

高校经典教材同步辅导丛书

配套高教版·秦曾煌主编

九章丛书

电工学电工技术

第六版

同步辅导及习题全解

主 编 陈 勇 孟祥曦

- ◆ 知识点窍 ◆ 逻辑推理 ◆ 习题全解
- ◆ 全真考题 ◆ 名师执笔 ◆ 题型归类



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

新版

高校经典教材同步辅导丛书

电工学电工技术（第六版）

同步辅导及习题全解



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是秦曾煌主编的《电工学(上册)·电工技术(第六版)》(高等教育出版社出版)一书配套的学习辅导和习题解答教材。全书按教材内容,针对各章节全部习题给出详细解答,思路清晰,逻辑性强,循序渐进地帮助读者分析并解决问题,内容详尽,简明易懂。

本书共13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、三相电路、磁路与铁心线圈电路、交流电动机、直流电动机、控制电机、继电接触器控制系统、可编程控制器及其应用、工业企业供电与安全用电、电工测量。每章内容都包括重点内容提要、练习与思考题解答、课后习题全解。

本书可作为在校大学生和自考生学习“电工学电工技术”课程的教学辅导材料和复习参考用书及工科考研强化复习的指导书,也可作为教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工学电工技术(第六版)同步辅导及习题全解/陈勇,孟祥曦主编.—北京:中国水利水电出版社,2009
(高校经典教材同步辅导丛书)
ISBN 978-7-5084-6371-1

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第040519号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:吴萍 封面设计:李佳

书 名	高校经典教材同步辅导丛书 电工学电工技术(第六版)同步辅导及习题全解
作 者	主编 陈 勇 孟祥曦
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68367658(营销中心)、82562819(万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市梦宇印务有限公司
规 格	170mm×227mm 16开本 17印张 420千字
版 次	2009年4月第1版 2009年4月第1次印刷
印 数	0001—6000册
定 价	18.80元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

前言

本书是为了配合秦曾煌先生主编的普通高等教育“十五”国家级规划教材《电工学(上册)·电工技术(第六版)》而编写的。其内容包括:“重点内容提要、练习与思考题解答、课后习题全解”三个部分。本书中的经典考题均出自各大理工院校的期末考试题和考研试题中较为基础的题目,能给学生应考带来一定参考价值。该书从分析习题的电路模型、条件与结论之间的关系入手,建立清晰的知识脉络,理清解题思路,使学生能够掌握分析方法和解题方法,并能在解题过程中灵活运用。

本书的主要特点如下:

- (1) 知识点窍:运用公式、定理及定义点明知识点。
- (2) 逻辑推理:阐述习题解题过程的精髓。
- (3) 解题过程:概念清晰、步骤完整、数据准确、附图齐全。

“知识点窍”和“逻辑推理”是本书的精华所在,把“知识点窍”、“逻辑推理”、“解题过程”串起来,做到融会贯通,巩固所学,达到举一反三的效果。这种方法是由多位著名教授根据对学生答题弱点的分析而研究出来的一种新型拓展思路的解题方法。“知识点窍”提纲挈领地抓住了题目核心知识,让学生清楚地了解出题者的意图,而“逻辑推理”则注重引导学生思维,旨在培养学生科学的思维方法,掌握答题的思维技巧。

为了方便读者使用,书中各章节次序和习题编号均与原教材一致,“木”的意义与原教材相同。本书在编写过程中,参考了中国建材工业出版社出版的《电工学·电工技术(第五版)全程辅导(上册)》一书,并借鉴了书中部分插图,在此深表感谢。

由于编者水平有限及编写时间仓促,不妥之处在所难免,恳请广大读者批评、指正。

编者

2009年1月

目 录

前言

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
1.2 练习与思考题解答	3
1.3 课后习题全解	14
第2章 电路的分析方法	27
2.1 重点内容提要	27
2.2 练习与思考题解答	32
2.3 课后习题全解	43
第3章 电路的暂态分析	78
3.1 重点内容提要	78
3.2 练习与思考题解答	82
3.3 课后习题全解	88
第4章 正弦交流电路	103
4.1 重点内容提要	103
4.2 练习与思考题解答	109
4.3 课后习题全解	126
第5章 三相电路	156
5.1 重点内容提要	156
5.2 练习与思考题解答	160
5.3 课后习题全解	162
第6章 磁路与铁心线圈电路	172
6.1 重点内容提要	172

6.2	练习与思考题解答	177
6.3	课后习题全解	182
第7章	交流电动机	189
7.1	重点内容提要	189
7.2	练习与思考题解答	193
7.3	课后习题全解	199
第8章	直流电动机	206
8.1	重点内容提要	206
8.2	练习与思考题解答	209
8.3	课后习题全解	211
第9章	控制电机	217
9.1	重点内容提要	217
9.2	课后习题全解	219
第10章	继电接触器控制系统	223
10.1	重点内容提要	223
10.2	练习与思考题解答	225
10.3	课后习题全解	226
第11章	可编程控制器及其应用	235
11.1	重点内容提要	235
11.2	练习与思考题解答	240
11.3	课后习题全解	242
第12章	工业企业供电与安全用电	253
12.1	重点内容提要	253
12.2	课后习题全解	254
第13章	电工测量	255
13.1	重点内容提要	255
13.2	课后习题全解	258

第 1 章

电路的基本概念与基本定律

本章是电工技术全课程的基础,应深入理解,熟练掌握。

1.1 重点内容提要

一、电路的基本概念

1. 电路的作用与组成部分

- (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. 电路的基本物理量及电压和电流的参考方向

- (1) 电流 I : 表示电荷移动的物理量, 方向为正电荷移动的方向, 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): $i = \frac{dq}{dt}$, 大小及方向均随时间变化。

- (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。

电压符号: U (直流) 或 u (交流)。

单位: V, mV, μ V, kV。

方向或极性: 由高电位指向低电位, 即“+” $\rightarrow$ “-”。

- (3) 电动势 E 或源电压 U_s : 外力移动单位正电荷由低电位点移动到高电位点所作的功。方向与实际方向相反(低电位指向高电位)。

- (4) 功率 P : 单位时间内所做的功。

单位: J/s, mW, W, kW, MW。

- (5) 正方向: 电流、电压均有规定的方向, 称为实际方向。当电路中电流、电压为未知数时可选定一个方向为“正方向”。当选定的正方向与实际方向一致, 计算结果数值为正, 否则为负。

3. 电路的模型

由理想元件组成的电路。各元件及其性质如表 1.1 所示。

(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。

表 1.1

元 件 性质	电阻 R/Ω	电感 L/H	电容 C/F
电路符号			
参数意义	$R = \frac{U_R}{i_R}$ $= \rho \frac{l}{S}$	$L = \frac{N\Phi}{i_R}$ $= \frac{\mu SN^2}{l}$	$C = \frac{Q}{U_C}$ $= \frac{eS}{d}$
电流—电压关系式	$U_R = i_R R$	$U_L = L \frac{di_L}{dt}$	$i_C = C \frac{dU_C}{dt}$
能量关系	消耗电能 $W = U_R \cdot i_R t$	储存磁场能 $W = \frac{1}{2} Li_L^2$	储存电场能 $W = \frac{1}{2} CU_C^2$
直流稳态下的特点	欧姆定律	短路	开路

4. 电源有载工作,开路与短路

如表 1.2 所示。

表 1.2

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	$I_L = \frac{U_s}{R_0 + R_L}$	$I_L = 0$	$I_s = \frac{U_s}{R_0}$ 很大 $I_L = 0$
电源输出功率	$P_s = U_s I_L$	$P_s = 0$	$P_s = U_s I_s$ 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	$U = U_s - I_L R_0$	$U_0 = U_s$	$U = 0$
电源内阻上功耗	$P_{R_0} = I_L^2 R_0$	$P_{R_0} = 0$	$P_{R_0} = I_s^2 R_0$ 很大
平衡关系	$P_s = P_L + P_{R_0}$	$P_s = P_L + P_{R_0} = 0$	$P_s = P_{R_0}$ 烧坏电源

5. 欧姆定律

定律:电阻上的电流与电压成正比,即 $R = \frac{U}{I}$ 。

推广:全电路欧姆定律:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_0 + R_{\text{外}}}, R_0 \text{ 为电源内阻, } R_{\text{外}} \text{ 为总的外阻, } \varepsilon \text{ 为电动势。}$$

6. 电路中电位的概念及计算

(1) 电位:电路中某点电位等于该点与参考点(零电位点)之间的电压。

(2) 计算方法:电路中某点电位可通过求该点与参考点之间的电压来获得,须注意的是:参考点不同,电位值不同。电位高低是相对的,但两点电压值是绝对的。

二、基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫电流定律

(1) 概念:支路,节点。

(2) 定律:流入节点的电流之和等于流出节点的电流之和。

$$\text{即 } \sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \text{ 或 } \sum I = 0$$

(3) 广义节点电流定律: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。

2. 基尔霍夫电压定律

(1) 概念:回路及其循环方向。

(2) 定律:沿闭合回路循环一周,电位升之和等于电位降之和。

$$\text{即 } \sum E = \sum (IR)$$

(3) 符号:参考方向与循环方向一致的电动势取正,反之取负;参考方向与循环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环方向一致都取负号,而相反则取正号。

考点:欧姆定律、基尔霍夫电压定律和基尔霍夫电流定律的应用。

1.2 练习与思考题解答

1.3.1 在图 1.1(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 两点间的参考方向为 a 点“+”, b 点“-”。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 1.1(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

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

1.3.3 U_{ab} 是否表示 a 端的电位高于 b 端的电位?

【逻辑推理】 本题目的是分辨参考电压方向与实际电压方向。

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 $U_{ab} > 0$, 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 2mA 的电流, 试问电阻两端的电压是多少?

【逻辑推理】 本题目的是学习和掌握欧姆定律 $U = \pm IR$ 。

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

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

电压方向与电流方向一致。

1.4.2 计算图 1.2 中的两题。

【逻辑推理】 (a) 中 U_{ab} 和 I 的方向一致, 由于电阻上电压的参考方向和实际方向相反, 所以欧姆定律中 $U = +IR$ 。

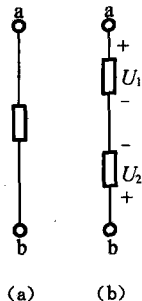


图 1.1

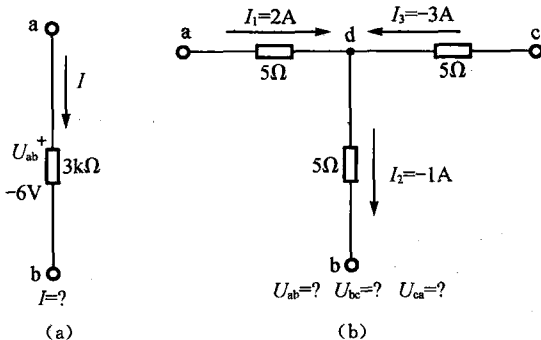


图 1.2

(b) 中 U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} 的参考方向为 $a \rightarrow b$, $b \rightarrow c$, $c \rightarrow a$ 。

节点 d 为公共节点。

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) 根据欧姆定律及两点间电压的概念有

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

$$\begin{aligned} U_{bc} &= U_{bd} + U_{dc} = -U_{db} - U_{cd} = -I_2 \times 5 - I_3 \times 5 \\ &= -(-1) \times 5 - (-3) \times 5 = 20\text{V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{ca} &= U_{cd} + U_{da} = U_{cd} - U_{ad} = I_3 \times 5 - I_1 \times 5 \\ &= (-3) \times 5 - 2 \times 5 = -25\text{V} \end{aligned}$$

1.4.3 试计算图 1.3 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} 。

【逻辑推理】 当S闭合时, 0.5Ω 和 5.5Ω 电阻串联成总电阻。

可以由欧姆定律或全电路欧姆定律 $\varepsilon = I(R + r_0)$ 得到 I 。

然后再利用欧姆定律 $U_{cd} = I \times R_{cd}$

由于 ab 短路, 则 $U_{ab} = 0$

断开时, 断路, 无电流 $I = 0$, $U_{cd} = I \times R_{cd} = 0$, $U_{ab} = \varepsilon = 6V$

解: S 闭合时, $U_{ab} = 0$

电路电流为

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

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

S 断开时, 电路无电流, 有

$$U_{ab} = 6V, U_{cd} = 0$$

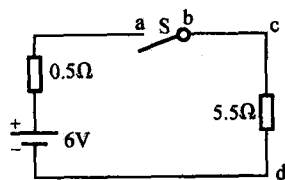


图 1.3

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 所示的“伏安法”。电压表读数为 $220V$, 电流表读数为 $0.7A$, 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 $1A$, 内阻 R_0 为 0.4Ω 。

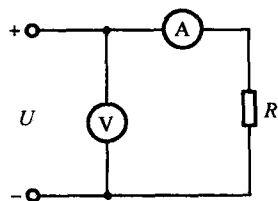


图 1.4

【知识点窍】 伏安法测电阻, 电压表和电流表的性质。

【逻辑推理】 由安培表与伏特表的特点可知, A 表内阻值极小, 而 V 表内阻极大, 且理想状态下, 可以认为 $R_A = 0$, $R_V \rightarrow \infty$, $I_V = 0$, 所以对电路无影响, 可由欧姆定律 $U = IR$ 得到 R , 当两表错置, 相当于短路, 将引起电源和 A 表损坏。

解: 如图 1.4 所示, 正确连接时, 有

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

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

$$I_A = \frac{220}{0.04} = 550A \gg 1A$$

电流表中游丝将立即被烧断, 电流表损坏。

1.5.1 在图 1.5 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, $60W$ 电灯中的电流是否有所变动? (3) 计算 $60W$ 和 $100W$ 电灯在 $220V$ 电压下工作时的电阻, 哪个电阻大? (4) $100W$ 的电灯每秒钟消耗多少电能? (5) 设电源的额定功率为 $125kW$, 端电压为 $220V$, 当只接上一个 $220V 60W$ 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

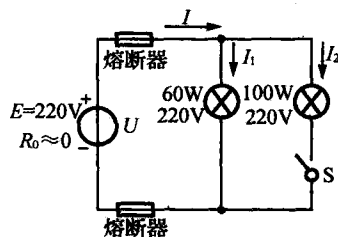


图 1.5

一点?(7) 如果由于接线不慎, 100W 电灯的两线碰触(短路), 当闭合 S 时, 后果如何? 100W 电灯的灯丝是否被烧断?

【知识点窍】 欧姆定律, 功率公式。

【逻辑推理】 S 闭合前, 等效电路图如图 1.6(a) 所示; S 闭合后, 等效电路图如图 1.6(b) 所示。

图 1.6(a), 根据 $P = UI = U^2/R$ 和欧姆定律 $U = IR$, 可以求得 R 和 I 。

图 1.6(b) 中, 两电灯并联, 可先求出 $R_1, R_2, R_1 // R_2$, 再求出 I_1, I_2 。

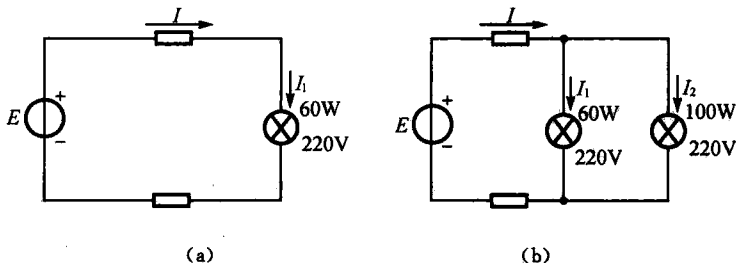


图 1.6

解:

(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 220V。

$$\text{各灯电阻为 } R_{60} = \frac{U_N^2}{P_N} = \frac{220^2}{60} \approx 807\Omega$$

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

$$\text{图 1.6(a) 中, } I_2 = 0, I_1 = \frac{E}{R_{60}} = \frac{220}{807} = 0.273\text{A}$$

图 1.6(b) 中, R_{60} 与 R_{100} 并联, 总电阻

$$R = R_{60} // R_{100} = \frac{R_{60} \cdot R_{100}}{R_{60} + R_{100}} = \frac{1}{\frac{60}{220^2} + \frac{100}{220^2}} = \frac{220^2}{160}$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{220}{\frac{220^2}{160}} = 0.727\text{A}$$

$$I_1 = \frac{E}{R_{60}} \approx 0.273\text{A}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_{100}} = I - I_1 \approx 0.454\text{A}$$

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 100W 电灯后, 总电流增大, 电源电压将小于 220V, 60W 灯中电流将减小, 但并非被 100W 灯分去。同样, 100W 灯中电流也将小于上题计算结果。

(3) 据(1) 计算 $R_{60} = 807\Omega, R_{100} = 484\Omega$

(4) 由于每秒消耗的电能数值上等于功率,但二者单位、量纲不同。100W 电灯每秒消耗的电能 $W = P \cdot t = 100 \times 1 = 100\text{J}$

(5) 电源额定功率表示了电源提供电能的能力,但负载上消耗的功率与二者电压相同时,只要低于电源的额定功率即可。

电源额定功率125kW表示电源所具有的能力,它所输出的实际功率则取决于负载大小。电灯所获得的功率取决于它获得的端电压和电阻值,端电压为额定值220V,所获得的功率则为60W,并不取决于电源额定功率为多大,所以不会被烧毁。

(6) 根据电荷守恒定律(电流流过电灯后不减少)。因为电流是连续的,不会因为流过用电设备而减少,而电源正、负极的电荷的绝对值相等。

(7) 100W 灯两线碰触而短路,当S闭合时将造成电源短路,电流过大而烧断熔断器中熔丝。100W 灯的灯丝中没有电流流过,不会烧断。

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

解: 电流100A只表示发电机所具有的能力,实际输出电流大小取决于负载,当负载只用60A,发电机也只发出60A,并不存在40A的多余电流。

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

【知识点窍】 电阻额定值的应用。

【逻辑推理】 由额定电压、电流表达式

$$P_N = U_N I_N = U_N^2 / R = I_N^2 R \text{ 得出}$$

$$U_N^2 = P_N \cdot R, \quad I_N^2 = P_N / R$$

使用时电流、电压不得超出额定值。

解: 电阻的额定值用额定功率 P_N 和额定电阻值 R_N 表示,其额定电压 U_N 和额定电流 I_N 分别为

$$U_N = \sqrt{P_N \cdot R_N} = \sqrt{1 \times 100} = 10\text{V}$$

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

使用时不得超过上述额定值。

1.5.4 在图1.7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,哪些方框是负载?

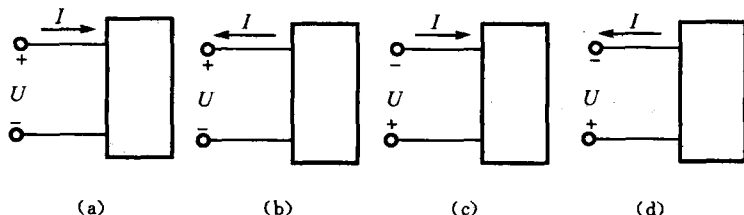


图 1.7

【逻辑推理】 分辨二端网络是电源或是负载,有三种方法:

(1) 按电流和电压的实际方向。当二者相同时,为负载;当二者相反时为电源。这是因为电源中存在电动势,对电荷做正功,提升电位,电流从低电位流向高电位。

(2) 利用电压、电流的参考方向计算元件功率来分辨。当两个参考方向相同时, $P = UI > 0$,则为负载, $P < 0$ 时,为电源;当二者参考方向相反时, $P = UI > 0$,则为电源, $P < 0$ 时,为负载。

(3) 可以将电流、电压的参考方向一致,即固定一个方向,改变另一个方向,并顺之改变该物理量的符号。计算功率: $P_{\text{new}} = U_{\text{new}} \cdot I_{\text{new}} > 0$ 为负载; $P_{\text{new}} < 0$ 时,为电源。

解:方法一

实际方向如图 1.8 所示,所以(a),(d) 为电源,(b),(c) 为负载。

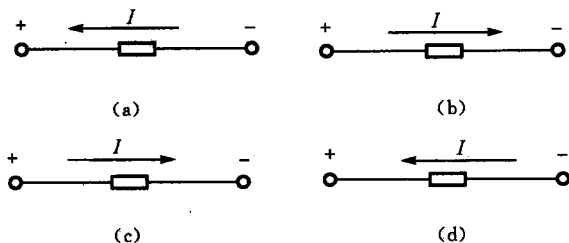


图 1.8

方法二

方向一致:

$$(a) P = 220 \times (-1) < 0$$

$$(d) P = 220 \times (-1) < 0, \text{电源}$$

方向相反:

$$(b) P = 220 \times (-1) < 0$$

$$(c) P = -220 < 0, \text{负载}$$

方法三

$$(a) P = 220 \times (-1) < 0, \text{电源}$$

$$(b) P = 220 \times [-(-1)] = 220 \text{ W} > 0, \text{负载(固定 } U)$$

$$(c) P = 220 \times [-(-1)] = 220 \text{ W} > 0, \text{负载(固定 } U)$$

$$(d) P = 220 \times (-1) < 0, \text{电源}$$

1.5.5 图 1.9(a) 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 1.9(b) 也是一电池电路,当 $U = 5\text{ V}$, $E = 3\text{ V}$ 时,则又如何?

【逻辑推理】 本题要考虑全电路欧姆定律 $E = U_{\text{外}} + IR$,可以把 U 看作另一个电源 E ,根据 1.5.4 分析,当电压和电流的实际方向一致时, E 作为负载,否则为电源,所以本题即变为考虑电流 I 的方向。

解:对图 1.9(a) 设电流方向为逆时针,有

$$E = U + IR$$

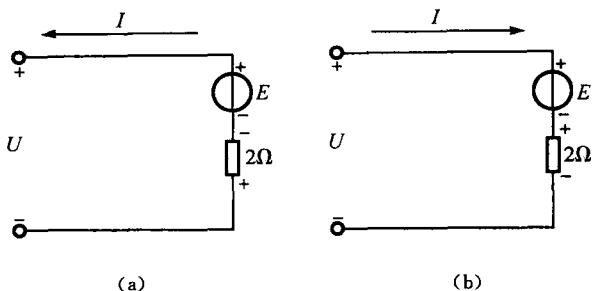


图 1.9

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

即电流应为逆时针方向。

电流实际方向由电池“+”极流出,且电池电动势 E 大于端电压 U ,故电池作电源供电。

如图 1.9(b),设顺时针方向为电流参考方向,由图 1.9(b) 所示电路

$$U = E + IR$$

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

所以电流实际方向为顺时针。

电流实际方向由电池“+”极流入,且外加端电压 U 高于电池电动势 E ,故电池作负载充电。

1.5.6 有一台直流发电机,其铭牌上标有 40kW 230V 174A。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?

【知识点窍】 额定值的应用。

解: 铭牌所标的数值即为额定值,此处即 $P_N = 40\text{kW}$, $U_N = 230\text{V}$, $I_N = 174\text{A}$

当发电机输出端未接负载,电流 $I = 0$,输出功率 $P = 0$ 时,称为空载运行。由于一般发电机均有内阻 R_0 ,空载端电压 U 等于其电动势 E ,将大于额定端电压 U_N 。

当发电机接上负载,但电流 $I < I_N$,输出功率 $P < P_N$ 时,称为轻载运行。此时端电压将略高于 U_N 。

当发电机负载电流、电压及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。而当负载电流大于 I_N 时称为过载运行。在允许的过载范围内(例如 $I = 120\% I_N$),其输出功率也将大于额定功率。

一般负载大小是指发电机实际输出的电流或功率大小。

1.5.7 一个电热器从 220V 的电源取用的功率为 1000W,如将它接到 110V 的电源上,其取用的功率为多少?

【逻辑推理】 已知物理量 P 和 U ,可以由纯阻性负载功率公式 $P = \frac{U^2}{R}$ 得 R 。然后根据 R ,可以求得 110V 的功率。

解: 方法一:公式 $P_1 = \frac{U_1^2}{R}$, $P_2 = \frac{U_2^2}{R}$, 所以 $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2$, 即 $P_2 = \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 \cdot P_1$

又因为 $P_1 = 1000\text{W}$, $U_1 = 220\text{V}$ 和 $U_2 = 110\text{V}$, 所以

$$P_2 = \left(\frac{110}{220}\right)^2 \cdot 1000\text{W} = \frac{1000}{4} = 250\text{W}$$

方法二: 电热器的额定电阻可由电压 U 和功率 P 求得

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{1000} = 48.4\Omega$$

当接到 110V 电源上时, 取用的功率

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

可见取用功率与电压平方成正比, 功率只有原先的四分之一。

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: 由于深夜大多数人关灯休息, 工地停工, 使电源的负载大大减轻, 电源内阻和导线电阻电压降大大减小, 电灯端电压比黄昏时高, 所以电灯要亮一些。

1.6.1 在图 1.10 中, I_A, I_B, I_C 的参考方向如图中所示, 这三个电流有可能都是正值?

【知识点窍】 基尔霍夫电流定律。

【逻辑推理】 基尔霍夫第一定律——电流定律 (KCL) 的推广: 由任意封闭曲面包围部分电路中, 流入该曲面的电流之和等于流出该曲面的电流之和。

解: 根据基尔霍夫电流定律推导结果有

$$I_A + I_B + I_C = 0$$

可见这三个电流不可能全为正值。

1.6.2 求图 1.11 中电流 I_5 的数值, 已知 $I_1 = 4\text{A}$, $I_2 = -2\text{A}$, $I_3 = 1\text{A}$, $I_4 = -3\text{A}$ 。

【知识点窍】 基尔霍夫电流定律。

【逻辑推理】 a, b 为同一节点, 所以满足 KCL 定律, 这里根据各参考方向, 可以列出等式。

解: 流入节点 a 的电流: $I_{\text{in}} = I_1 + I_5$

流出节点 a 的电流: $I_{\text{out}} = I_2 + I_3 + I_4$

由基尔霍夫电流定律可知

$$I_1 + I_5 = I_2 + I_3 + I_4$$

故 $I_5 = I_2 + I_3 + I_4 - I_1 = -2 + 1 - 3 - 4 = -8\text{A}$

1.6.3 在图 1.12 中, 已知 $I_a = 1\text{mA}$, $I_b = 10\text{mA}$, $I_c = 2\text{mA}$, 求电流 I_d 。

【知识点窍】 广义基尔霍夫电流定律。

【逻辑推理】 利用 KCL 定律推广, 可把图 1.12 中, 虚线圈内看作广义节点, 则流入圈内的电流和流出的电流绝对值应相等。

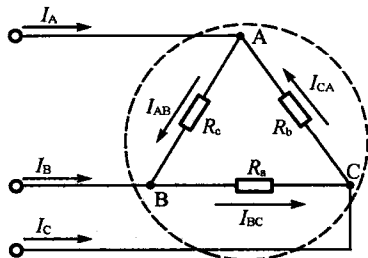


图 1.10

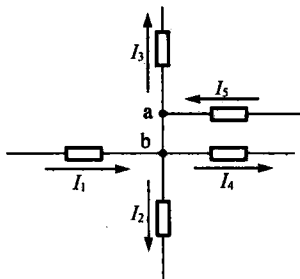


图 1.11

解: 根据广义基尔霍夫电流定律的推广应用, 4 个电阻组成的闭合回路可看成一个广义节点, 因此有

$$I_a + I_b + I_c + I_d = 0$$

故

$$I_d = -(I_a + I_b + I_c)$$

$$= -(1 + 10 + 2) = -13 \text{ mA}$$

1.6.4 在图 1.13(a)、(b) 所示的两个电路中, 各有多少支路和节点? U_{ab} 和 I 是否等于零? 如将图(a) 中右下臂的 6Ω 改为 3Ω , 则又如何?

【知识点窍】 支路分节点的概念, 基尔霍夫电流定律及欧姆定律。

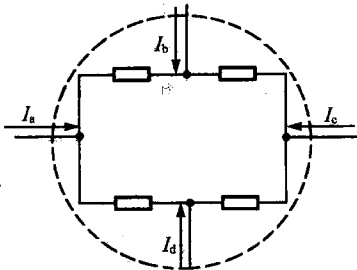
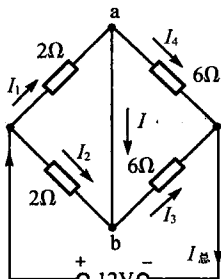
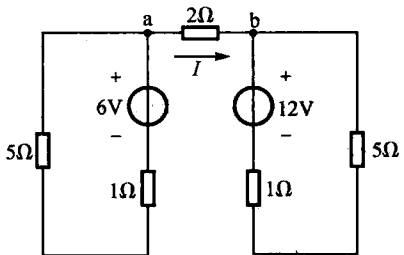


图 1.12



(a)



(b)

图 1.13

【逻辑推理】 (a) 中 $2\Omega, 2\Omega$ 并联, $6\Omega, 6\Omega$ 并联, 然后串联, a 和 b 为同一节点。

(b) 中, 右左分为两个独立回路, ab 之间仅一条通路, 不是回路, 没有电流。

解: (a) 图中有 6 条支路和 4 个节点, 但 a 和 b 之间为短路线, $U_{ab} = 0$, a, b 为等电位点, 也可认为只有 3 个节点。短路线中电流 $I = 0$ 。

$$\text{在图 1.13(a) 中, 因为 } I_{\Sigma} = \frac{12}{\frac{2 \times 2}{2+2} + \frac{6 \times 6}{6+6}} = 3 \text{ A}$$

$$I_{\Sigma} = I_1 + I_2 = I_4 + I_3$$

$$2\Omega \text{ 与 } 2\Omega \text{ 并联 } I_1 = I_2 = \frac{1}{2} I_{\Sigma} = 1.5 \text{ A}$$

$$\text{同理 } I_3 = I_4 = 1.5 \text{ A} \quad I = I_1 - I_4 = 0 \text{ A}$$

若将右下臂的 6Ω 改为 3Ω 则由分流原理

$$I_3 = \frac{6}{3+6} I_{\Sigma} = 2 \text{ A} \quad I_4 = \frac{3}{3+6} I_{\Sigma} = 1 \text{ A}$$

$$\text{由 } I_1 = I + I_4$$

$$\text{所以 } I = I_1 - I_4 = 1.5 - 1 = 0.5 \text{ A} \quad U_{ab} = 0$$