



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

# 电 工 学

(第七版) (上册)

## 学习辅导与习题解答

姜三勇 主编

秦曾煌 主审



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

# 电 工 学

(第七版) (上册)

## 学习辅导与习题解答

Diangongxue (Di7ban)(Shangce) Xuexi Fudao yu Xiti Jieda

姜三勇 主编

秦曾煌 主审



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《电工学》(第七版)(上册)(秦曾煌主编,姜三勇副主编)的配套辅导书,主要包括内容要点与阅读指导、基本要求、重点与难点、知识关联图、【练习与思考】题解和【习题】题解六个部分。本书的内容体系、章节顺序、练习与思考题和习题编号、练习与思考题和习题中的电路图编号均与主教材保持一致。

全书编写条理清晰,注意启发逻辑思维,便于阅读和自学,有助于学生分析能力和解题能力的提高,能显著提高学习效果和学习成绩,对总结和复习具有一定的参考和指导作用。

本书可供本科非电类专业学生和广大自学者学习参考,也可作为电工学教师的教学参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工学(第7版)(上册)学习辅导与习题解答/  
姜三勇主编. —北京:高等教育出版社, 2011. 1

ISBN 978-7-04-031190-7

I. ①电… II. ①姜… III. ①电工学—高等学校—  
教学参考资料 IV. ①TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第234479号

策划编辑 金春英      责任编辑 唐笑慧      封面设计 于文燕      责任绘图 尹 莉  
版式设计 王艳红      责任校对 刘 莉      责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 涿州市京南印刷厂

购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16  
印 张 21.25  
字 数 520 000

版 次 2011年1月第1版  
印 次 2011年1月第1次印刷  
定 价 31.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 31190-00

# 前 言

电工学课程是高等学校工科非电类专业的一门技术基础课程。目前,电工和电子技术的应用极为广泛,发展非常迅速,并且日益渗透到其他学科领域以促进其发展,在我国当前经济建设中占有重要的地位。本课程的作用与任务是:使学生通过本课程的学习,获得电工和电子技术必要的基本理论、基本知识和基本技能,了解电工和电子技术的应用和我国电工和电子技术发展的概况,为学习后续课程以及从事有关的工程技术工作和科学研究工作打下一定的基础。为了适应科学技术的发展水平和非电类专业的用电需要,本课程在内容安排上,着重在电路与电子技术两部分。对于电机部分的内容则作了较大精简,补充了新兴的可编程控制器、可编程逻辑器件等内容。

本书是高等学校电工学课程的辅导教材,它与秦曾煌主编、姜三勇副主编的《电工学》(第七版)(上册)相配套,可供本科非电类专业学生和广大自学者学习参考,也可作为电工学教师的教学参考书。

为了阅读方便,本书的内容体系、章节顺序、练习与思考题和习题编号、练习与思考题和习题中的电路图编号均与主教材保持一致。在解题过程中新增加的电路图编号一律称为“题解图 $\times \times . \times \times$ ”,新增加列表编号一律称为“题解表 $\times \times . \times \times$ ”。

本书各章均按**内容要点与学习指导**、**基本要求**、**重点与难点**、**知识关联图**、**【练习与思考】题解**和**【习题】题解**六个部分编写。

**内容要点与阅读指导** 回顾各章所讲的主要内容和知识要点,并进行归纳、总结和辅导。

**基本要求** 对学习各章主要内容时所提出的要求:哪些要求理解或掌握,哪些需要能分析计算,哪些要求会正确应用,哪些只需要一般了解。

**重点与难点** 指出各章内容中哪些是重点内容,哪些是难点内容。

**知识关联图** 将各章的知识结构和要点以图形的方式加以展示,便于清晰地了解各部分内容的来龙去脉和内在联系。

**【练习与思考】题解** 对主教材中的所有练习与思考题进行的分析解答。

**【习题】题解** 对主教材中的所有习题进行的分析解答。

现代高等教育注重培养创新型人才。因此在能力培养的同时,必须注意创新意识的锻炼。为此编者特别建议读者在使用本书时,应力争独立分析、独立思考,对书中给出的习题解答可以作为借鉴和参考,不要使自己的思路受此局限,提倡用多种思路和多种方法解决问题,将借鉴与创新及应用结合起来。

本书第1、2、5、10、11章由姜三勇编写,第3、4章及附录由于志编写,第6、7、8、9、12、13章由丁继盛编写。全书由姜三勇主编。

本书承《电工学》(第七版)主编、哈尔滨工业大学秦曾煌教授关心指导和亲自审阅,对秦教授提出的宝贵意见和修改建议,编者在此表示深深的感谢!

由于编者学识和经验有限,书中难免存在不足、疏漏甚至错误之处,恳请读者不吝批评指正,以便不断修改并加以完善。电子邮箱:jsy\_hit@126.com。

编 者

2010年8月

# 目 录

<b>第 1 章 电路的基本概念与基本定律</b> .....	1
1.1 内容要点与阅读指导 .....	1
1.2 基本要求 .....	3
1.3 重点与难点 .....	3
1.4 知识关联图 .....	4
1.5 【练习与思考】题解 .....	4
1.6 【习题】题解 .....	14
<b>第 2 章 电路的分析方法</b> .....	28
2.1 内容要点与阅读指导 .....	28
2.2 基本要求 .....	29
2.3 重点与难点 .....	29
2.4 知识关联图 .....	30
2.5 【练习与思考】题解 .....	31
2.6 【习题】题解 .....	42
<b>第 3 章 电路的暂态分析</b> .....	76
3.1 内容要点与阅读指导 .....	76
3.2 基本要求 .....	76
3.3 重点与难点 .....	77
3.4 知识关联图 .....	78
3.5 【练习与思考】题解 .....	78
3.6 【习题】题解 .....	86
<b>第 4 章 正弦交流电路</b> .....	103
4.1 内容要点与阅读指导 .....	103
4.2 基本要求 .....	104
4.3 重点与难点 .....	104
4.4 知识关联图 .....	105
4.5 【练习与思考】题解 .....	106
4.6 【习题】题解 .....	122
<b>第 5 章 三相电路</b> .....	158
5.1 内容要点与阅读指导 .....	158
5.2 基本要求 .....	160
5.3 重点与难点 .....	160
5.4 知识关联图 .....	161
5.5 【练习与思考】题解 .....	161
5.6 【习题】题解 .....	164
<b>第 6 章 磁路与铁心线圈电路</b> .....	178
6.1 内容要点与阅读指导 .....	178
6.2 基本要求 .....	184
6.3 重点与难点 .....	184
6.4 知识关联图 .....	185
6.5 【练习与思考】题解 .....	186
6.6 【习题】题解 .....	190
<b>第 7 章 交流电动机</b> .....	205
7.1 内容要点与阅读指导 .....	205
7.2 基本要求 .....	211
7.3 重点与难点 .....	211
7.4 知识关联图 .....	211
7.5 【练习与思考】题解 .....	212
7.6 【习题】题解 .....	219
<b>第 8 章 直流电动机</b> .....	235
8.1 内容要点与阅读指导 .....	235
8.2 基本要求 .....	237
8.3 重点与难点 .....	237
8.4 知识关联图 .....	237
8.5 【练习与思考】题解 .....	238
8.6 【习题】题解 .....	240
<b>第 9 章 控制电机</b> .....	250
9.1 内容要点与阅读指导 .....	250
9.2 基本要求 .....	251
9.3 重点与难点 .....	251

9.4 知识关联图 .....	252	12.2 基本要求 .....	311
9.5 【习题】题解 .....	252	12.3 重点与难点 .....	311
<b>第 10 章 继电接触器控制</b>		12.4 知识关联图 .....	311
<b>系统</b> .....	256	12.5 【习题】题解 .....	312
10.1 内容要点与阅读指导 .....	256	<b>第 13 章 电工测量</b> .....	315
10.2 基本要求 .....	259	13.1 内容要点与阅读指导 .....	315
10.3 重点与难点 .....	260	13.2 基本要求 .....	315
10.4 知识关联图 .....	260	13.3 重点与难点 .....	316
10.5 【练习与思考】题解 .....	260	13.4 知识关联图 .....	316
10.6 【习题】题解 .....	262	13.5 【习题】题解 .....	317
<b>第 11 章 可编程控制器及其</b>		<b>附录 1 电工技术综合模拟试卷</b>	
<b>应用</b> .....	279	(少学时) .....	325
11.1 内容要点与阅读指导 .....	279	<b>附录 2 电工技术综合模拟试卷</b>	
11.2 基本要求 .....	279	(少学时) 参考答案 .....	328
11.3 重点与难点 .....	280		
11.4 知识关联图 .....	280		
11.5 【练习与思考】题解 .....	281		
11.6 【习题】题解 .....	285		
<b>第 12 章 工业企业供电与安全</b>			
<b>用电</b> .....	310		
12.1 内容要点与阅读指导 .....	310		

# 第 1 章

## 电路的基本概念与基本定律

本章是电工技术和电子技术的基础,主要介绍电路的基本概念,电路的基本物理量及电流、电压的参考方向,电路元件与电路模型,电路的基本定律,电路的基本工作状态等内容,为进一步分析和计算电路打基础。

### 1.1 内容要点与阅读指导

#### 1. 电路的基本概念

- (1) 电路:由电工设备或元件按一定方式组合起来的电流的通路。
- (2) 电路的组成:电源、中间环节、负载。
- (3) 电路的作用:① 电能的传输与转换;② 信号的传递与处理。
- (4) 电路的几个名词:支路、回路、结点。

#### 2. 电路元件与电路模型

- (1) 电路元件:分为无源元件和有源元件。

① 无源元件:电阻、电感、电容元件。

② 有源元件:分为独立电源和受控电源两类。

(a) 独立电源:电源参数不受支配,是独立的,分为理想电压源和理想电流源。其参数值恒定,方向恒定。

(b) 受控电源:电源参数受电路中某一电量( $U$  或  $I$ )的支配和控制,其大小和方向与该电量( $U$  或  $I$ )的大小和方向有关,不是独立的。分为四种:VCVS、CCVS、VCCS 和 CCCS(将在第 2 章中介绍)。

(2) 电路模型:由理想电路元件及其组合构成的反映实际电路主要特性的电路。

实际电路的模型化是工程上常用的方法,它是对实际电路的逼真和模拟。

#### 3. 电路的基本物理量和电流、电压的参考方向以及参考电位

(1) 电路的基本物理量包括:电流、电压、电动势、电位以及电功率等。

(2) 电流、电压的参考方向:人为任意规定或假定的电流、电压的正方向。引入参考方向后,电流、电压即成为代数量,根据电路结构和电路定律计算出来的结果为正时表明其参考方向与实际方向相同,为负时,则相反。电压与电流参考方向取为相同时称为关联参考方向。



(3) 电路的参考电位:人为规定的电路中的零电位点。参考电位确定后,电路中各点电位有确定的值。参考电位改变,各点电位值变化,但任意两点间的电位差不变。即电位是相对的,电压是绝对的。

#### 4. 电路的基本定律

电路的基本定律包括欧姆定律和基尔霍夫定律,是各种电路分析方法的基础。

(1) 欧姆定律:表明电阻元件上电压与电流的关系。

$U, I$  为关联参考方向时: $U = IR$

$U, I$  为非关联参考方向时: $U = -IR$

(2) 基尔霍夫定律:包括电流定律(KCL)和电压定律(KVL)。

① 基尔霍夫电流定律:流入任一结点(或任一闭合面)的电流的代数和为零,即 $\sum I = 0$ (若流入为正,则流出为负)。

KCL 反映了电路中任一点电荷的连续性。

② 基尔霍夫电压定律:沿回路任一循行方向各段电压的代数和为零,即 $\sum U = 0$ (若电压与循行方向相同取正,相反则取负)。

KVL 反映了电路中任一点电位的单值性。

③ KCL 和 KVL 可用于任意时刻、任意性质的元件、任意变化的电流和电压,两定律只与电路结构有关。

#### 5. 电功率及元件性质的判断

(1) 电功率:为元件两端电压与电流的乘积。

$U, I$  为关联参考方向时: $P = UI$

$U, I$  为非关联参考方向时: $P = -UI$

(2) 元件性质判断

$P > 0$  时, $U, I$  实际方向相同,电流流过元件时电位降低,正电荷失去能量,元件为负载性质。

$P < 0$  时, $U, I$  实际方向相反,电流流过元件时电位升高,正电荷获得能量,元件为电源性质。

#### 6. 电源的三种工作状态

(1) 有载:电源接有负载的工作状态。此时电源输出功率,同时内阻也消耗功率。分为满载(额定负载)、轻载(不足额定负载)、过载(超过额定负载)。

(2) 空载:电源未接负载,输出端开路的状态。此时电源的输出电压称为空载电压,大小等于电源的电动势;内阻无功率损耗。

(3) 短路:电源输出端未接负载而直接连通的状态。此时电源的输出电流将很大,称为短路电流,大小为电动势与内阻之比,内阻消耗电源的全部输出功率。这是一种故障状态,将损坏电源。

(4) 额定值:电源接额定负载时,输出电压、电流、功率的值。处于额定值之下工作,电气设备将有最好的经济性、可靠性、安全性和较长的使用寿命。

## 1.2 基本要求

1. 了解电路的组成与作用。
2. 理解电路模型的概念以及理想电路元件(电阻、电感、电容、电压源、电流源)的电压电流关系。
3. 理解电压与电流参考方向的意义,能对元件的电源或负载性质进行判断。
4. 理解电路基本定律(基尔霍夫电流定律、基尔霍夫电压定律)并能正确应用。
5. 了解电源的有载工作、开路与断路状态,理解电功率和额定值的概念及意义。
6. 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 重点与难点

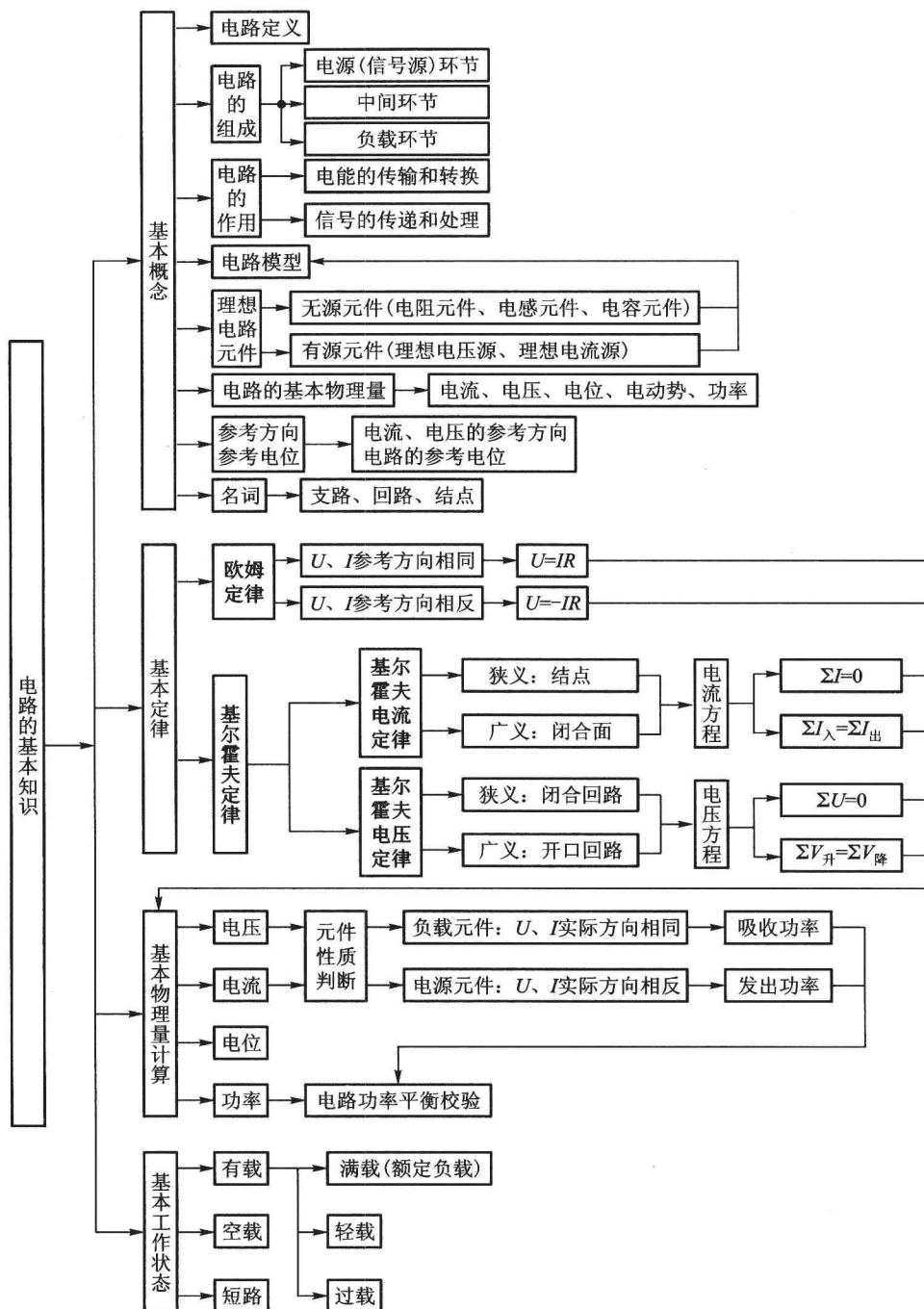
### 1. 重点

- (1) 电路模型的概念,理想元件的电压电流关系。
- (2) 电压、电流的参考方向及电位参考点的概念。
- (3) 基尔霍夫电流定律(KCL)与电压定律(KVL)及其适应性。
- (4) 功率吸收与发出及元件电源与负载性质的判断。
- (5) 电位的计算。

### 2. 难点

- (1) 基尔霍夫电流定律(KCL)和电压定律(KVL)的广义应用。
- (2) 功率吸收与发出及元件电源与负载性质的判断。

## 1.4 知识关联图



## 1.5 【练习与思考】题解

1.3.1 在图 1.3.3(a)中,  $U_{ab} = -5\text{ V}$ , 试问 a, b 两点哪点电位高?

解: 由双下标来表示电压的参考方向时,  $U_{ab}$  表示 a、b 两点之间电压的参考方向为由 a 指向 b, 即 a 点的参考极性为“+”, b 点的参考极性为“-”。如果  $U_{ab} > 0$ , 则意味着由 a 指向 b 的实际电压方向与参考电压方向相同, a 点实际电位高于 b 点; 如果  $U_{ab} < 0$ , 则意味着由 a 指向 b 的实际电压方向与参考方向相反, a 点实际电位低于 b 点。

因此, 若  $U_{ab} = -5\text{ V}$ , 则说明 b 点电位比 a 点高 5 V。

1.3.2 在图 1.3.3(b)中,  $U_1 = -6\text{ V}$ ,  $U_2 = 4\text{ V}$ , 试问  $U_{ab}$  等于多少伏?

解: 按图中的参考方向可知

$$U_{ab} = U_1 + (-U_2) = U_1 - U_2 = (-6 - 4)\text{ V} = -10\text{ V}$$

1.3.3  $U_{ab}$  是否表示 a 端的电位高于 b 端的电位?

解: 不一定。请参考 1.3.1 解答。

1.4.1 2 k $\Omega$  的电阻中通过 2 mA 的电流, 试问电阻两端的电压是多少?

解: 由欧姆定律可知, 电阻两端的电压为

$$U = IR = (2 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3)\text{ V} = 4\text{ V}$$

计算时注意电压、电流、电阻要使用国际单位: V(伏[特])、A(安[培])、 $\Omega$ (欧[姆])。

1.4.2 计算图 1.4.4 中的两题。

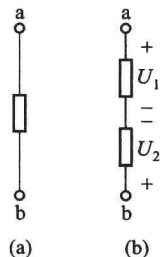


图 1.3.3 练习与思考 1.3.1 和 1.3.2 的图

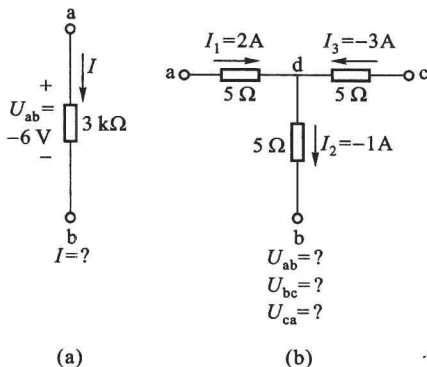


图 1.4.4 练习与思考 1.4.2 的图

解: (a) 因为  $U_{ab}$  与  $I$  的参考方向相同, 故由欧姆定律可得

$$U_{ab} = IR$$

即

$$I = \frac{U_{ab}}{R} = \frac{-6}{3 \times 10^3}\text{ A} = -2\text{ mA}$$

$I = -2\text{ mA} < 0$  意味着电流  $I$  的实际方向与参考方向相反。

(b) 设三个电阻的交汇点为 d, 由题设各电压、电流的参考方向, 根据欧姆定律和基尔霍夫

电压定律可得

$$U_{ab} = U_{ad} + U_{db} = 5I_1 + 5I_2 = [5 \times 2 + 5 \times (-1)] \text{ V} = 5 \text{ V}$$

$$U_{bc} = U_{bd} + U_{dc} = -5I_2 - 5I_3 = [-5 \times (-1) - 5 \times (-3)] \text{ V} = 20 \text{ V}$$

$$U_{ca} = U_{cd} + U_{da} = 5I_3 - 5I_1 = [5 \times (-3) - 5 \times 2] \text{ V} = -25 \text{ V}$$

**1.4.3** 试计算图 1.4.5 所示电路在开关 S 闭合与断开两种情况下的电压  $U_{ab}$  和  $U_{cd}$ 。

**解：**当 S 闭合时， $U_{ab} = 0$ 。设此时闭合回路中的电流  $I$  参考方向为顺时针方向，则由欧姆定律可得

$$I = \frac{6}{0.5 + 5.5} \text{ A} = 1 \text{ A}$$

$$U_{cd} = 5.5I = 5.5 \times 1 \text{ V} = 5.5 \text{ V}$$

当 S 断开时， $I = 0$ ，故

$$U_{ab} = 6 - (0.5 + 5.5)I = 6 \text{ V}$$

$$U_{cd} = 5.5I = 5.5 \times 0 \text{ V} = 0 \text{ V}$$

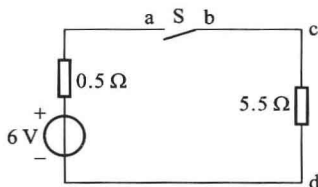


图 1.4.5 练习与思考 1.4.3 的图

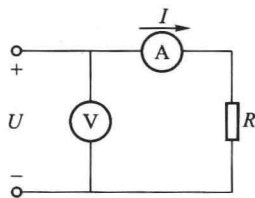


图 1.4.6 练习与思考 1.4.4 的图

**1.4.4** 为了测量某直流电机励磁线圈的电阻  $R$ ，采用了图 1.4.6 所示的“伏安法”。电压表读数为 220 V，电流表读数为 0.7 A，试求线圈的电阻。如果在实验时有人误将电流表当作电压表，并联在电源上，其后果如何？已知电流表的量程为 1 A，内阻  $R_0$  为 0.4  $\Omega$ 。

**解：**由测量结果可得

$$R + R_0 = \frac{U}{I_A} = \frac{220}{0.7} \Omega \approx 314.3 \Omega$$

则电机励磁线圈电阻  $R = 314.3 - R_0 = (314.3 - 0.4) \Omega = 313.9 \Omega$

如果误将电流表当作电压表并联在电源上，则流过电流表的电流为

$$I'_A = \frac{U}{R_0} = \frac{220}{0.4} \text{ A} = 550 \text{ A}$$

大大超过其 1 A 的量程，电流表将被立即烧毁。

**1.5.1** 在图 1.5.6 所示的电路中，(1) 试求开关 S 闭合前后电路中的电流  $I_1, I_2, I$  及电源的端电压  $U$ ；当 S 闭合时， $I_1$  是否被分去一些？(2) 如果电源的内阻  $R_0$  不能忽略不计，则闭合 S 时，60 W 白炽灯中的电流是否有所变动？(3) 计算 60 W 和 100 W 白炽灯在 220 V 电压下工作时的电阻，哪个的电阻大？(4) 100 W 的白炽灯每秒钟消耗多少电能？(5) 设电源的额定功率为 125 kW，端电压为 220 V，当只接上一个 220 V 60 W 的白炽灯时，白炽灯会不会被烧毁？(6) 电流流过白炽灯后，会不会减少一点？(7) 如果由于接线不慎，100 W 白炽灯的两线碰触（短路），

当闭合 S 时,后果如何? 100 W 白炽灯的灯丝是否被烧断?

解: (1) 开关 S 闭合前: 因  $R_0 \approx 0$ , 故电源电压  $U \approx E = 220 \text{ V}$ 。并联在电源两端的白炽灯获得 220 V 的额定电压。

$$I = I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{60}{220} \text{ A} \approx 0.273 \text{ A}$$

S 闭合时, 因 60 W 白炽灯所获得的电压与 S 闭合前相同, 仍为 220 V, 故电流  $I_1$  未变, 即  $I_1$  未被分流。

(2) 如果电源内阻  $R_0$  不能忽略不计, 由  $U = E - IR_0$  可知, 带负载后电源端电压  $U$  低于电动势  $E$ , 且随电路总负载电流  $I$  的增大而下降。当 S 闭合时, 60 W 与 100 W 两灯并联, 总的负载电阻减小, 电路总的负载电流  $I$  增大 (比 S 未闭合时), 电源端电压  $U$  降低 (比 S 未闭合时), 60 W 白炽灯中的电流  $I_1$  将减小 (比 S 未闭合时)。

(3) 在 220 V 额定电压下, 两灯消耗的功率分别为额定功率 60 W 和 100 W, 故两灯的电阻  $R_{60}$  和  $R_{100}$  分别为

$$R_{60} = \frac{U_N^2}{P_{N60}} = \frac{220^2}{60} \Omega = 806.7 \Omega$$

$$R_{100} = \frac{U_N^2}{P_{N100}} = \frac{220^2}{100} \Omega = 484 \Omega$$

从中可以看出, 额定电压相同的白炽灯, 功率小的其电阻大。

(4) 100 W 白炽灯每秒消耗的电能为

$$W = P_{N100} \cdot t = (100 \times 1) \text{ J} = 100 \text{ J}$$

(5) 电源额定功率 125 kW 表明该电源具有输出 125 kW 功率的能力, 但它实际所输出的功率的多少取决于其实际所带负载的大小。白炽灯实际所获得的功率取决于加于其上的电压和灯本身的电阻值, 只要不超过额定功率就不会被烧毁。当 60 W/220 V 的白炽灯接于额定电压 220 V 的电源上时, 所获得的功率即为 60 W。如果 125 kW/220 V 的电源仅接有一个 60 W/220 V 的白炽灯, 则该电源也仅输出 60 W 的功率, 不会将白炽灯烧毁。

(6) 根据电荷守恒定律, 电流是连续的, 即电流通过白炽灯后电荷数量并不会减少, 只是电荷的能量失去了一部分 (将从电源所获得的电能传递给白炽灯), 使白炽灯发光、发热。因此, 电流流过白炽灯后, 不会有任何减少。

(7) 如果 100 W 白炽灯的两线碰触 (短路), 当 S 闭合时将造成电源短路,  $I_2 \rightarrow \infty$ , 熔断器将由于电流过大而熔断。100 W 白炽灯的灯丝中无电流流过, 不会被烧断。

**1.5.2** 额定电流为 100 A 的发电机, 只接了 60 A 的照明负载, 还有电流 40 A 流到哪里去了?

解: 额定电流 100 A 的发电机, 是指发电机在额定功率、额定电压一定时, 具有输出 100 A 电流的能力, 其实际输出了多少电流与所带负载大小有关。题中只接了 60 A 的照明负载, 因此发电机只输出 60 A 电流, “另外” 40 A 电流并未输出。

**1.5.3** 额定值为 1 W/100  $\Omega$  的碳膜电阻, 在使用时电流和电压不得超过多大数值?

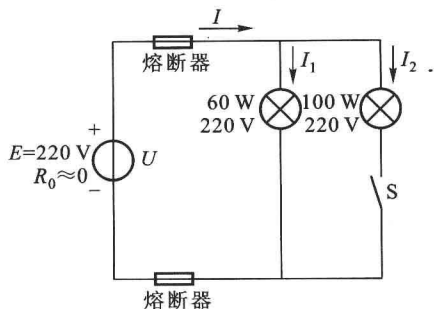


图 1.5.6 练习与思考 1.5.1 的图

解：电阻中功率、电压、电流之间的关系为

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

如果碳膜电阻的额定功率  $P_N = 1 \text{ W}$ , 额定阻值  $R_N = 100 \Omega$ , 则其额定电流

$$I_N = \sqrt{\frac{P_N}{R_N}} = \sqrt{\frac{1}{100}} \text{ A} = 0.1 \text{ A}$$

额定电压 
$$U_N = \frac{P_N}{I_N} = \sqrt{P_N \cdot R_N} = \sqrt{1 \times 100} \text{ V} = 10 \text{ V}$$

使用时电阻上的电压、电流不得超过额定值  $U_N$ 、 $I_N$ 。

**1.5.4** 在图 1.5.7 中, 方框代表电源或负载。已知  $U = 220 \text{ V}$ ,  $I = -1 \text{ A}$ , 试问哪些方框是电源, 哪些是负载?

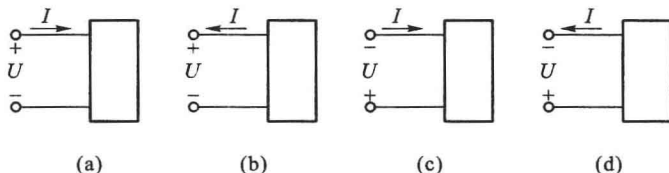


图 1.5.7 练习与思考 1.5.4 的图

解：进行电源或负载的判断可采用两种方法。

**方法一：**利用电压、电流的实际方向来判断。如果两者相同, 意味着电流由高电位流向低电位, 电荷经过该部分电路(或元件)后能量降低, 说明该部分电路(或元件)吸收(消耗)了能量, 因此为负载; 反之, 若两者相反, 意味着电流由低电位流向高电位, 电荷经过该部分电路(或元件)后能量增高, 说明该部分电路(或元件)发出(释放)了能量, 具有电动势性质, 因此为电源。

图 1.5.7(a)、(d)中  $U$ 、 $I$  的实际方向相反, 因此方框中具有电源性质; 图 1.5.7(b)、(c)中  $U$ 、 $I$  的实际方向相同, 因此方框中具有负载性质。

**方法二：**利用参考方向来判断。 $U$ 、 $I$  参考方向相同:  $P = UI$ ,  $P > 0$  时(表明  $U$ 、 $I$  实际方向相同), 为负载;  $P < 0$  时(表明  $U$ 、 $I$  实际方向相反), 为电源。 $U$ 、 $I$  参考方向相反:  $P = UI$ ,  $P > 0$  时(表明  $U$ 、 $I$  实际方向相反), 为电源;  $P < 0$  时(表明  $U$ 、 $I$  实际方向相同), 为负载。

**注意：**上面式中  $U$ 、 $I$  为参考电压和参考电流, 因此它们的值可能有正有负。

因图 1.5.7(a)、(d)中  $U$ 、 $I$  参考方向相同, 且  $P = UI = 220 \times (-1) < 0$ , 故为电源; 图 1.5.7(b)、(c)中  $U$ 、 $I$  参考方向相反, 且  $P = UI = 220 \times (-1) < 0$ , 故为负载。

实际上方法一、方法二的判断方法, 其本质是相同的, 判断结果是一致的。

**1.5.5** 图 1.5.8 所示是一电池电路, 当  $U = 3 \text{ V}$ ,  $E = 5 \text{ V}$  时, 该电池作电源(供电)还是作负载(充电)用? 图 1.5.9 所示也是一电池电路, 当  $U = 5 \text{ V}$ ,  $E = 3 \text{ V}$  时, 则又如何? 两图中, 电流  $I$  是正值还是负值?

解：根据图 1.5.8 所示电路, 可列电压方程

$$U = E + IR$$

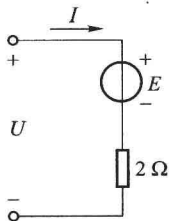


图 1.5.8 练习与思考 1.5.5 的图

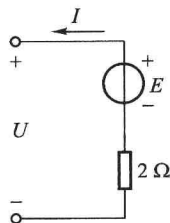


图 1.5.9 练习与思考 1.5.5 的图

因此

$$I = \frac{U - E}{R} = \frac{3 - 5}{2} \text{ A} = -1 \text{ A}$$

电流  $I$  的实际方向是从电池  $E$  的正极流出, 即  $E$  向外输出功率, 因此它实际起到电源的作用(供电)。

对于图 1.5.9 所示电路, 有

$$U = E - IR$$

因此

$$I = \frac{E - U}{R} = \frac{3 - 5}{2} \text{ A} = -1 \text{ A}$$

电流  $I$  的实际方向是从电池  $E$  的正极流入, 即  $E$  向外吸收功率, 因此它实际起到负载的作用(充电)。

**1.5.6** 有一台直流发电机, 其铭牌上标有 40 kW/230 V/174 A。试问什么是发电机的空载运行、轻载运行、满载运行和过载运行? 负载的大小, 一般指什么而言?

**解:** 铭牌所标的数值为该发电机的额定值, 即  $P_N = 40 \text{ kW}$ ,  $U_N = 230 \text{ V}$ ,  $I_N = 174 \text{ A}$ 。

当发电机输出端未接有任何负载, 输出电流  $I = 0$ , 即输出功率  $P = 0$  的运行状态称为空载运行。由于发电机一般均有一定的内阻  $R_0$ 。因此空载时的端电压(等于其电动势  $E$ )将高于额定端电压  $U_N$ 。

当发电机接有负载, 但负载电流  $I < I_N$ , 输出功率  $P < P_N$  时, 称为轻载运行。此时的端电压会略高于  $U_N$ 。

当发电机的负载电流、输出电压、输出功率均等于发电机额定值  $I_N$ 、 $U_N$  和  $P_N$  时, 称为满载运行。

当发电机的负载电流  $I > I_N$  时, 输出功率  $P > P_N$ , 称为过载运行。发电机在一定范围内允许短时过载, 但长期过载将影响发电机的使用寿命。

**1.5.7** 一个电热器从 220 V 的电源取用的功率为 1 000 W, 如将它接到 110 V 的电源上, 则取用的功率为多少?

**解:** 此电热器的额定电阻  $R_N$  可通过其额定功率  $P_N$  和额定电压  $U_N$  求得

$$R_N = \frac{U_N^2}{P_N} = \frac{220^2}{1\,000} \Omega = 48.4 \Omega$$

当接到 110 V 电源上时, 电热器取得的功率为

$$P = \frac{U^2}{R_N} = \frac{110^2}{48.4} \text{ W} = 250 \text{ W}$$

只有额定值的四分之一。



由此可见,电阻负载取用的功率与所加电压的平方成正比。

### 1.5.8 根据日常观察,电灯在深夜要比黄昏时亮一些,为什么?

**解:**黄昏时用电量大(即并联于电源的负载多),负载电流大,在线路等效电阻上产生的损耗压降就大,发电机输出电压一定时,用户端实际获得的电压就要降低,因此电灯要暗一些。而深夜时,用电量小,即负载电流小,线路上的损耗压降低,因此用户端的实际电压比黄昏时要高,电灯相对就要亮一些。

**1.5.9** 电路如图 1.5.10 所示,设电压表的内阻为无穷大,电流表的内阻为零。当开关 S 处于位置 1 时,电压表的读数为 10 V;当 S 处于位置 2 时,电流表的读数为 5 mA。试问当 S 处于位置 3 时,电压表和电流表的读数各为多少?

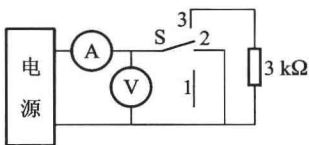
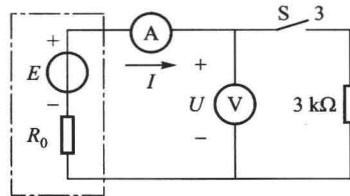


图 1.5.10 练习与思考 1.5.9 的图



题解图 1.01 练习与思考 1.5.9 的解

**解:**当开关 S 处于位置 1 时,电压表读数为 10 V,可知该电源开路电压  $U_0 = 10 \text{ V}$ ,即该电源电动势  $E = 10 \text{ V}$ 。

当开关 S 处于位置 2 时,电流表读数为 5 mA,可知该电源的短路电流  $I_s = 5 \text{ mA}$ ,则该电源内

$$\text{阻 } R_0 = \frac{E}{I_s} = \frac{U_0}{I_s} = \frac{10 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = 2 \text{ k}\Omega。$$

当开关 S 处于位置 3 时,如题解图 1.01 所示。电源输出电压  $U$ 、输出电流  $I$  分别为

$$I = \frac{E}{R_0 + 3} = \frac{10 \text{ V}}{(2 + 3) \text{ k}\Omega} = 2 \text{ mA}$$

$$U = E - IR_0 = (10 - 4) \text{ V} = 6 \text{ V}$$

即电压表、电流表读数分别为 6 V 和 2 mA。

**1.5.10** 在图 1.5.11 中,将开关 S 断开和闭合两种情况下,试问电流  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  各为多少? 图中,  $E = 12 \text{ V}$ ,  $R = 3 \Omega$ 。

设 S 两端自上而下的电压为  $U$ 。

**解:**(1) 当开关 S 断开时,则对于三个支路可列出

$$U = E - I_1 R$$

$$U = E + I_2 R$$

$$U = E - I_3 R$$

由三个等式可看出  $I_1 = I_2 = I_3 = 0$

(2) 当开关闭合时,则  $U = 0$ 。

$$I_1 = \frac{E}{R} = \frac{12}{3} \text{ A} = 4 \text{ A}$$

$$I_2 = -\frac{E}{R} = -\frac{12}{3} \text{ A} = -4 \text{ A}$$

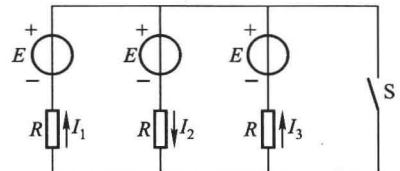


图 1.5.11 练习与思考 1.5.10 的图