



21世纪高等学校新理念教材建设工程

电工学学习指导

辽宁工业大学电工教研室 编



东北大学出版社
Northeastern University Press



TM1/17=6C4

2008

21 世纪高等学校新理念教材建设工程

电 工 学 学 习 指 导

辽宁工业大学电工教研室 编

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 辽宁工业大学电工教研室 2008

图书在版编目 (CIP) 数据

电工学学习指导 / 辽宁工业大学电工教研室编. — 沈阳 : 东北大学出版社, 2008.1
(21 世纪高等学校新理念教材建设工程)

ISBN 978-7-81102-498-2

I. 电… II. 辽… III. 电工—高等学校—教学参考资料 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 004310 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳中科印刷有限责任公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm×260mm

印 张: 11.5

字 数: 294 千字

出版时间: 2008 年 1 月第 1 版

印刷时间: 2008 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑: 王兆元

责任校对: 李 莉

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

ISBN 978-7-81102-498-2

定 价: 16.00 元

《电工学学习指导》编委会

主 编 李亮之 秦晓光

闫 芳 耿大勇

编 委 何晓坤 朱延枫

李振刚 王 巍

前 言

本书由辽宁工业大学出版基金资助出版。

《电工学》课程是高等理工科院校非电类专业学生的必修课程，其主要任务是为学生学习专业知识和从事工程技术研究打好理论基础，并使他们受到必要的基本技能的训练。但是，电工学范围广，内容多，分析过程繁杂，这使得许多学习者感到困难。为帮助学生学好这门课，并配合注重培养高素质知识型人才的需求，编写本书，期望为学习者提供一本行之有效的课程学习辅导书。

本书根据教育部制定的“高等工科院校电工学课程教学基本要求”及《电工学教学大纲》，以秦曾煌主编的面向 21 世纪课程教材《电工学》第六版的内容为主，兼顾国内其他统编教材及一些重点院校的优秀教材，并结合编者多年从事电工理论教学与研究的经验编写。

本书章节的划分及内容顺序参照了《电工学》（秦曾煌主编，第六版）一书，共十八章。本书的每一章内容包括学习要点、内容提要、例题和习题选解四部分。学习要点告诉学生学习本章应分别了解、掌握（理解）和熟练掌握的内容。内容提要简明扼要地阐述了本章的主要概念、基本理论和分析方法，其目的是帮助学生抓住学习要点，以利于学生快速地掌握所学内容。例题注重基本概念、基本理论的应用，选题与本章讲述内容密切配合，解题运用的是基本分析方法，目的是帮助学生更深入地理解本章的重点内容，更好地掌握解题方法和技巧。习题选解对《电工学》（秦曾煌主编，第六版）教材中有代表性的大部分习题进行了详细解答，注重阐述解题思路、方法、步骤、特点和技巧，以提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书所用公式、符号及解题格式力求与教材一致，在量和单位的使用上贯彻了国家标准——GB 3100~3102—93。

本书第 1 章、第 2 章、第 8 章、第 17 章由秦晓光编写；第 3 章、第 5 章、第 6 章、第 14 章由耿大勇编写；第 4 章、第 16 章由李亮之编写；第 7 章、第 10 章、第 11 章、第 15 章由闫芳编写；第 9 章由李振刚编写；

第12章由朱延枫编写；第13章由王巍编写；第18章由何晓坤编写。全书由李亮之统稿。

本书由辽宁工业大学马文阁教授主审。

在本书的编写过程中，得到了辽宁工业大学教务处及信息科学与工程学院院长王艳秋教授、刘毅教授和东北大学出版社的鼎力支持和帮助，在此一并表示感谢。

本书主要供学习《电工学》的同学使用，也可作为考研同学的辅助教材。由于编者的水平和能力有限，书中存在缺点和错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2007年10月

目 录

第1章 电路的基本概念与基本定律	1
1.1 学习要点	1
1.2 内容提要	1
1.3 例 题	4
1.4 习题选解	5
第2章 电路的分析方法	10
2.1 学习要点	10
2.2 内容提要	10
2.3 例 题	12
2.4 习题选解	14
第3章 电路的暂态分析	23
3.1 学习要点	23
3.2 内容提要	23
3.3 例 题	26
3.4 习题选解	27
第4章 正弦交流电路	30
4.1 学习要点	30
4.2 内容提要	30
4.3 例 题	35
4.4 习题选解	40
第5章 三相电路	48
5.1 学习要点	48
5.2 内容提要	48
5.3 例 题	51
5.4 习题选解	52
第6章 磁路和铁心线圈电路	56
6.1 学习要点	56
6.2 内容提要	56
6.3 例 题	60
6.4 习题选解	61
第7章 交流电动机	63
7.1 学习要点	63
7.2 内容提要	63
7.3 例 题	67
7.4 习题选解	68
第8章 继电接触器控制系统	72
8.1 学习要点	72
8.2 内容提要	72
8.3 例 题	73
8.4 习题选解	74
第9章 可编程控制器及应用	81
9.1 学习要点	81

9.2	内容提要	81
9.3	例 题	82
9.4	习题选解	83
第 10 章	二极管和晶体管	87
10.1	学习要点	87
10.2	内容提要	87
10.3	例 题	92
10.4	习题选解	93
第 11 章	基本放大电路	97
11.1	学习要点	97
11.2	内容提要	97
11.3	例 题	102
11.4	习题选解	103
第 12 章	集成运算放大器	110
12.1	学习要点	110
12.2	内容提要	110
12.3	例 题	113
12.4	习题选解	115
第 13 章	电子电路中的反馈	122
13.1	学习要点	122
13.2	内容提要	122
13.3	例 题	125
13.4	习题选解	127
第 14 章	直流稳压电源	129
14.1	学习要点	129
14.2	内容提要	129
14.3	例 题	132
14.4	习题选解	134
第 15 章	门电路和组合逻辑电路	138
15.1	学习要点	138
15.2	内容提要	138
15.3	例 题	144
15.4	习题选解	147
第 16 章	触发器和时序逻辑电路	150
16.1	学习要点	150
16.2	内容提要	150
16.3	例 题	157
16.4	习题选解	161
第 17 章	存储器和可编程逻辑器件	167
17.1	学习要点	167
17.2	内容提要	167
17.3	习题选择	169
第 18 章	模拟量和数字量的转换	173
18.1	学习要点	173
18.2	内容提要	173
18.3	例 题	174
18.4	习题选择	174

□ 第 1 章 电路的基本概念与基本定律

1.1 学习要点

- (1) 了解电路模型及理想电路元件的意义。
- (2) 理解电压、电流参考方向的意义。
- (3) 掌握基尔霍夫定律并能正确应用。
- (4) 了解电源的有载工作, 开路与短路状态, 并能理解电功率和额定值的意义。
- (5) 掌握分析与计算简单电路和电路中各点电位的方法。

1.2 内容提要

1.2.1 电路及其组成

- (1) 电路: 电流的通路称电路, 连续电流的通路必须是闭合的。
- (2) 电路的组成: 电路有三个组成部分——电源、负载及中间环节。

1.2.2 电路模型

电路模型: 就是将实际电路元件理想化, 即在一定条件下突出其主要的电磁性质, 而忽略其次要因素。由一些理想电路元件所组成的电路就是实际电路的电路模型。理想电路元件(如电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等)分别由相应的参数来表征, 用规定的图形符号来表示。今后分析的都是指电路模型, 简称电路。

1.2.3 电压与电流的参考方向

电压和电流有实际方向和参考方向之分。

- (1) 电流的参考方向。

电流的实际方向: 正电荷运动的方向。

电流的参考方向: 为分析和计算电路, 任意选定某一方向作为电流的参考方向(或称正方向)。所选的电流参考方向并不一定与电流的实际方向一致。当电流的实际方向与其参考方向一致时, 则电流为正值; 当电流的实际方向与其参考方向相反时, 则电流为负值。在参考方向选定后, 电流值才有正负之分。

电流参考方向的表示方法:

- ① 用箭头表示电流的参考方向。
- ② 也可用带有双下标的字母表示, 如 I_{ab} 表示电流的方向由 a 指向 b。

- (2) 电压的参考方向。

电压和电动势都是标量，但在分析电路时，和电流一样，也说它们具有方向。

电压的方向规定为由高电位(“+”极性)端指向低电位(“-”极性)端，即为电位降低的方向。电源电动势的方向规定为在电源内部由低电位(“-”极性)端指向高电位(“+”极性)端，即为电位升高的方向。

在分析与计算电路时，任意选定某一方向作为电压的参考方向，或称为正方向。所选的参考方向不一定与实际方向一致。当所选的参考方向与实际方向一致时，则电压为正值；反之，则为负值。因此，在选定参考方向之后，电压之值也才有正负之分。

电压参考方向的表示方法：

① 用“+”“-”号表示：“+”号表示参考方向的高电位，“-”号表示参考方向的低电位。

② 也可用带有双下标的字母表示，如 U_{ab} 表示 a 为参考方向的高电位，b 为参考方向的低电位。

(3) 关联参考方向与非关联参考方向。

图 1.1 所示为关联参考方向，也叫电压 U 与电流 I 参考方向一致。

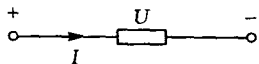


图 1.1 关联参考方向

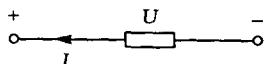


图 1.2 非关联参考方向

图 1.2 为非关联参考方向，也叫电压 U 与电流 I 参考方向相反。

1.2.4 欧姆定律

流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比，电阻 R 为一常数。

当电阻两端电压 U 与电流 I 为关联参考方向时，欧姆定律为： $R = \frac{U}{I}$ ；

当电阻两端电压 U 与电流 I 为非关联参考方向时，欧姆定律为： $R = -\frac{U}{I}$ 。

在国际制单位中，电阻的单位为欧(姆)，符号为 Ω ，计量高电阻时，则以千欧(k Ω)或兆欧(M Ω)为单位。

1.2.5 电源有载工作、开路与短路

(1) 电路的三种工作状态，见表 1.1。

(2) 功率的平衡。

在一个电路中，电源产生的功率与负载吸收的功率及电源内阻和线路电阻上所损耗的功率是平衡的。

(3) 电源与负载。

在图 1.3 中，如果 U 和 I 的参考方向即为实际方向时，

电源： U 和 I 的实际方向相反，电流从“+”端流出，发出功率；

负载： U 和 I 的实际方向相同，电流从“+”端流入，吸收功率。

也可由 U 和 I 的参考方向来确定电源与负载。

表 1.1

电路的三种工作状态

工作状态	有载状态	空载 (开路)	短路状态
电路图			
负载电阻	R_L	∞	0
电路电流	$I_L = \frac{U_s}{R_0 + R_L}$	$I_L = 0$	$I_s = \frac{U_s}{R_0}$ 很大 $I_L = 0$
电源端电压	$U = U_s - I_L R_0$	$U_0 = U_s$	$U = 0$
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	$P_L = UI_L = I_L^2 R_L = U^2 / R_L$	$P_L = 0$	$P_L = 0$
电源内阻消耗功率	$P_{R_0} = I_L^2 R_0$	$P_{R_0} = 0$	$P_{R_0} = I_s^2 R_0$ 很大
功率平衡关系	$P_s = P_L + P_{R_0}$	$P_s = P_L + P_{R_0} = 0$	$P_s = P_{R_0}$ 烧坏电源

当电压 U 与电流 I 的参考方向一致时, 如图 1.4 所示。如果 $P = UI < 0$ (负值), 则为电源; 如果 $P = UI > 0$ (正值), 则为负载。

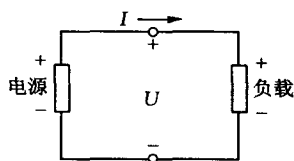


图 1.3 由 U 和 I 的实际方向确定
电源与负载

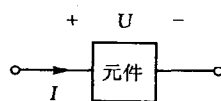


图 1.4 由 U 与 I 的参考方向
确定电源与负载

当 U 和 I 的参考方向选得相反时, 如果 $P = UI > 0$ (正值), 则为电源, 如果 $P = UI < 0$ (负值), 则为负载。

(4) 额定值与实际值。

各种电器设备的电压、电流和功率都有一个额定值, 额定值是制造厂为了使产品能在给定的工作条件下正常运行而规定的正常容许值。使用时的实际值不一定等于额定值。

1.2.6 基尔霍夫定律(KL)

(1) 基尔霍夫电流定律(KCL), 反映了汇合到电路中任一结点的各支路电流之间相互制约的关系。其实质是电流连续性原理,

即 在任一瞬时, 流向某一结点的电流之和应该等于由该结点流出的电流之和。

基尔霍夫电流定律通常应用于结点, 也可以推广应用于包围部分电路的任一假设的闭合面。

(2) 基尔霍夫电压定律(KVL), 反映了一个回路中各段电压间相互制约的关系。其本质是电位单值性原理, 即在任一瞬时, 沿任一回路循行方向(顺时针方向或逆时针方向)绕行一周, 则电位升之和必然等于电位降之和。

基尔霍夫电压定律不仅应用于闭合电路, 也可以推广应用于回路的部分电路。

1.3 例 题

例 1.1 在图示电路中, 已知 $R = 1\Omega$, 若(1) $I_s = 2A$, $U_s = 1V$; (2) $I_s = -1A$, $U_s = 1V$ 。试分别求出两种情况下各电源的功率, 并判断它们是电源还是负载。

解 (1) $I_R = \frac{U_s}{R} = \frac{1}{1}A = 1A$, $I_{U_s} = I_R - I_s = (1 - 2)A = -1A$

故 $P_{I_s} = I_s U_s = 2 \times 1W = 2W$

(参考方向不一致, $P > 0$, 是电源)

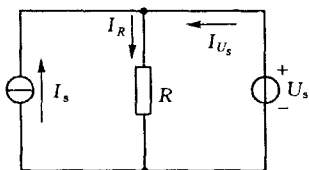
$P_{U_s} = I_{U_s} U_s = (-1 \times 1)W = -1W$

(参考方向不一致, $P < 0$, 是负载)

(2) $I_R = \frac{U_s}{R} = \frac{1}{1}A = 1A$, $I_{U_s} = I_R - I_s = [1 - (-1)]A = 2A$

故 $P_{I_s} = I_s U_s = -1 \times 1W = -1W$ (参考方向不一致, $P < 0$, 是负载)

$P_{U_s} = I_{U_s} U_s = 2 \times 1W = 2W$ (参考方向不一致, $P > 0$, 是电源)



例 1.1 图

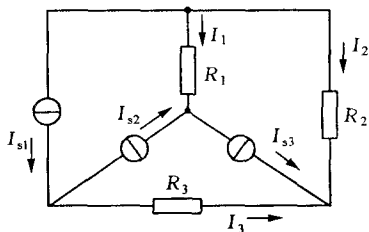
例 1.2 在图示电路中, 已知: $I_{s1} = 3A$, $I_{s2} = 2A$, $I_{s3} = 1A$, $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 5\Omega$, $R_3 = 7\Omega$ 。用基尔霍夫电流定律求电流 I_1 , I_2 和 I_3 。

解 分别对结点应用基尔霍夫电流定律, 得

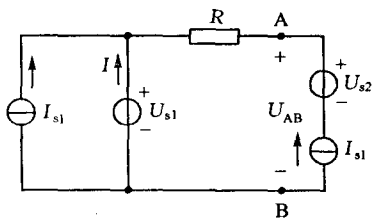
$$I_1 = I_{s3} - I_{s2} = (1 - 2)A = -1A$$

$$I_3 = I_{s1} - I_{s2} = (3 - 2)A = 1A$$

$$I_2 = -I_{s3} - I_3 = (-1 - 1)A = -2A$$



例 1.2 图



例 1.3 图

例 1.3 在图示电路中, 已知: $U_{s1} = U_{s2} = 5V$, $I_{s1} = 2A$, $I_{s2} = 1A$, $R = 2\Omega$ 。求: (1) 电路中的电流 I 和电压 U_{AB} ; (2) 指出哪些元件是电源, 并求电源发出的功率。

解 对结点应用基尔霍夫电流定律, 得

$$I = -(I_{s1} + I_{s2}) = -(2 + 1)A = -3A$$

对右边回路应用基尔霍夫电压定律, 得

$$U_{AB} = U_{s1} + I_{s2}R = (5 + 1 \times 2)V = 7V$$

(2) 电流源 I_{s1} 两端电压为 U_{s1} , 所以

$$P_{I_{s1}} = I_{s1} U_{s1} = 2 \times 5W = 10W \quad (\text{参考方向不一致, } P > 0, \text{ 是电源})$$

$$P_{U_{s1}} = I U_{s1} = (-3) \times 5W = -15W \quad (\text{参考方向不一致, } P < 0, \text{ 是负载})$$

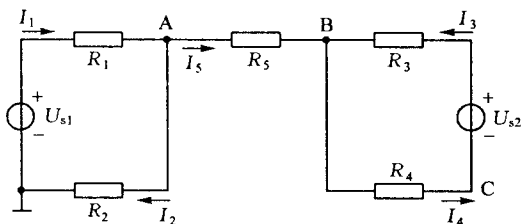
电压源 U_{s2} 中的电流为 I_{s2} , 所以

$$P_{U_{s2}} = I_{s2} U_{s2} = 1 \times 5W = 5W \quad (\text{参考方向不一致, } P > 0, \text{ 是电源})$$

电流源 I_{s2} 两端的电压为 $U_{I_{s2}} = U_{AB} - U_{s2} = (7 - 5)V = 2V$

所以 $P_{I_{s2}} = U_{I_{s2}} I_{s2} = 2 \times 1W = 2W \quad (\text{参考方向不一致, } P > 0, \text{ 是电源})$

例 1.4 在图示电路中, 已知: $U_{s1} = 6V$, $U_{s2} = 10V$, $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 4\Omega$, $R_4 = 1\Omega$, $R_5 = 10\Omega$ 。求电路中 A, B, C 三点的电位 V_A , V_B , V_C 。



例 1.4 图

解 对左边回路应用欧姆定律, 得 $I_1 = I_2 = \frac{U_{s1}}{R_1 + R_2} = \frac{6}{4 + 2}A = 1A$; 所以 $V_A = R_2 \times I_2 = 2V$;

对右边回路应用欧姆定律, 得 $I_3 = I_4 = \frac{U_{s2}}{R_3 + R_4} = \frac{10}{4 + 1}A = 2A$, $I_5 = 0A$; 所以 $V_B = V_A = 2V$, $V_C = V_B - U_{BC} = 2V - R_4 I_4 = 0$ 。

1.4 习题选解

【1.1】 图示电路中, 五个元件代表电源或负载。电流和电压的参考方向如图中所示。今通过实验测量得知 $I_1 = -4A$, $I_2 = 6A$, $I_3 = 10A$, $U_1 = 140V$, $U_2 = -90V$, $U_3 = 60V$, $U_4 = -80V$, $U_5 = 30V$ 。

(1) 判断哪些元件是电源? 哪些是负载?

(2) 计算各元件的功率, 电源发出的功率和负载取用的功率是否平衡?

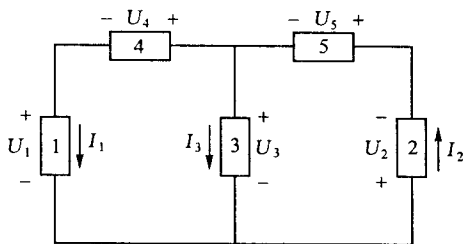
解 (1) 元件 1, 2 为电源; 3, 4, 5 为负载。

$$(2) P_1 = U_1 I_1 = 140 \times (-4)W = -560W$$

$$P_2 = U_2 I_2 = (-90) \times 6W = -540W$$

$$P_3 = U_3 I_3 = 60 \times 10W = 600W$$

$$P_4 = U_4 I_1 = (-80) \times (-4)W = 320W$$



题 1.1 图

$$P_5 = U_5 I_2 = 30 \times 6 \text{ W} = 180 \text{ W}$$

$$\text{电源发出功率 } P_E = P_1 + P_2 = (560 + 540) \text{ W} = 1100 \text{ W}$$

$$\text{负载取用功率 } P = P_3 + P_4 + P_5 = (600 + 320 + 180) \text{ W} = 1100 \text{ W}$$

两者平衡。

【1.2】 在图示电路中, 已知 $I_1 = 3 \text{ mA}$, $I_2 = 1 \text{ mA}$ 。试确定电路元件 3 中的电流 I_3 和其两端电压 U_3 , 并说明元件 3、30V 电压源和 80V 电压源是电源还是负载。校验整个电路的功率是否平衡。

解 根据基尔霍夫电流定律, 列出:

$$-I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$-3 + 1 - I_3 = 0$$

得

$$I_3 = -2 \text{ mA}$$

I_3 的实际方向与图中的参考方向相反。

根据基尔霍夫电压定律, 可得

$$U_3 = (30 + 10 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-3}) \text{ V} = 60 \text{ V}$$

其次确定是电源还是负载。

(1) 从电压和电流的实际方向判别。

电路元件 3: 电流 I_3 从 “+” 端流出, 故为电源;

80V 元件: 电流 I_2 从 “+” 端流出, 故为电源;

30V 元件: 电流 I_1 从 “+” 端流入, 故为负载。

(2) 从电压和电流的参考方向判别。

电路元件 3: U_3 和 I_3 的参考方向相同

$$P = U_3 I_3 = 60 \times (-2) \times 10^{-3} \text{ W} = -120 \times 10^{-3} \text{ W} (\text{负值}), \text{ 故为电源};$$

80V 元件: U_2 和 I_2 的参考方向相反

$$P = U_2 I_2 = 80 \times 1 \times 10^{-3} \text{ W} = 80 \times 10^{-3} \text{ W} (\text{正值}), \text{ 故为电源};$$

30V 元件: U_1 和 I_1 的参考方向相同

$$P = U_1 I_1 = 30 \times 3 \times 10^{-3} \text{ W} = 90 \times 10^{-3} \text{ W} (\text{正值}), \text{ 故为负载}。$$

两者结果一致。

最后校验功率平衡。

电阻消耗功率

$$P_{R_1} = R_1 I_1^2 = 10 \times 3^2 \text{ mW} = 90 \text{ mW}$$

$$P_{R_2} = R_2 I_2^2 = 20 \times 1^2 \text{ mW} = 20 \text{ mW}$$

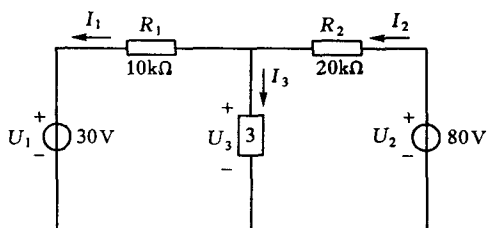
电源发出的总功率

$$P_E = U_2 I_2 + U_3 I_3 = (80 + 120) \text{ mW} = 200 \text{ mW}$$

负载取吸收的总功率

$$P = U_1 I_1 + R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 = (90 + 90 + 20) \text{ mW} = 200 \text{ mW}$$

两者平衡。



题 1.2 图

【1.3】 在图示电路中, 有一直流电源, 其额定功率 $P_N = 200 \text{ W}$, 其额定电压 $U_N = 50 \text{ V}$, 内阻 $R_0 = 0.5 \Omega$, 负载电阻 R 可以调节。试求: (1) 额定工作状态下的电流及负载电阻; (2) 开路状态下的电源端电压; (3) 电源短路状态下的电流。

解 (1) 额定电流 $I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{200}{50} \text{ A} = 4 \text{ A}$

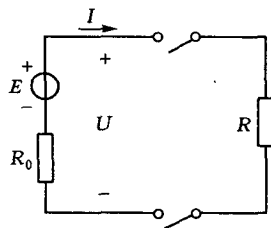
负载电阻 $R = \frac{U_N}{I_N} = \frac{50}{4} \Omega = 12.5 \Omega$

(2) 电源开路电压

$$U_0 = E = U_N + I_N R_0 = (50 + 4 \times 0.5) \text{ V} = 52 \text{ V}$$

(3) 电源短路电流

$$I_s = \frac{E}{R_0} = \frac{52}{0.5} \text{ A} = 104 \text{ A}$$



题 1.3 图

【1.4】一只 110V/8W 的指示灯，现在要接在 380V 的电源上，问要串多大阻值的电阻？该电阻应选用多大瓦数的？

解 由指示灯的额定值求额定状态下它的电流 I_N 和电阻 R_N ：

$$I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{8}{110} \text{ A} = 0.073 \text{ A}$$

$$R_N = \frac{U_N}{I_N} = \frac{110}{0.073} \Omega = 1507 \Omega$$

在 380V 电源上指示灯仍保持 110V 额定电压，所串电阻

$$R = \frac{U - U_N}{I_N} = \frac{380 - 110}{0.073} \Omega = 3700 \Omega$$

其额定功率

$$P_N = R I_N^2 = 3700 \times (0.073)^2 = 19.6 \text{ W}$$

故可选用额定值为 3.7k Ω ，20W 的电阻。

【1.5】图示为用变阻器 R 调节直流电机励磁电流 I_f 的电路。设电机励磁绕组的电阻为 315 Ω ，其额定电压为 220V，如果要求励磁电流在 0.35~0.7A 的范围内变动，试在下列三个变阻器中选用一个合适的：(1) 1000 Ω ，0.5A；(2) 200 Ω ，1A；(3) 350 Ω ，1A。

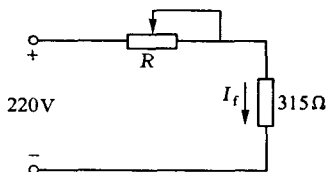
解 当 $R = 0$ 时，

$$I = \frac{220}{315} \text{ A} = 0.7 \text{ A}$$

当 $I = 0.35 \text{ A}$ 时，

$$R + 315 = \frac{220}{0.35} \Omega = 630 \Omega$$

$$R = (630 - 315) \Omega = 315 \Omega$$



题 1.5 图

因此，只能选用 350 Ω ，1A 的变阻器。

【1.6】图示为电源有载工作的电路。电源的电动势 $E = 220 \text{ V}$ ，内阻 $R_0 = 0.2 \Omega$ ；负载电阻 $R_1 = 10 \Omega$ ， $R_2 = 6.67 \Omega$ ；线路电阻 $R_l = 0.1 \Omega$ 。试求负载电阻 R_2 并联前后：(1) 电路中电流 I ；(2) 电源端电压 U_1 和负载端电压 U_2 ；(3) 负载功率 P 。当负载增大时，总的负载电阻、线路总电流、负载功率、电源端和负载的电压是如何变化的？

解 R_2 并联前，电路总电阻

$$R = R_0 + 2R_l + R_1 = (0.2 + 2 \times 0.1 + 10) \Omega = 10.4 \Omega$$

(1) 电路中电流

$$I = \frac{E}{R} = \frac{220}{10.4} \text{A} = 21.2 \text{A}$$

(2) 电源端电压

$$U_1 = E - R_0 I = (220 - 0.2 \times 21.2) \text{V} = 216 \text{V}$$

负载端电压

$$U_2 = R_1 I = 10 \times 21.2 \text{V} = 212 \text{V}$$

(3) 负载功率

$$P = U_2 I = 212 \times 21.2 \text{W} = 4490 \text{W} = 4.49 \text{kW}$$

R_2 并联后, 电路总电阻

$$R = R_0 + 2R_l + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \left(0.2 + 2 \times 0.1 + \frac{10 \times 6.67}{10 + 6.67} \right) \Omega = 4.4 \Omega$$

(1) 电路中电流

$$I = \frac{E}{R} = \frac{220}{4.4} \text{A} = 50 \text{A}$$

(2) 电源端电压

$$U_1 = E - R_0 I = (220 - 0.2 \times 50) \text{V} = 210 \text{V}$$

负载端电压

$$U_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I = \frac{10 \times 6.67}{10 + 6.67} \times 50 \text{V} = 200 \text{V}$$

(3) 负载功率

$$P = U_2 I = 200 \times 50 \text{W} = 10000 \text{W} = 10 \text{kW}$$

可见, 当负载增大后, 电路总电阻减小, 电路中电流增大, 负载功率增大, 电源端电压和负载端电压均降低。

【1.7】 在图示电路中, 已知 $I_1 = 0.01 \mu\text{A}$, $I_2 = 0.3 \mu\text{A}$, $I_5 = 9.61 \mu\text{A}$, 试求电流 I_3 , I_4 和 I_6 。

解 由基尔霍夫电流定律可列出:

$$I_6 - I_2 - I_4 = 0$$

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

由上三式可解得

$$I_3 = I_1 + I_2 = (0.01 + 0.3) \mu\text{A} = 0.31 \mu\text{A}$$

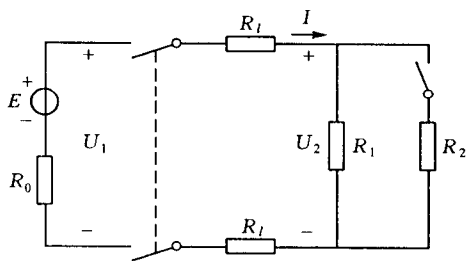
$$I_4 = I_5 - I_3 = (9.61 - 0.31) \mu\text{A} = 9.3 \mu\text{A}$$

$$I_6 = I_2 + I_4 = (0.3 + 9.3) \mu\text{A} = 9.6 \mu\text{A}$$

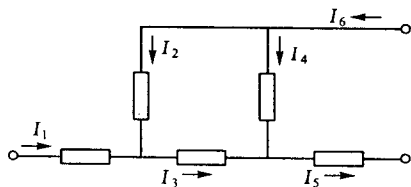
【1.8】 试求图示部分电路的电流 I 、 I_1 和电阻 R , 设 $U_{ab} = 0$ 。

解 由基尔霍夫电流定律可知, $I = 6 \text{A}$ 。

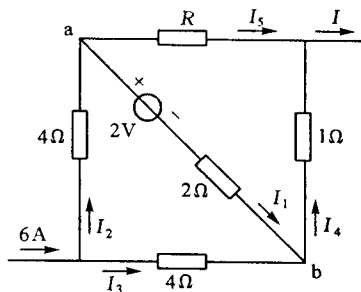
由于设 $U_{ab} = 0$, 可得



题 1.6 图



题 1.7 图



题 1.8 图

$$I_1 = -1\text{A}$$

$$I_2 = I_3 = \frac{6}{2}\text{A} = 3\text{A}$$

并得出

$$I_4 = I_1 + I_3 = (-1 + 3)\text{A} = 2\text{A}$$

$$I_5 = I - I_4 = (6 - 2)\text{A} = 4\text{A}$$

因

$$I_5 R = I_4 \times 1$$

得

$$R = \frac{I_4}{I_5} = \frac{2}{4}\Omega = 0.5\Omega$$

【1.9】 试求图示电路中 A 点的电位。

解 由电路图可知, 电阻 4Ω 支路中电流为零, $V_A =$

$$\left(6 - \frac{3}{2+1} \times 1\right)\text{V} = 5\text{V}.$$

【1.10】 试求图示电路中 A 点和 B 点的电位。如将 A、B 两点直接连接或接一电阻, 对电路的工作有无影响?

解 电路包含左、右两个回路, 对左边回路有

$$I_1 = \frac{20}{12+8}\text{A} = 1\text{A} \quad \text{得} \quad V_A = 8I_1 = 8\text{V}$$

对右边回路有

$$I_2 = \frac{16}{4+4}\text{A} = 2\text{A} \quad \text{得} \quad V_A = 4I_2 = 8\text{V}$$

因此, A、B 两点等电位, 将 A、B 两点直接连接或接一电阻, 对电路的工作无影响。

【1.11】 在图示电路中, 求 A 点电位 V_A 。

解 $I_1 - I_2 - I_3 = 0$

$$I_1 = \frac{50 - V_A}{10}$$

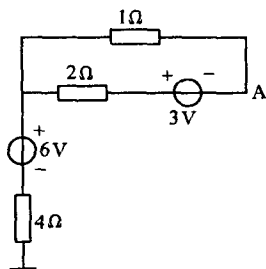
$$I_2 = \frac{V_A - (-50)}{5}$$

$$I_3 = \frac{V_A}{20}$$

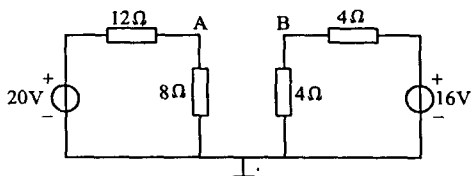
将式(2), (3), (4)代入式(1), 得

$$\frac{50 - V_A}{10} - \frac{V_A + 50}{5} - \frac{V_A}{20} = 0$$

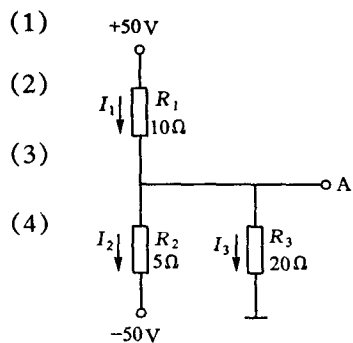
$$V_A = -14.3\text{V}$$



题 1.9 图



题 1.10 图



题 1.11 图