;
 (2)等效电阻: $R = R_1 + R_2$;
 (3)分压公式: $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$, $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$ 。

2. 电阻的并联(如图 1-2)

- (1)电阻连接在两公共节点间,受到同一电压;
 (2)等效电阻: $R = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$;

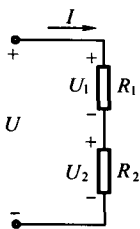


图 1-1

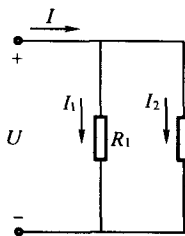
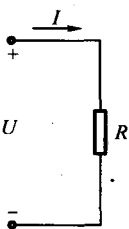


图 1-2

(3)分流公式: $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I。$

1.6 支路电流法

1. 解题步骤

设支路数为 b , 节点数为 n 的电路。

- (1)任意选定支路的电流和电压的参考方向;
- (2)对其中的 $(n - 1)$ 个节点列 KCL 方程;
- (3)对其中的 $b - (n - 1)$ 个回路列 KVL 方程;
- (4)联立解 b 个方程, 得 b 个支路电流。

2. 缺点

当支路数较多, 只求一支路电流时, 过程繁琐。

1.7 叠加原理

1. 内容

对于线性电路, 任一支路的电流, 都可看成是由电路中各电源分别作用时, 在此支路中所产生电流的代数和。

2. 注意事项

- (1)适用于任何线性电路;
- (2)所谓的不作用是将电压源短路、电流源开路;
- (3)叠加时注意电压和电流的参考方向;
- (4)功率不是电压和电流的一次函数, 所以不能用叠加原理来计算功率。

1.8 电压源与电流源及其等效变换

1. 理想电压源

端电压 U 恒等于电动势 E , 不随输出电流 I 而变, 而 I 任意, 取决于负载电阻 R_L 及 U , 其外特性曲线是与 I 轴平行的一条直线, 如图 1-3 所示。

2. 理想电流源

电流 I 恒等于 I_s , 不随输出电压 U 而变, 而 U 任意, 取决于负载电阻 R_L 及 I , 其外特性曲线是与 U 轴平行的一条直线, 如图 1-4 所示。

3. 电压源和电流源

由电动势为 E 的理想电压源串联内阻 R 构成电压源, 由电流为 I_s 的理想电流源并联内阻 R' 构成电流源, 如图 1-5 所示。

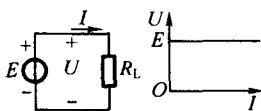


图 1-3

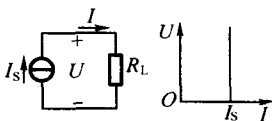


图 1-4

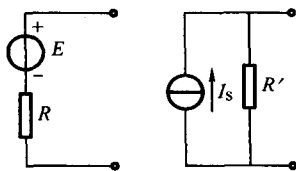


图 1-5

4. 电压源和电流源的等效变换

当电压源与电流源有相同的外特性时, 两者可以等效变换, 电压源变换为电流源时, $I_s = \frac{E}{R}$, $R' = R$; 电流源变换为电压源时, $E = R' I_s$, $R = R'$ 。

注意:

- (1) 等效是对外电路等效, 而对内电路不等效;
- (2) 等效后电源的方向要正确, 理想电流源电流方向同理想电压源正极性保持一致;
- (3) 理想电压源和理想电流源不能等效变换, 因为在电源端口分别连接相同的外电路后两者的伏安关系不可能始终相同;
- (4) 在变换中, 同理想电压源并联的元件对外电路而言可作开路处理, 同理想电流源串联的元件对外电路而言可作短路处理。

1.9 戴维宁定理

1. 二端网络

具有两个出线端的电路称为二端网络。二端网络根据内部是否含有独立电源又分为有源二端网络和无源二端网络。

2. 戴维宁定理

任一有源二端线性网络, 对外电路而言, 可以用一个电动势为 E 的理想电压源和内阻 R_0 串联的电源来等效代替。等效电源的电动势 E 就是有源二端网络的端口开路电压 U_0 , 内阻 R_0 等于有源二端网络中全部电源除去后所得到的无源二端网络的等效电阻。



3. 应用戴维宁定理解题的步骤

(1) 当一个复杂的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成是一个有源的二端网络,求有源二端网络的端口开路电压 U_0 。可用各种分析方法求 U_0 ,如等效变换法、支路电流法、叠加原理等。

(2) 将有源二端网络中全部电源置零,即理想电压源短路,理想电流源开路,得到一个无源二端网络,求无源二端网络的等效电阻。

(3) 画出理想电压源和内阻串联组成的戴维宁等效电路,接上待求支路,求出其中的电压或电流。

1.10 电路中电位的计算

1. 参考电位

在电压计算中,我们只能算出两电位间的电压值,而不能算出某一点的电位值。因此计算电位时,必须选择电路中的某一点为参考点,此种电位称为参考电位。通常设参考电位为零。

2. 结论

- (1) 电路中某点电位等于该点与参考点之间的电压。
- (2) 电位值随参考点的改变而改变,但任意两点间电压值不变。
- (3) 各点电位值是相对的,而电压值是绝对的。

1.11 电路的暂态分析

1. 电阻元件、电感元件和电容元件

各元件及性质如表 1-2 所示。

2. 储能元件和换路定则

(1) 换路:电路的接通、切断、短路,以及电压的改变或参数改变等称为换路。

(2) 暂态过程产生的原因:由于储能元件的能量不能跃变而产生的。

(3) 换路定则:设 $t=0$ 为换路瞬间,而以 $t=0_-$ 表示换路前的终了瞬间, $t=0_+$ 表示换路后的初始瞬间。 0_- 和 0_+ 在数值上都等于 0,但前者是指 t 从负值趋近于零,后者是指 t 从正值趋近于零。从 $t=0_-$ 到 $t=0_+$ 的瞬间,电感元件上的电流和电容元件上的电压不能跃变,这称为换路定则。用公式表示为

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

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