



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套用书



电工学（电工技术） 学习指导及习题解答

● 宋美春 孙霞 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

013043300

TM
249

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套用书

电工学(电工技术)学习 指导及习题解答

宋美春 孙霞 编
主审 魏佩瑜



机械工业出版社



北航

C1650857

TM

249

008830610

本书是与魏佩瑜教授主编的《电工学（电工技术）》第2版一书配套的学习辅导和习题解答教材。本书按教材内容，针对各章节全部习题给出详细解答，思路清晰，逻辑性强，内容详尽，简明易懂。

本书共8章，具体内容包括：电路的基本概念与基本定律、电路的分析方法、电路的暂态分析、正弦交流电路、三相交流电路、磁路与变压器、异步电动机、继电—接触器控制系统。本书每章均按“内容提要”、“基本要求”、“学习指导”、“习题解答”4个方面加以论述。

本书可供本科非电类专业学生或者其他专业人员学习电工技术时选用，亦可供教师教学参考。

图书在版编目（CIP）数据

电工学（电工技术）学习指导及习题解答/宋美春，孙霞编. —北京：机械工业出版社，2013.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套用书

ISBN 978-7-111-41683-8

I. ①电… II. ①宋… ②孙… III. ①电工学—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. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 038891 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：贡克勤 责任编辑：贡克勤 徐 凡

版式设计：霍永明 责任校对：刘秀芝

封面设计：张 静 责任印制：乔 宇

北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）

2013 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

140mm×203mm·6.625 印张·176 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-41683-8

定价：16.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书作者根据当前电工技术发展的趋势和教育部高等学校教学指导委员会制定的电工技术（电工学 I）课程教学基本要求，结合长期从事电工技术教学研究和教学改革的经验与体会，编写了本书。

本书是电工技术的学习辅导和习题解答教材，与魏佩瑜教授主编的《电工学（电工技术）》（第2版）配套，全书内容符合教育部电工学课程教学指导小组拟定的非电类电工、电子技术系列课程教学大纲的要求，可供广大非电类专业的学生和读者使用。

本书每章均按4个部分阐述：

- 1) 内容提要：概述每章的基本内容。
- 2) 基本要求：将每章内容系统地归纳成几个方面。
- 3) 学习指导：讲述每章的重点内容。
- 4) 习题解答：对于每章每节书后练习与思考及习题详细解答。

本书简明扼要地叙述了典型电路的各种分析计算方法以及各种概念和方法在解题过程中的应用，旨在帮助读者熟练掌握本课程的基本理论知识、重点、难点和考点，灵活运用电路的基本分析计算方法和技巧，扩展解题电路，全面提高应试能力和知识的综合应用能力。

本书力求体现素质教育规律，适合学生自学的需要，解决教师因“教”不足而造成“学”不扎实的诸多难题，帮助学生达到“无师自通”的境地。

本书针对各章节全部习题给出详细解答，思路清晰，逻辑性强，循序渐进地帮助读者分析并解决问题，内容详尽，简明易

懂。

本书可作为各类高等院校理工科非电类专业学生学习电工技术课程的参考用书，也可作为考研的复习用书，还可作为电工技术教师教学时的参考用书。

本书由山东理工大学宋美春、孙霞编写。

本书在编写过程中，魏佩瑜教授一直给予关心和帮助，提出许多建议，并且还得到了山东理工大学电工电子教学部全体教师的大力支持，编者在这里一并向他们表示感谢。在编写过程中参阅或引用了部分参考资料，对这些作者，我们表示衷心的感谢。

鉴于编者的水平有限，书中难免有错误和不当之处，恳切希望使用本书的师生以及其他读者提出宝贵的意见和建议，以便进一步修改和完善。

编 者

目 录

前言

第1章 电路的基本概念与基本定律	1
1.1 内容提要	1
1.2 基本要求	1
1.3 学习指导	1
练习与思考解答	5
习题解答	13
第2章 电路的分析方法	20
2.1 内容提要	20
2.2 基本要求	20
2.3 学习指导	20
习题解答	26
第3章 电路的暂态分析	50
3.1 内容提要	50
3.2 基本要求	50
3.3 学习指导	50
练习与思考解答	53
习题解答	58
第4章 正弦交流电路	74
4.1 内容提要	74
4.2 基本要求	74
4.3 学习指导	75
练习与思考解答	80
习题解答	89
第5章 三相交流电路	107
5.1 内容提要	107
5.2 基本要求	107

5.3 学习指导	107
习题解答	112
第6章 磁路与变压器	122
6.1 内容提要	122
6.2 基本要求	122
6.3 学习指导	122
练习与思考解答	128
习题解答	131
第7章 异步电动机	138
7.1 内容提要	138
7.2 基本要求	138
7.3 学习指导	139
练习与思考解答	145
习题解答	150
第8章 继电-接触器控制系统	161
8.1 内容提要	161
8.2 基本要求	161
8.3 学习指导	161
习题解答	166
附录	174
附录A 电工技术试题(A)	174
附录B 电工技术试题(B)	180
附录C “电工技术”试卷的评分标准及参考答案	186
附录D “电工技术”模拟试题(一)	190
附录E “电工技术”模拟试题(二)	194
附录F “电工技术”模拟试题(二)部分答案	199
参考文献	205

第1章 电路的基本概念与基本定律

1.1 内容提要

直流电路的基本概念和基本定理是分析和计算电路的基础和基本方法。这些基础和方法虽然是在直流电路中提出来的,但原则上也适用于正弦交流电路及其他各种线性电路;并且,这些方法也是以后分析电子电路的基础。本章重点讲述电路中几个基本物理量、电压和电流参考方向、电路的工作状态及基本定律。

1.2 基本要求

- 1) 了解电路模型及理想电路元件的意义。
- 2) 能正确应用电路的基本定律。
- 3) 正确理解电压、电流参考方向的意义。
- 4) 了解电路的有载工作、开路与短路状态,并能理解电功率和额定值的意义。
- 5) 熟练掌握分析与计算简单直流电路和电路中各点电位的方法。

1.3 学习指导

本章重点讲述了三个问题:电压、电流和参考方向。同时,对基尔霍夫定律和电路中电位的概念及计算进行了详细的分析推导和计算。虽然这些问题都比较简单,但由于它们贯穿电工学课程始终,所以读者应通过较多的例题和习题逐步建立并加深理解这些概念,达到概念清晰,运用自如灵活,能解决实际问题的目的。

1. 电路的组成及作用

在学习本课程中，首先应掌握电路的两大作用（即强电电路中电的传输、分配和转换；弱电电路中是否准确地传递和处理信息），及其三大组成部分（即电源、中间环节、负载）。要特别注意信号源与一般电源的概念与区别：信号源输出的电压与电流的变化规律取决于所加的信息；电源输出的功率和电流取决于负载的大小。

在学习本课程中，应掌握电路的两大作用（即强电电路中电的传输、分配和转换；弱电电路中是否准确地传递和处理信息）及其三大组成部分（即电源、中间环节、负载）。

2. 电路模型

由理想电路元件组成的电路；其中理想电路元件包括电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等。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。

3. 电路的几个基本物理量

若要正确地分析电路，必须先弄清楚电路中的几个基本物理量。因为电流、电压和电动势这些物理量已在物理课中讲过，所以本章主要讨论它们的参考方向（正方向）和参考极性。

在本章学习过程中应注意两点：第一，在分析任何一个电路中列关系式时，必须首先在电路图上标明电压、电动势和电流的参考方向和参考极性；第二，考虑电压和电流本身给定的正负，即要注意两套正负符号。

因为在任何一个电路中只有参考方向和参考极性确定之后，电路中的电压和电流值才有正负之分。对于电流来说，按标定的参考方向，当计算结果为正（ $I > 0$ ）时，说明电流的实际方向与其参考方向相同。对于电压和电源电动势，一般规定：参考极性高电位端为正，低电位端为负。它们的实际极性同样由计算结果的符号（+、-）来判断。

在这里规定：当被研究元件的电压与电流的参考方向取同一方向时，称为关联参考方向；否则，称为非关联参考方向。

4. 欧姆定律

应用欧姆定律列伏安关系式时,若电压和电流选择非关联方向,伏安关系式必须带负号。遵循欧姆定律的电阻称为线性电阻,否则称为非线性电阻。

5. 电路的工作状态

典型电路的工作状态如图 1-1 所示,电路的工作状态有以下三种:

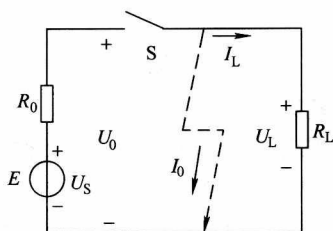


图 1-1 典型电路的工作状态

(1) 开路 (空载状态)

当 S 断开或 $R_L = \infty$ 、 $I_L = 0$ 时

电源电压

$$U_0 = U_s \text{ 或 } U_0 = E$$

负载电压、功率

$$U_L = 0, P_L = P_s = 0$$

(2) 短路

当 $R_L = 0$ (图中虚线所示), 短路电流

$$I_s = \frac{U_s}{R_0} = \frac{E}{R_0}, \text{ 很大}$$

负载电压、电流和功率

$$U_L = 0, I_L = 0, P_L = 0$$

不会损坏用电设备, 当 $P_0 = P_s = I_s^2 R_0$ 时, 电源内部发热而损坏, 要用熔断器保护电源。

(3) 有载工作

当 $0 < R_L < \infty$ 时

负载电流

$$I_L = \frac{U_s}{R_0 + R_L}$$

负载电压

$$U_L = I_L R_L = U_s - I_L R_0$$

功率平衡公式

$$P_0 = P_s - P_L$$

即

$$U_s I_L = I_L^2 R_0 + U_L I_L$$

(4) 电源与负载的区别

电源： U 和 I 的实际方向相反，发出（输出、提供）功率为正；消耗（获得、吸收）功率为负。

负载： U 和 I 的实际方向相同，发出（输出、提供）功率为负；消耗（获得、吸收）功率为正。

6. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫电流定律

$$\sum I = 0$$

基尔霍夫电流定律（KCL）的实质是电流连续性原理，即对包围电路任何点（包括节点在内）闭合面来说，单位时间流入的电荷必须等于单位时间流出的电荷，在节点上不能堆积电荷。它是能量守恒原理在电路中的一种表述，它反映了汇合到电路中任一节点的各支路电流间的相互制约关系。KCL 可以应用于任何一个节点，而且还可以推广应用于“广义节点”，即包围部分电路在内的任一假设的闭合面。

(2) 基尔霍夫电压定律

$$\sum U = 0$$

基尔霍夫电压定律（KVL）的实质是电位单值性原理，即在任意瞬间时，从回路中任何一点出发，沿回路绕行一周又回到出发点时，整个回路各部分的电位差（即电压）之代数和等于零，该点的电位是不会发生变化的。它反映了一个回路中各段电压间

相互制约关系。KVL 可以推广应用于“广义回路”，即可以将其推广应用于“开口电路”。

注意：应用基尔霍夫电压定律时，必须注意式中各项的意义和符号。凡是电动势都采用由负极指向正极为参考方向，写在等号的同一侧；当电动势 E 的方向与环行方向相同时取正值，如相反则取负值。另外，KCL 和 KVL 具有普遍适用性，即适用于任一瞬时、任何变化的电压和电流以及由各种不同元件所构成的电路。

7. 电路中的电位及计算

电位是一个相对值，随参考点的改变而改变；但电位差是一个绝对值，电路中任意两点间的电位差与参考点的选择无关。在一个电路中，如果指某一点为“零电位”参考点，其他各点电位才有意义。

比参考点电位高的电位为正；比参考点电位低的位置为负。正数值越大，说明其电位越高；负数值越小，说明其电位越低。

练习与思考解答

1.3.1 如图 1-2a 所示电路，已知 $U_{ab} = -10\text{V}$ ，试画出 a、b 两点的实际电压方向。

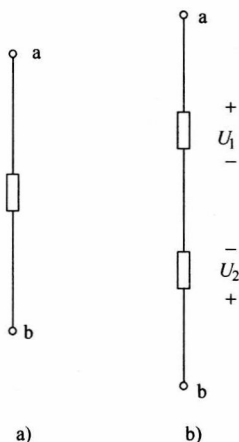


图 1-2 练习与思考 1.3.1 和 1.3.2 的图

解: a、b 两点间的电压降为 10V, 其方向如图 1-3 所示。

1.3.2 如图 1-2b 所示电路, 已知 $U_1 = -10\text{V}$, $U_2 = 12\text{V}$, 求 U_{ab} 等于多少伏?

解: $U_{ab} = U_1 - U_2 = (-10 - 12)\text{V} = -22\text{V}$

1.3.3 如图 1-4 所示电路, 4C 正电荷由 a 点均匀移动至 b 点电场力做功 8J, 由 b 点移动到 c 点电场力做功为 12J, (1) 若以 b 点为参考点, 求 a、b、c 点的电位和电压 U_{ab} 、 U_{bc} ; (2) 若以 c 点为参考点, 再求以上各值。

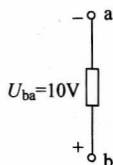


图 1-3 练习与思考 1.3.1 解图

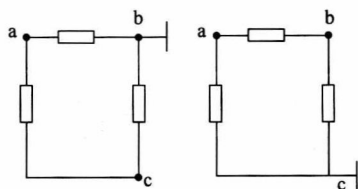


图 1-4 练习与思考 1.3.3 的图

解: $U_{ab} = \frac{8}{4}\text{V} = 2\text{V}$, $U_{bc} = \frac{12}{4}\text{V} = 3\text{V}$, $U_{ab} = V_a - V_b$ 。

(1) 若 $V_b = 0$, 则

$$V_a = 2\text{V}, U_{bc} = V_b - V_c, V_c = V_b - U_{bc} = -3\text{V}$$

$$U_{ab} = 2\text{V}, U_{bc} = 3\text{V}。$$

(2) 若 $V_c = 0$, 则

$$V_b = 3\text{V}, V_a = 5\text{V}, U_{ab} = 2\text{V}, U_{bc} = 3\text{V} \text{ 不变}$$

1.4.1 将一线圈通过开关接在电池上, 试分析在下列 3 种情况下, 线圈中感应电动势的方向: (1) 开关闭合瞬间; (2) 开关闭合较长时间后; (3) 开关断开瞬间。

解:

(1) 开关 S 闭合瞬间: $e|_{t=0+} = U_{ba} = -E$, 方向由 b→a。

(2) 开关闭合较长时间后: $e = 0$ 。

(3) 开关断开瞬间： $e=0$ 。

1.4.2 如果一个电感元件两端电压为零，其储能是否也一定等于零？如果一个电容元件中的电流为零，其储能是否也一定等于零？

解：不一定。

1.4.3 电感元件中通过直流电流时可视作短路，是否此时电感 L 为零？电容元件两端加直流电压时可视作开路，是否此时电容 C 为无穷大？

解： L 不为 0； C 不为 ∞ 。

1.4.4 理想电压源能否短路？理想电流源能否开路？为什么？

解：不可以，因为理想电压源短路时，流过电流 $I \rightarrow \infty$ ，会损坏电源。同理，理想电流源开路时，相当于该电流源电流全通过内阻，对外输出功率为 0，也可能损坏电源。

1.4.5 一个理想电压源向外电路供电时，若再并联一个电阻，这个电阻是否会影响理想电压源对原来外电路的供电情况？一个理想电流源向外电路供电时，若再串联一个电阻，这个电阻是否会影响理想电流源对原来外电路的供电情况？

解：不会；不会。

1.4.6 如图 1-5 所示电路，当电阻 R 在 $0 \sim \infty$ 之间变化时，求电流的变化范围和电压源发出的功率的变化。若为电流源，求电压的变化范围和电流源发出功率的变化。

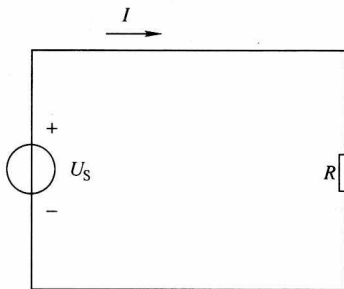


图 1-5 练习与思考 1.4.6 的图

解: $I = \frac{U_s}{R}$

当 $R \rightarrow 0$ 时, $I \rightarrow \infty$, $P = I^2 R \rightarrow \infty$;

当 $R \rightarrow \infty$ 时, $I \rightarrow 0$, $P \rightarrow 0$ 。

若将电压源改为电流源, I 不变, $I = I_s$, $P = I^2 R$, $R \rightarrow 0$, $I = I_s$, $R \rightarrow \infty$, $P = I_s^2 R \rightarrow \infty$ 。

1.5.1 当电源对外输出功率为零时, 是否意味电路就一定短路? 为什么?

解: 不一定。例如电压源处于开路时, 对外输出功率为 0。

1.5.2 有人说电源两端电压即为电源电动势, 此说法对否? 为什么?

解: 不对。因为实际电压源有内阻, 电流流过时端电压小于电源电动势, $U_{ab} = E - IR_0$ 。

1.5.3 电路如图 1-6 所示, 若电源的开路电压为 12V, 其短路电流为 2A, 试问该电源的电动势 E 和内阻 R_0 各为多少?

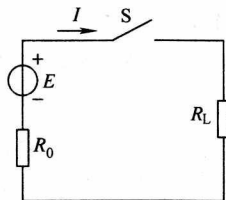


图 1-6 练习与思考
1.5.3 的图

解: 开路时, $E = U_{ab} = 12V$, $I_{短} = \frac{E}{R_0} = 2A \rightarrow R_0 = \frac{12}{2} \Omega = 6\Omega$ 。

1.5.4 在题 1.5.3 中, 当外端电压 $U = 10V$ 时, 求负载 $R_L = ?$ 电源产生的功率是多少? 电源输出的功率又是多少? 负载获得的功率是多少? 电源内部消耗的功率又是多少?

解: 当 $U_{ab} = 10V$, 由 $E = IR_0 + U_{ab}$ 得 $I = \frac{12 - 10}{6} A = \frac{1}{3} A$

功率

$$P_{产生} = EI = \left(12 \times \frac{1}{3}\right) W = 4W$$

$$P_{吸收} = I^2 R_L = \left(10 \times \frac{1}{3}\right) W = \frac{10}{3} W$$

$$P_{\text{输出}} = U_{ab} I = \left(10 \times \frac{1}{3} \right) \text{W} = \frac{10}{3} \text{W}$$

$$P_{\text{内耗}} = I^2 R_0 = \left(\frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times 6 \right) \text{W} = \frac{2}{3} \text{W}$$

1.5.5 额定电压 220V，额定功率为 60W 的灯泡，它的额定电流为多少？如果接到 380V 和 110V 的电源上使用，各有什么问题？

$$\text{解：} I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{60}{220} \text{A} = \frac{3}{11} \text{A}$$

如果接到 380V 和 110V 的电源上，灯泡分别发白光和红光，两者都不能正常工作。

1.6.1 求图 1-7 所示电路中电流源的端电压 u 。

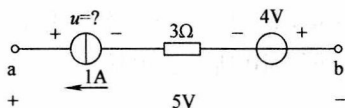


图 1-7 练习与思考 1.6.1 的图

解： $U_{ab} = 5\text{V}$ 且 $U_{ab} = u - (3 \times 1)\text{V} - 4\text{V} = 5\text{V}$ ， $u = 12\text{V}$ 。

1.6.2 求图 1-8 所示电路中的电流 i 。

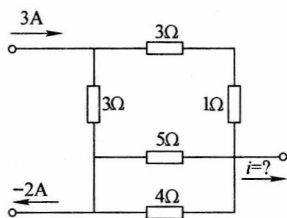


图 1-8 练习与思考 1.6.2 的图

解： $-i + [3 + (+2)]\text{A} = 0$ ， $i = 5\text{A}$ 。

1.6.3 电路如图 1-9 所示，试问有几条支路？几个节点？几个回路？如何书写它们的 KCL 方程和 KVL 方程？

解：6 条支路，4 个节点，7 个回路。

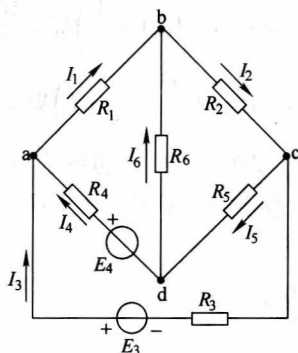


图 1-9 练习与思考 1.6.3 的图

KCL 方程: $4 - 1 = 3$, 有 3 个相互独立。

KVL 方程: $6 - 4 + 1 = 3$, 有 3 个相互独立。

1.6.4 电路如图 1-10 所示, 电流 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 是否也满足 KCL 定律?

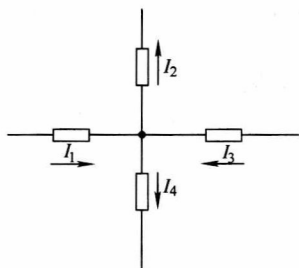


图 1-10 练习与思考 1.6.4 的图

解: 能满足 KCL 定律, 流入电流之和等于流出电流之和, 即

$$I_2 + I_4 = I_1 + I_3$$

1.6.5 电路如图 1-11 所示, 下列几种说法对否?

(1) 基尔霍夫电流定律对各支路为何器件无任何要求, 可以有多个理想的电流源或电压源并联。