

电工基础学习辅导与练习

(第三版)

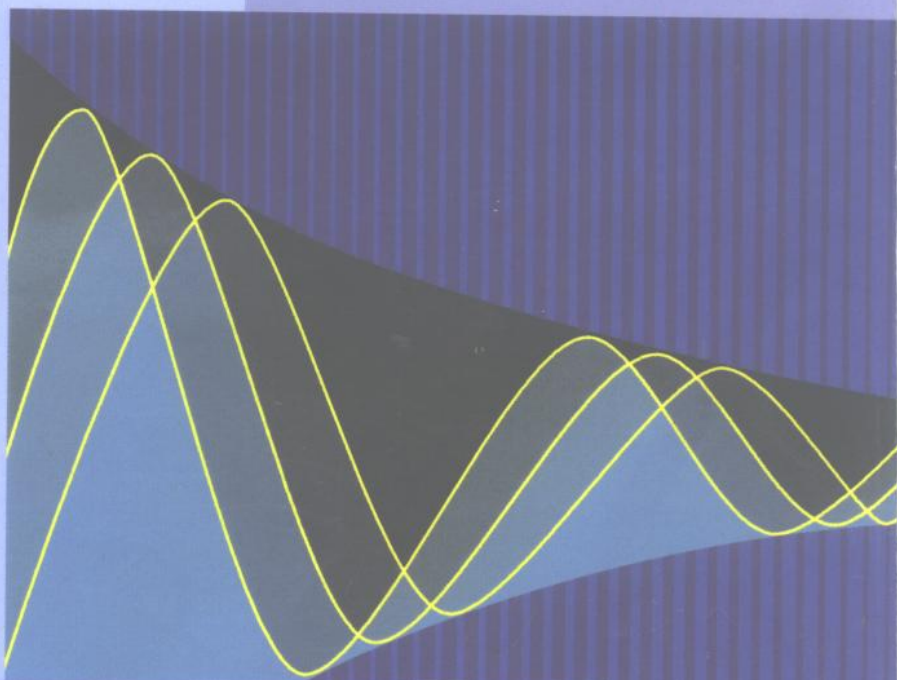
国家教委规划教材

中等职业学校电子电器、电工专业

(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

全国中等职业学校电子电器、电工专业教材编写组编

周绍敏 主编



高等教育出版社

国家教委规划教材
中等职业学校电子电器、电工专业
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

电工基础学习辅导与练习

(第三版)

全国中等职业学校电子电器、电工专业教材编写组编
周绍敏 主编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工基础学习辅导与练习/周绍敏主编. —3版. —北京:
高等教育出版社, 1998.6 (2000重印)
ISBN 7-04-006541-X

I. 电… II. 周… III. 电工-理论-专业学校-学习参考
资料 IV. TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第02150号

出版发行	高等教育出版社		
社 址	北京市东城区沙滩后街55号	邮政编码	100009
电 话	010-64054588	传 真	010-64014048
网 址	http://www.hep.edu.cn		
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	高等教育出版社印刷厂		
开 本	850×1168 1/32	版 次	1994年4月第1版
印 张	6.375		1998年6月第3版
字 数	160 000	印 次	2000年2月第5次印刷
		定 价	7.00元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

本书是与中等职业学校电子电器、电工类专业教材《电工基础》配套的学习辅导与练习。

本书内容紧密结合教材，共分7个单元。每单元包括：内容提要、解题示例、习题和单元测验四部分。内容提要简述该单元的基本内容及重点、难点知识，并作出一些分析和讨论；解题示例着重分析解题方法，阐明解题思路，以帮助学生提高分析问题、解决问题的能力；习题题型一般分为选择题、填充题、实验题、问答和计算题等，通过习题和练习，帮助学生加深对电工基本概念、基本原理和分析方法的理解，以巩固所学知识。单元测验供学生检查学习效果。最后附有习题答案供查阅。

本书可作为职业高中、技工学校、中专等电子电器和电工专业的教学参考书，也可作为成人中等职业教育的培训用书。

3168/66

第三版前言

本书是在第二版试用的基础上修订再版的,它是按照中等职业技术学校电子电器、电工类专业所用电工基础教材的教学要求而编写的。本书的内容紧密结合教材,力求对教材的重点、难点和学生容易混淆的一些概念,进行系统地分析和归纳,并配备一定数量的练习题。

全书按照教材的章节次序共分7个单元,每个单元均包括:内容提要、解题示例、习题和单元测验四部分。内容提要简述该单元的基本内容及重点、难点,并作出一些分析和讨论,介绍编者的教学体会和学习方法。解题示例着重分析解题方法,阐明解题的思路,并对部分题目所得结果进行一些讨论,以帮助学生提高分析问题、解决问题的能力。习题类型一般分为是非题、选择题、填充题、实验题、问答和计算题等,通过习题的练习,帮助学生加深对电工基本概念、基本原理和基本分析计算方法的理解,以巩固所学知识。单元测验供学生检查学习效果。最后附有习题答案。标题前标有*号的为选学内容。

本书由李耀荣、宋健雄、姜有根审阅,他们提出了很多宝贵意见和修改建议,在此深表谢忱。编者还十分感谢对本书第二版提出意见的读者和老师。

由于编者水平和教学经验所限,对每单元教学要求的理解和例题、习题的选择一定存在许多不妥之处,望广大读者和老师提出宝贵意见,以便今后改正提高。

编者

1997年5月

• 1 •

目 录

第一单元 简单直流电路	(1)
一、内容提要	(1)
二、解题示例	(9)
三、习题	(14)
四、单元测验	(25)
第二单元 复杂直流电路	(29)
一、内容提要	(29)
二、解题示例	(34)
三、习题	(42)
四、单元测验	(49)
第三单元 电容	(55)
一、内容提要	(55)
二、解题示例	(59)
三、习题	(66)
四、单元测验	(74)
第四单元 磁场和电磁感应	(79)
一、内容提要	(80)
二、解题示例	(88)
三、习题	(93)
四、单元测验	(103)
第五单元 正弦交流电路	(109)
一、内容提要	(109)
二、解题示例	(118)
三、习题	(125)
四、单元测验	(136)
第六单元 三相正弦交流电路	(140)

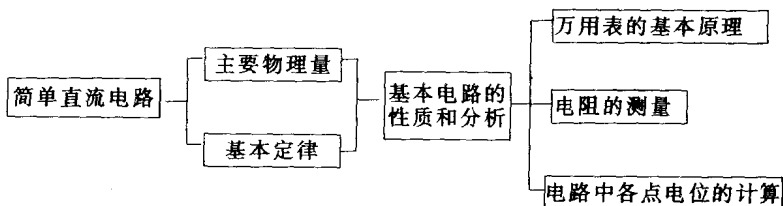
一、内容提要	(140)
二、解题示例	(143)
三、习题	(146)
四、单元测验	(153)
第七单元 变压器和交流电动机	(157)
一、内容提要	(157)
二、解题示例	(163)
三、习题	(168)
四、单元测验	(175)
附录 I 解题注意事项	(180)
一、解题的要求	(180)
二、解题步骤	(181)
附录 II 习题答案	(182)

第一单元 简单直流电路

简单直流电路把物理学和本课程联系起来,起到承前启后的作用,并为学习本课程打好基础。

本单元从电流、电压、电阻、电动势、电能和电功率这些主要物理量出发,以欧姆定律、电阻定律、焦耳定律为核心,研究了一些基本电路的性质以及伏特表、安培表和万用表等基本仪表的原理和使用方法。有些内容虽已在物理课中学过,但本单元在讲解这些内容时与物理课的侧重有所不同,它不是简单的重复,而应该达到温故知新的目的。

本单元的知识体系如下表所示:



一、内 容 提 要

1. 电路

任何复杂的纯电阻电路可以归结为由四部分组成:电源、用电器、开关和导线。电路各部分的作用是:电源将其它形式的能转变为电能;用电器将电能转变为其它形式的能;开关将电路接通或断开;导线将上述各部分连接起来。

2. 电流

(1) 电荷的定向移动叫做电流。电流的方向为正电荷定向移动的方向。

形成电流必须具备两个条件：①要有能够自由移动的电荷——自由电荷。在金属导体中的自由电荷是自由电子；在电解液中的自由电荷是正、负离子。②导体两端必须保持一定的电位差（即电压）。

(2) 电流的大小

① 定义式 $I = \frac{q}{t}$

式中若电荷量 q 的单位用 C(库)，时间 t 的单位用 s(秒)，则电流 I 的单位用 A(安)。

② 电流是标量。电流的大小可用安培表直接测量。

3. 电阻

(1) 电阻是表示导体对电流阻碍作用的物理量。

(2) 金属导体电阻的大小是由它的长短、粗细及材料的性质等因素决定的。

它们之间的关系为

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

即在温度不变时，导体的电阻和它的长度成正比，而和它的横截面积成反比。

式中 ρ 是一个反映材料导电性能的物理量，称为电阻率，单位为 Ωm (欧·米)。式中其它各物理量的单位为：电阻 R 的单位用 Ω (欧)，长度 l 的单位用 m(米)，横截面积 S 的单位用 m^2 (米²)。

(3) 金属导体的电阻还与温度有关。如果在温度为 t_1 时，导体的电阻为 R_1 ，在温度为 t_2 时，导体的电阻为 R_2 ，则

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

式中 α 称为电阻的温度系数。

4. 欧姆定律

(1) 部分电路欧姆定律

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

式中电压 U 的单位用 V(伏), 电流 I 的单位用 A(安), 电阻 R 的单位用 Ω (欧)。

在理解和运用该定律时要注意以下几点:

① R 、 U 、 I 必须属于同一段电路。

② 不可把三个量间的因果关系与数量上的联系混为一谈。

从电流形成条件的角度来分析: 导体两端存在电压是因, 而导体中形成电流是果。欧姆定律则揭示了由导体两端电压决定导体中电流的规律性。 U 、 I 之间的这种联系是因果关系。

在运用欧姆定律解决具体问题时, 已知三个量中任意两个量, 即可求出第三个量。这仅仅是利用了三个量之间数量上的联系。

③ 运用欧姆定律计算电阻时, 即 $R = \frac{U}{I}$ 。这仅仅意味着利用加在电阻两端的电压和通过电阻的电流来量度电阻的大小, 而绝不意味着电阻是由电压和电流的大小决定。无论加在电阻 R 两端的电压取何值, 电压 U 和相应的电流 I 的比值总是不变的。

④ 适用条件: 适用于金属或电解液导电。

(2) 闭合电路欧姆定律

电流形式表达式:
$$I = \frac{E}{R+r}$$

电压形式表达式:
$$E = IR + Ir = U + U'$$

在理解和运用该定律时要注意以下几点:

① 闭合电路中形成电流的条件是必须含有电源电动势。闭合电路的欧姆定律揭示了由电源电动势和电路结构决定闭合电路中电流的规律。

② 电动势 E 是反映电源内非静电力搬运电荷作功能力的物

理量,其定义式为 $E = \frac{W}{q}$ 。

电动势 E 和内电阻 r 均是由电源决定的参数。

③ 外电路电阻 R 是由外电路的结构(外电路中用电器间的连接关系)决定的。外电路结构发生变化时,外电路电阻 R 随之发生变化,与之相应的电路中的电流、电压分配关系以及功率消耗等都要发生变化。所以在运用闭合电路欧姆定律解决具体问题时,一定要注意对电路结构的分析。

④ 端电压随外电路电阻变化的规律是:电路处于导通工作状态时,端电压随外电路电阻的增大而增大,随外电路电阻的减小而减小;电路处于断路状态(即外电路电阻增至无穷大)时,电路中电流 $I=0$,电源内电路的电压降 $U'=0$,这时端电压最大,数值等于电源电动势,即 $U_{\text{端}}=E$;电路处于短路状态(即外电路电阻减为零)时,电路中电流 $I = \frac{E}{r}$,电源内电路的电压降 $U'=E$,这时端电压最小,数值等于零,即 $U_{\text{端}}=0$ 。

⑤ 适用条件:外电路为纯电阻电路。

5. 电路中的能量转换

(1) 电流通过用电器时,将电能转化为其它能。

转换电能的计算: $W=UIt$

电功率的计算: $P=UI$

焦耳定律:电流热效应的规律。

电热: $Q=I^2Rt$

热功率: $P_{\text{热}}=I^2R$

以上公式中,电能 W 的单位用 J(焦),电功率 P 和热功率 $P_{\text{热}}$ 的单位用 W(瓦),电热 Q 的单位用 J, U 、 I 、 R 、 t 的单位分别用 V、A、 Ω 、s。

(2) 电源的功率和电源输出功率

电源内通过非静电力搬运电荷作功将其它形式的能转化为电能,其转化功率称为电源的功率。即

$$P = EI = \frac{E^2}{R + r}$$

电源的功率在内外电路上的分配：

- ① 分配给内电路的功率称为电源内阻消耗的功率，即

$$P_{\text{内}} = I^2 r = \frac{E^2 r}{(R + r)^2}$$

- ② 分配给外电路的功率称为电源输出功率，即

$$P_{\text{出}} = UI = \frac{E^2 R}{(R + r)^2}$$

③ 电源输出功率随外电路电阻变化的规律是：当外电路电阻小于电源内电阻时，电源输出功率随外电路电阻的增大而增大；当外电路电阻大于电源内电阻时，电源输出功率随外电路电阻的增大而减小；当外电路电阻等于电源内电阻时，电源输出功率最大，

其值为 $P_m = \frac{E^2}{4r}$ 。

6. 串、并联电路

- (1) 串联电路的特点

- ① 通过各个电阻的电流相同，即

$$I_1 = I_2 = I_3 = \cdots = I$$

- ② 串联电路两端的总电压等于各个电阻两端电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n$$

而且各个电阻两端的电压与其阻值成正比，即

$$U_1 : U_2 : U_3 : \cdots : U_n = R_1 : R_2 : R_3 : \cdots : R_n$$

若只有两个电阻串联，则

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \quad U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

- ③ 串联电路的总电阻等于各电阻之和，即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

- ④ 串联电路消耗的总电功率等于各个电阻消耗的电功率之

和,即

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_n$$

而且各个电阻消耗的功率与其阻值成正比,即

$$P_1 : P_2 : P_3 : \cdots : P_n = R_1 : R_2 : R_3 : \cdots : R_n$$

(2) 伏特表的改装

运用串联电路的分压作用可完成伏特表的改装,即将电流表与一个分压电阻相串联,便把电流表改装成了伏特表。

分压电阻的大小可根据伏特表所需的量程由串联电路电压分配规律计算出。若将满偏电流为 I_g 、内阻为 R_g 的电流表,改装成量程为 U 的伏特表,这时需串联一个阻值 $R = \frac{U}{I_g} - R_g$ 的分压电阻。

(3) 并联电路的特点

① 各个电阻两端的电压相同,即

$$U_1 = U_2 = U_3 = \cdots = U_n = U$$

② 通过并联电路的总电流等于各支路电流之和,即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n$$

而且通过各支路的电流与支路电阻成反比,即

$$I_1 : I_2 : I_3 : \cdots : I_n = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \cdots : \frac{1}{R_n}$$

若只有两个电阻并联,则

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

③ 并联电路总电阻的倒数等于各个电阻倒数之和,即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

若只有两个电阻并联,则

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

④ 并联电路消耗的总电功率等于各个电阻消耗电功率之和。

即

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_n$$

而且各个电阻消耗的功率与其阻值成反比。即

$$P_1 : P_2 : P_3 : \cdots : P_n = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \cdots : \frac{1}{R_n}$$

(4) 安培表的改装

运用并联电路的分流作用可完成安培表的改装,即将电流表与一个分流电阻相并联,便把电流表改装成了安培表。

分流电阻的大小可根据安培表的量程由并联电路电流分配规律算出。若将满偏电流为 I_g 、内阻为 R_g 的电流表改装成量程为 I 的安培表,这时需并联一个阻值 $R = \frac{I_g}{I - I_g} R_g$ 的分流电阻。

7. 电池组

(1) n 个相同的电池串联成电池组时

$$E_{\text{串}} = nE \quad r_{\text{串}} = nr$$

(2) n 个相同的电池并联成电池组时

$$E_{\text{并}} = E \quad r_{\text{并}} = \frac{r}{n}$$

8. 电阻的测量

(1) 伏安法

伏安法是根据欧姆定律测量电阻的方法。由于考虑到伏特表和安培表的内阻对测量结果的影响,测量电路可采用两种接法——安培表外接法和安培表内接法。在进行电阻测量时,可根据具体测量条件在两种电路接法中作选择:当被测电阻 $R \gg$ 安培表内

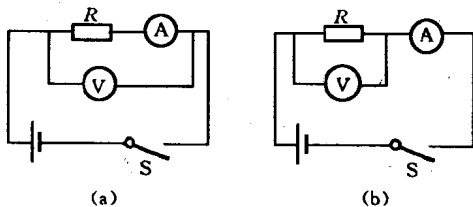


图 1-1 伏安法测电阻接线图

阻 R_A 时,采用安培表内接法,见图 1-1(a);当被测电阻 $R \ll$ 伏特表内阻 R_V 时,采用安培表外接法,见图 1-1(b),以减小由测量仪表引起的测量误差。

(2) 电桥法

电桥法是利用电桥平衡条件测量电阻的方法。图 1-2 所示为惠斯通电桥电路。桥臂 R_1 、 R_2 为固定电阻,桥臂 R_3 为可变电阻,桥臂 $R_4 = R_x$ 为被测电阻。用惠斯通电桥测量电阻时,通过调节可变电阻 R_3 ,直至按下开关 S 时电流表 G 指针不发生偏转,这时说明电桥处于平衡。根据电桥平衡条件可得

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_x}$$

即

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

若采用滑线式电桥(如图 1-3)测量电阻,则电桥平衡时

$$R_x = \frac{L_2}{L_1} R$$

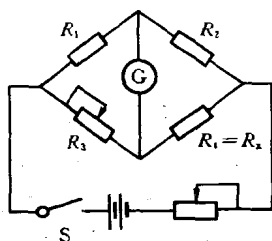


图 1-2

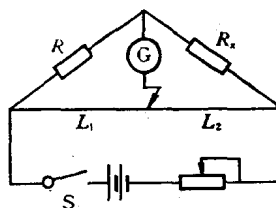


图 1-3

9. 电路中电位的计算

计算电路中某点电位的方法是:

(1) 标出电路中的电流方向,确定电路中各元件两端电压的正负极极性;

(2) 确定电位参考点(即零电位点);

(3) 从待求点通过一定的路径绕到零电位点,则该点的电位即等于此路径上全部电压的代数和。如果在绕行过程中从元件的正极点到负极点,此项电压便是正的;反之从元件的负极点到正极点,此项电压则是负的。

(4) 电位与所绕行的路径无关,但若选择不同的零电位点,电路中各点的电位将有不同的数值。

二、解 题 示 例

电路计算的基本问题是求电流,要求电流就要简化电路,要简化电路就要分析电路结构。在对电路进行简化时需明确。

(1) 忽略电阻不计的导线可以伸长、缩短或弯成任意形状。

(2) 等电位间的电阻可以从电路中去掉,等电位点也可合并在一起。

(3) 短路线间的电阻可以从电路中去掉。

(4) 电路中的伏特表和安培表,若不考虑其内阻对电路的影响,可将它们的内阻分别看作 $R_V = \infty$, $R_A = 0$ 。若考虑其内阻对电路的影响,要将它们看作接在电路中的电阻。

(5) 开关在电路中可起连接、转换和断路的作用。

闭合电路中,电源电动势和内电阻是由电源确定的参量,一般看作为不变的量。而端电压、电源的功率、电源输出功率、电路中的电流、电压、电功率的分配均随外电路电阻变化,在电路结构发生变化时,上述各量均要随之发生变化。这点要切记!

【例 1】 如图 1-4 所示,问:(1)当变阻器 R_3 的滑动触头向左移动时,图中各电表的示数如何变化?为什么?(2)滑动触头移到变阻器左端时各电表有示数吗?(3)将 R_1 拆去,各电表有示数吗?

解:(1) R_3 滑动触头左移, R_3 减小,整个外电阻 $R_{\text{外}}$ 减小,由

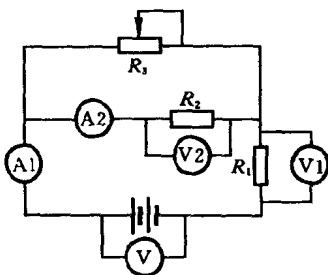


图 1-4

$I = \frac{E}{R_{\text{外}} + r}$ 推知, (A1) 示数增大。

根据 $U = E - Ir$, I 增大, 内电压 Ir 增大, 端电压 U 减小, 即 (V) 示数减小。

根据 $U_1 = IR_1$, I 增大, R_1 不变, 故 (V1) 示数增大。

根据 $U_2 = U - U_1$, U 减小, U_1 增大, 故 (V2) 示数减小。

根据 $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$, U_2 减小, R_2 不变, 故 (A2) 示数减小。

(2) 滑动触头移到左端时, R_3 短路, (V2) 左右两端等电位, 故示数为零。电路中电流均从短路支路中通过, 故 (A2) 示数也为零。其余各表仍有示数。

(3) 将 R_1 拆去, 外电路开路, 电流消失, 所以 (A1)、(A2) 和 (V2) 示数均为零, 但 (V) 和 (V1) 测的是端电压, 故有示数, 大小等于电动势。

【例 2】如图 1-5(a) 所示, 电源的电动势 $E = 6\text{V}$, 内阻 $r = 1.8\Omega$, 外电阻 $R_3 = R_4 = R_6 = 6\Omega$, $R_5 = 12\Omega$ 。当开关 S 与 1 接通时, (A) 的示数为零; 当 S 与 2 接通时, (A) 的示数为 0.1A 。求: (1) R_1 的阻值; (2) R_2 的阻值。

解: (1) 当 S 与 1 接通时, R_2 不接入电路, 其余电阻组成电桥电路, R_4 和 (A) 串联在中间桥上, 因 (A) 的示数为零, 故电桥平衡, 得

$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{R_5}{R_6}$$