

G105

T17
Z81

三 导 丛 书

电工学·电工技术

(第五版)

导教·导学·导考

朱建堃 主编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书由重点内容提要、知识结构图、考点及典型题自测、练习题与思考题解答及课后习题全解和附录(模拟试题)等部分组成,旨在帮助读者掌握课程重点,学会分析方法,提高解题能力。可供使用秦曾煌主编的《电工学》上册(第五版)教材的学生和青年教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工学·电工技术导教·导学·导考/朱建堃主编. —西安:西北工业大学出版社,2001.9(三导丛书)

ISBN 7-5612-1379-4

I. 电…… II. 朱…… III. ①电工学—高等学校—教学参考资料②电工技术—高等学校—教学参考资料 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 057634 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:029-8493844

网 址:<http://www.nwpu.com>

印刷者:西北工业大学出版社印刷厂

开 本:850mm×1 168mm 1/32

印 张:10.5625

字 数:373 千字

版 次:2001 年 11 月第 1 版 2002 年 5 月第 2 次印刷

印 数:5 001~15 000 册

定 价:全书:28.00 元 本册:14.00 元

前 言

为了适应当前教育事业发展的需要,根据广大学习电工学课程的读者的要求,应西北工业大学出版社的约请,我们编写了本书,供学习电工学课程的读者和初次从事电工学教学的教师参考。

本书是以秦曾煌先生主编的面向 21 世纪课程教材《电工学》上册电工技术(第五版)中的练习与思考题和课后习题为基础,并总结编者使用该教材从事教学工作 30 余年的经验和体会编写而成的。书中内容除了练习与思考题解答和课后习题全解外,每章都编写了重点内容提要 and 知识结构图,以帮助读者掌握教材的内容重点和知识体系。此外各章还编写了考点内容和课程学习与考研复习典型自测题,供学习该课程和报考研究生的读者检查自己的学习效果。书后附有三套模拟试卷,供不同专业的读者参考。为方便读者使用,书中章节次序和习题编号均与原教材保持一致,“△”和“*”的意义均与原教材相同。另需请读者注意的是,本书所有题解计算均取三位有效数字,因此结果将与原教材中答案略有差异。

本书由朱建堃主编,朱虹和夏庆德参加了部分解题工作。朱伟和蒋晓萍绘制了部分插图。本书在编写工作中得到西北工业大学电工学教研室的支持,在此表示衷心感谢。

鉴于编者水平有限,对秦曾煌先生主编的教材的理解定有不到之处,书中若有错误或疏漏,请广大读者批评指正。

编 者

2001 年 5 月于西北工业大学

目 录

第 1 章 电路的基本概念与基本定律	1
1.1 重点内容提要	1
1.1.1 电路的基本概念	1
1.1.2 电路的基本定律	2
1.2 知识结构图	3
1.3 考点及典型题自测	3
1.3.1 课程学习自测题	3
1.3.2 考研复习自测题	4
1.3.3 自测题部分答案	5
1.4 练习与思考题解答	6
1.5 课后习题全解	15
第 2 章 电路的分析方法	28
2.1 重点内容提要	28
2.1.1 等效变换法	28
2.1.2 支路电流法	29
2.1.3 叠加法	29
2.1.4 结点电压法	30
2.1.5 等值电源法	30
2.1.6 非线性电阻电路的图解法	31
2.2 知识结构图	33
2.3 考点及典型题自测	33
2.3.1 课程学习自测题	33
2.3.2 考研复习自测题	34
2.3.3 自测题部分答案	35
2.4 练习与思考题解答	36
2.5 课后习题全解	46
第 3 章 正弦交流电路	76
3.1 重点内容提要	76
3.1.1 正弦交流电及其表示方法	76

3.1.2	交流电路元件及单一参数正弦交流电路的基本关系	77
3.1.3	R, L, C 串联交流电路	78
3.1.4	阻抗的串联与并联	80
3.1.5	交流电路的频率特性	81
3.1.6	功率因数 $\cos\varphi$ 及其提高	82
3.2	知识结构图	83
3.3	考点及典型题自测	84
3.3.1	课程学习自测题	84
3.3.2	考研复习自测题	85
3.3.3	自测题部分答案	86
3.4	练习与思考题解答	87
3.5	课后习题全解	102
第4章	三相电路	130
4.1	重点内容提要	130
4.1.1	三相交流电源	130
4.1.2	三相电路分析	131
4.2	知识结构图	135
4.3	考点及典型题自测	136
4.3.1	课程学习自测题	136
4.3.2	考研复习自测题	136
4.3.3	自测题部分答案	138
4.4	练习与思考题解答	139
4.5	课后习题全解	141
第5章	非正弦周期电流的电路	153
5.1	重点内容提要	153
5.2	知识结构图	154
5.3	考点及典型题自测	154
5.3.1	课程学习自测题	154
5.3.2	考研复习自测题	155
5.3.3	自测题部分答案	156
5.4	练习与思考题解答	156
5.5	课后习题全解	157
第6章	电路的暂态分析	164
6.1	重点内容提要	164

6.1.1	过渡过程产生的原因与换路定律	164
6.1.2	分析暂态过程的方法	165
6.1.3	时间常数 τ 的物理意义及暂态过程曲线的画法	166
6.1.4	一阶 RC 电路的暂态过程及其应用	167
6.1.5	一阶 RL 电路的暂态过程及其应用	168
6.2	知识结构图	169
6.3	考点及典型题自测	169
6.3.1	课程学习自测题	169
6.3.2	考研复习自测题	170
6.3.3	自测题部分答案	171
6.4	练习与思考题解答	171
6.5	课后习题全解	178
第7章	磁路与铁心线圈电路	197
7.1	重点内容提要	197
7.1.1	磁场与磁路的基本概念	197
7.1.2	交流铁心线圈电路	200
7.1.3	变压器	201
7.1.4	电磁铁	203
7.2	知识结构图	204
7.3	考点及典型题自测	204
7.3.1	课程学习自测题	204
7.3.2	考研复习自测题	205
7.3.3	自测题部分答案	206
7.4	练习与思考题解答	206
7.5	课后习题全解	210
第8章	交流电动机	219
8.1	重点内容提要	219
8.1.1	三相异步电动机的构造及工作原理	219
8.1.2	定子电路与转子电路中的电压、电流关系	220
8.1.3	电磁转矩与机械特性	222
8.1.4	能量转换关系与额定值	223
8.1.5	起动、调速、反转及制动	224
8.1.6	三相异步电动机的选择	225
8.1.7	三相异步电动机的单相运行与单相异步电动机	225

8.2	知识结构图	226
8.3	考点及典型题自测	227
8.3.1	课程学习自测题	227
8.3.2	考研复习自测题	227
8.3.3	自测题部分答案	228
8.4	练习与思考题解答	229
8.5	课后习题全解	234
△ 第9章	直流电动机	240
9.1	重点内容提要	240
9.1.1	直流电动机的构造及工作原理	240
9.1.2	并励直流电动机的机械特性	240
9.1.3	并励电动机的起动和反转	241
9.1.4	他励电动机的调速	242
9.1.5	直流电动机的额定值及功率平衡关系	243
9.2	考点及典型题自测	243
9.2.1	课程学习自测题	243
9.2.2	自测题部分答案	244
9.3	练习与思考题解答	244
9.4	课后习题全解	246
△ 第10章	控制电机	251
10.1	重点内容提要	251
10.1.1	伺服电动机	251
10.1.2	测速发电机	251
10.1.3	自整角机	252
10.1.4	步进电动机	252
10.2	课后习题全解	253
第11章	继电接触器控制系统	257
11.1	重点内容提要	257
11.1.1	常用控制电器的工作原理与图形符号	257
11.1.2	基本控制电路	259
11.1.3	时间原则控制电路	259
11.1.4	行程原则控制电路	260
11.2	知识结构图	260
11.3	考点及典型题自测	260

11.3.1 课程学习自测题	260
11.3.2 考研复习自测题	261
11.4 练习与思考题解答	262
11.5 课后习题全解	264
第 12 章 可编程控制器及其应用	277
12.1 重点内容提要	277
12.1.1 PLC 的结构与工作原理	277
12.1.2 PLC 的程序编制	278
12.1.3 PLC 的应用	281
12.2 知识结构	283
12.3 考点及典型题自测	283
12.4 练习与思考题解答	284
12.5 课后习题全解	287
第 13 章 工业企业供电与安全用电	299
13.1 重点内容提要	299
13.1.1 高压输电的意义	299
13.1.2 安全用电常识	299
13.2 考点及典型题自测	300
13.3 课后习题全解	300
第 14 章 电工测量	302
14.1 重点内容提要	302
14.1.1 常用电工仪表的分类与结构型式	302
14.1.2 电流、电压及功率的测量	303
14.1.3 电路参数测量	304
14.2 考点及典型题自测	305
14.2.1 课程学习自测题	305
14.2.2 自测题部分答案	306
14.3 课后习题全解	306
附录 A 模拟试题	312
1. 模拟试题 I (机电类专业)	312
2. 模拟试题 II (一般机械类专业)	315
3. 模拟试题 III (少学时类专业及大专)	319
附录 B 模拟试题答案	324

1. 模拟试题 I	324
2. 模拟试题 II	324
3. 模拟试题 III	326
参考文献	327

第1章 电路的基本概念与基本定律

1.1 重点内容提要

1.1.1 电路的基本概念

1. 电路及其组成

(1) 电路: 电流的通路称为电路。连续电流的通路必须是闭合的。

(2) 组成: 电路由电源、负载及中间环节三部分组成。

(3) 作用: 实现电能的传输和转换。

2. 电路的模型

由理想元件组成的电路。

(1) 电源元件: 电压源(U_s, R_0), 电流源(I_s, R_0), 受控电源。

(2) 负载元件: 电阻元件 R (线性电阻, 非线性电阻), 电感元件 L (线性电感, 非线性电感), 电容元件 C 。

(3) 中间环节: 开关(只有通、断两种状态), 电压表($R_v = \infty$), 电流表($R_A = 0$), 等等。

3. 电路的基本物理量

(1) 电流: $i = \frac{dq}{dt}$, 单位: A, mA, μ A。

恒定电流(直流): $I = \frac{Q}{t}$, 大小及方向不变。

交变电流(交流): $i = \frac{dq}{dt}$, 大小及方向随时间变化。

电流的方向: 实际方向, 参考方向(任意选定)。

(2) 电压 U : 电场中两点间电位之差或电场力移动单位正电荷由一点到另一点所作的功。

单位: V, mV, kV。

方向或极性: 实际方向, 参考方向。

(3) 电动势 E 或源电压 U_s : 外力移动单位正电荷所作的功。按实际方向规定(低电位指向高电位)。

(4) 功率 P : 单位时间所作的功。

单位: J/s, W, kW, MW, mW。

电源: 发出功率。

负载: 吸收功率。

电源与负载的判别方法:

(i) 按电压与电流的实际方向判别;

(ii) 根据电压、电流的参考方向计算出的功率的符号来判别。

(5) 电路中的电位 V 及其计算: 参考点的概念与选取。

4. 电路的工作状态

(1) 开路(空载)状态: $R_L = \infty, I = 0, U = U_S$ (或 E), $P = P_S = 0$ 。

(2) 短路状态: $R_L = 0, I_S = \frac{E}{R_0}, U = 0, P = 0, P_S = I_S^2 R_0$ 。用保险丝(熔断器)保护电源。

(3) 有载工作状态: $0 < R_L < \infty, I = \frac{E}{R_0 + R_L}, U = IR_L = E - IR_0, \Delta U = IR_0$ ——内阻压降, $P_S = EI, P_L = UI = I^2 R_L, \Delta P_0 = I^2 R_0, P_S = P_L + \Delta P_0$ 。

(4) 额定值与额定工作状态:

(i) 电气设备的额定值: 长期工作所允许的最大值。额定电压 U_N , 额定电流 I_N , 额定功率 $P_N = U_N I_N$ 。

(ii) 负载状态: 满载(额定)状态, 轻载和空载(小于额定值)状态, 过载或超载(大于额定值)状态。

1.1.2 电路的基本定律

1. 欧姆定律

$I = \pm \frac{U}{R}$, I 与 U 参考方向间关系决定符号“+”或“-”。方向一致取“+”, 相反取“-”。 $R = \rho \frac{l}{S}$ ——电阻。单位: $\Omega, k\Omega, M\Omega$ 。

2. 基尔霍夫电流定律

(1) 概念: 支路, 结点。

(2) 定律: 流入结点的电流之和等于流出结点的电流之和。即 $\sum I_A = \sum I_{出}$, 或 $\sum I = 0$ 。

(3) 广义结点电流定律: 对于一个封闭曲面包围的部分电路而言, 流入电流之和等于流出电流之和。

3. 基尔霍夫电压定律

(1) 概念: 回路及其循行方向。

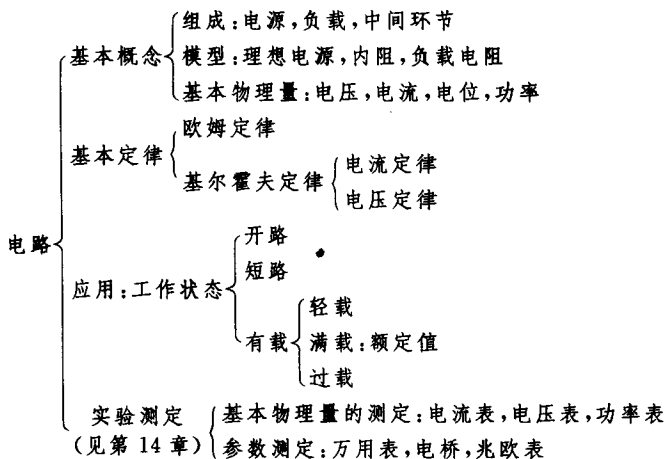
(2)定律:沿闭合回路循行一周,电位升之和等于电位降之和。即 $\sum E = \sum(IR)$ 。

(3)符号:参考方向与循行方向一致的电动势取正,反之取负;参考方向与循行方向一致的电流在电阻上产生的电压降取正,反之取负。

若电动势 E 用源电压 U_s 表示,则可写成 $\sum U = 0$ 。此时凡源电压参考方向与循行方向一致者取负号,而相反者则取正号。

1.2 知识结构图

本章所有基本概念和基本定律适用于全课程,是电工学课程学习的基础,应予重点掌握。知识结构图如下,供参考。



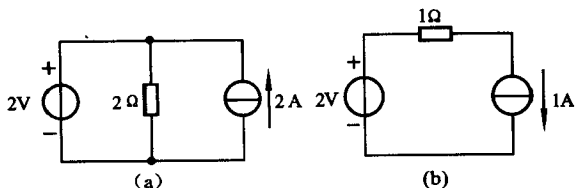
1.3 考点及典型题自测

本章常考的内容有:额定值应用,电源的功率及电源与负载的判别,基尔霍夫定律应用,电位的计算等。下列各题请读者自行完成。

1.3.1 课程学习自测题

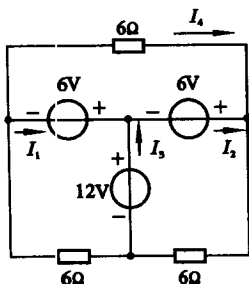
1. 用一只额定值为 $110\text{ V}, 60\text{ W}$ 的白炽灯和一只额定值为 $110\text{ V}, 40\text{ W}$ 的白炽灯串联后接在 220 V 电源上,当开关闭合时能否正常工作?后果如何?为什么?

2. 计算图解 1.1 所示两个电路中各理想电源的功率,并判别它们是电源还是负载?

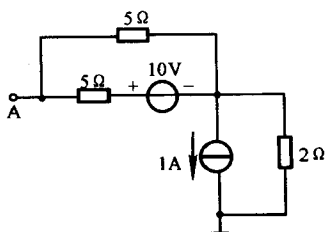


图解 1.1

3. 试求图解 1.2 所示电路中电流 I_1 , I_2 , I_3 及 I_4 。



图解 1.2



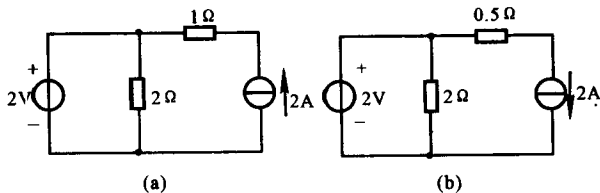
图解 1.3

4. 试求图解 1.3 所示电路中 A 点的电位 V_A 。

1.3.2 考研复习自测题

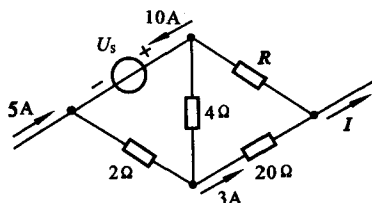
1. 有一只 220 V, 1 000 W 的电炉, 今欲接在 380 V 的电源上使用, 试问下列变阻器中哪一只可用? (1) $100\ \Omega, 3\ \text{A}$; (2) $50\ \Omega, 5\ \text{A}$; (3) $30\ \Omega, 10\ \text{A}$ 。

2. 试计算图解 1.4 所示两个电路中各理想电源的功率,并判别它们是电源还是负载?



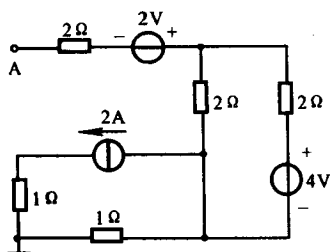
图解 1.4

3. 图解 1.5 所示是某电路中的一部分。试求电流 I , 电压 U_S 和电阻 R 。

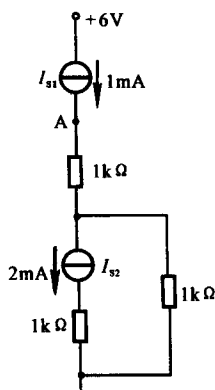


图解 1.5

4. 试求图解 1.6 所示电路中 A 点的电位 V_A 。



图解 1.6



图解 1.7

5. 试求图解 1.7 所示电路中：(1) A 点电位 V_A ；(2) 各恒流源端电压，并标出它们的极性；(3) 计算各电源的功率。判别它们是电源还是负载？（提示：先弄清电路有几个理想电源。）

1.3.3 自测题部分答案

一、课程学习自测题

- 不能, 40 W 灯烧坏。
- (a) $P_U = -2$ W, 负载; $P_I = 4$ W, 电源。
(b) $P_U = 2$ W, 电源; $P_I = -1$ W, 负载。
- $I_1 = 1$ A, $I_2 = 5$ A, $I_3 = 4$ A, $I_4 = -2$ A。
- $V_A = 3$ V。

二、考研复习自测题

- (2) 50 Ω, 5 A。

2. (a) $P_U = -2 \text{ W}$, 负载; $P_I = 8 \text{ W}$, 电源。
 (b) $P_U = 6 \text{ W}$, 电源; $P_I = -2 \text{ W}$, 负载。
 3. $I = 5 \text{ A}$, $U_S = -78 \text{ V}$, $R = 6 \Omega$ 。
 4. $V_A = -2 \text{ V}$ 。
 5. (1) $V_A = 0$; (2) $U_{I_{S1}} = 6 \text{ V}$, 上“+”下“-”; $U_{I_{S2}} = 3 \text{ V}$, 下“+”上“-”;
 (3) $P_{I_{S1}} = -5 \text{ mW}$, 负载; $P_{I_{S2}} = 6 \text{ mW}$, 电源; $P_U = 6 \text{ mW}$, 电源。

1.4 练习与思考题解答

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 U_{ab} 是指 a, b 两点间电压的参考方向为 a “+”, b “-”。但题中给出 $U_{ab} = -5 \text{ V} < 0$, 即 a, b 两点间电压的实际方向是 a 点“-”, b 点“+”。即 b 点电位高, a 点电位低。

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 按图中给定的参考方向计算有

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

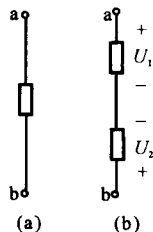


图 1.3.3 练习与思考

1.3.3 U_{ab} 是否表示 a 端的电位高于 b 端的电位? 1.3.1 和 1.3.2 的图

解 U_{ab} 只表示 a 端电位参考极性高于 b 端电位参考极性。实际两点电位哪点高, 要看是 $U_{ab} > 0$, 还是 $U_{ab} < 0$ 。若 $U_{ab} > 0$, 则 a 端电位高于 b 端电位。反之亦然。

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

解 根据欧姆定律, $R = 2 \text{ k}\Omega$, $I = 2 \text{ mA}$, 则电阻两端电压为

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

1.4.2 计算图 1.4.5 中的两题。

解 (a) 根据欧姆定律

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

表明电流参考方向与实际方向相反。

(b) 根据欧姆定律及基尔霍夫电压定律(见本章 1.1.2 节)有

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

$$U_{bc} = -I_2 \times 5 - I_3 \times 5 = -(-1) \times 5 - (-3) \times 5 = 20 \text{ V}$$

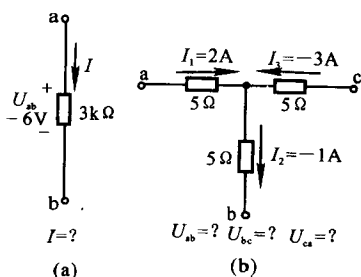


图 1.4.5 练习与思考 1.4.2 的图

$$U_{ca} = I_3 \times 5 - I_2 \times 5 = -3 \times 5 - 2 \times 5 = -25 \text{ V}$$

1.4.3 试计算图 1.4.6 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 S 闭合时, $U_{ab} = 0$ 。

电路电流为

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

$$U_{cd} = 6 - 1 \times 0.5 = 5.5 \text{ V}$$

S 断开时, 电路无电流, 有

$$U_{ab} = 6 \text{ V}, \quad U_{cd} = 0$$

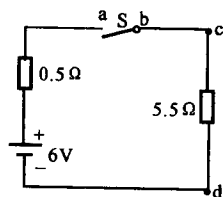


图 1.4.6 练习与思考 1.4.3 的图

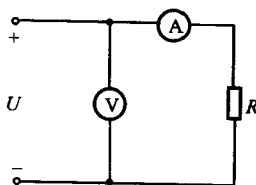


图 1.4.7 练习与思考 1.4.4 的图

1.4.4 为了测量某直流电动机励磁线圈的电阻 R , 采用了图 1.4.7 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 Ω 。

解

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

线圈电阻

$$R = 314.3 - 0.4 = 313.9 \Omega$$

若将电流表并联在电源上, 则流过电流表的电流

$$I_A = \frac{220}{0.4} = 550 \text{ A} \gg 1 \text{ A}$$

电流表中游丝将立即被烧断, 电流表损坏。

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 电灯中的电流是否有所变动? (3) 计算 60 W 和 100 W 电灯在 220 V 电压下工作时的电阻, 哪个的电阻大? (4) 100 W 的电灯每秒消耗多少电能? (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 的电灯时, 电灯会不会被烧毁? (6) 电流流过电灯后, 会不会减少一点? (7) 如果由于接线不慎, 100 W 电灯的两线碰触(短路), 当闭合 S 时, 后果如何? 100 W 电灯的灯丝是否被烧断?

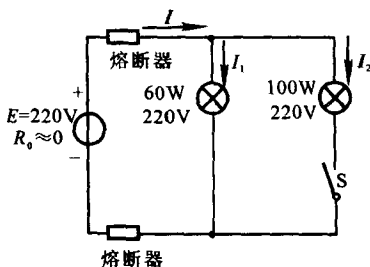


图 1.5.6 练习与思考 1.5.1 的图

解 此题涉及日常用电的基本概念, 读者应仔细弄清。

(1) 开关 S 闭合前: 由于 $R_0 \approx 0$, 所以电源端电压为 $U \approx E = 220 \text{ V}$ 。电灯获得额定电压 220 V。

$$I_2 = 0, \quad I_1 = I = \frac{60}{220} \approx 0.273 \text{ A}$$

开关 S 闭合后, 由于 $R_0 \approx 0$, 电源端电压 U 仍为 220 V, 两灯并联均获得 220 V 额定电压, 各灯电流及总电流

$$I_1 \approx 0.273 \text{ A}, \quad I_2 = \frac{100}{220} \approx 0.455 \text{ A}$$

$$I = I_1 + I_2 \approx 0.727 \text{ A}$$

S 闭合时, I_1 并未被分去一些, 因为各灯中电流取决于它们所获得的端电压。端电压不变则电流不变。

(2) 如果电源内阻 R_0 不能忽略不计, 则电源端电压 U 将低于电动势 E , 且随电路总电流增大而下降。闭合 S 接入 100 W 电灯后, 总电流增大, 电源