普通高等教育“十一五”规划教材

电工学习题解答

● 哈尔滨工业大学电工学教研室　张继红　主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”规划教材

电工学习题解答

哈尔滨工业大学电工学教研室　张继红　主编

机 械 工 业 出 版 社

本书是与哈尔滨工业大学王卫、杨世彦和吴建强教授主编的《电工学》（上册-电工技术、中册-电子技术和下册-现代传动及其控制技术）配套的辅导书。书中每章简要叙述了课程中的基本内容和要求，指出了重点及难点部分，并对每章习题进行了全面解答，以加强读者对本课程知识点的理解和掌握，有助于学生分析和解题能力的提高。

本书可作为本科非电类学生和自学读者学习电工学的辅导教材，也可供有关教师教学参考。

图书在版编目（CIP）数据

电工学习题解答/张继红主编．—北京：机械工业出版社，2010.7
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-111-30800-3

Ⅰ.①电… Ⅱ.①张… Ⅲ.①电工学－高等学校－解题 Ⅳ.①TM1－44

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 097783 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：贡克勤 责任编辑：贡克勤 版式设计：霍永明
责任校对：李秋荣 封面设计：张 静 责任印制：乔 宇
北京机工印刷厂印刷（兴文装订厂装订）
2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm ·15 印张 ·333 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-30800-3
定价：27.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：（010）88361066
销 售 一 部：（010）68326294
销 售 二 部：（010）88379649
读者服务部：（010）68993821

网络服务
门户网：http：//www.cmpbook.com
教材网：http：//www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

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，其目的是培养学生掌握和运用电工技术、电子技术和现代电气传动及其控制技术的基本知识和基本技能。要求学生在学完本课程后，具备一定的分析和处理与电工、电子和电气传动及其控制等相关技术的实际能力，了解这些技术的最新发展和应用情况。

为满足机电类学科人才培养需要，哈尔滨工业大学电工学教研室在原校内使用教材的基础上，重新编写一套面向“机械设计制造及其自动化”专业以及其他相关专业的一套多学时电工学教材。这套教材由吴建强教授总体策划，分为《电工技术》、《电子技术》和《现代传动及其控制技术》三册，为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。每一册的内容自成体系，同时也可作为其他学科电工学的参考教材和有关工程科技人员的参考书。

本书是与这套教材配套的辅导书，按教材分三部分：电工技术、电子技术和现代传动及其控制技术。各章均按基本内容、基本要求、重点和难点及习题解答四方面编写。

基本内容部分是对各章主要内容和知识要点的归纳和总结；基本要求是对学习各章内容时所提出的要求，哪些内容需要一般了解，哪些内容需要理解和掌握；在重点和难点部分指出了在本章学习过程中难于理解和重点需要掌握的知识点；习题解答是对各章习题的分析解答。

本书第一部分《电工技术》第1、2、6章由张继红编写，第3、4、5、8章由刘桂花编写；第二部分《电子技术》第1、2、4、6、7章由刘晓芳编写，第3、5、8、9章由郑雪梅编写；第三部分《现代传动及其控制技术》第1、2、3、4章由杨威编写，全书由张继红统稿。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

目　录

前言

第1部分　电工技术 …… 1

第1章　电路的基本概念和基本定律 …… 3
1.1　基本内容 …… 3
1.2　基本要求 …… 4
1.3　重点和难点 …… 5
1.4　习题解答 …… 5

第2章　电路的基本分析方法 …… 13
2.1　基本内容 …… 13
2.2　基本要求 …… 14
2.3　重点和难点 …… 15
2.4　习题解答 …… 15

第3章　正弦交流电路 …… 34
3.1　基本内容 …… 34
3.2　基本要求 …… 36
3.3　重点和难点 …… 36
3.4　习题解答 …… 36

第4章　三相交流电路及安全用电常识 …… 58
4.1　基本内容 …… 58
4.2　基本要求 …… 60
4.3　重点和难点 …… 60
4.4　习题解答 …… 60

第5章　非正弦周期电流的电路 …… 70
5.1　基本内容 …… 70
5.2　基本要求 …… 71
5.3　重点和难点 …… 71
5.4　习题解答 …… 71

第6章　电路的暂态分析 …… 78
6.1　基本内容 …… 78
6.2　基本要求 …… 79
6.3　重点和难点 …… 80
6.4　习题解答 …… 81

第8章　磁路与变压器 …… 96
8.1　基本内容 …… 96
8.2　基本要求 …… 97
8.3　重点和难点 …… 97
8.4　习题解答 …… 97

第2部分　电子技术 …… 105

第1章　常用半导体元器件 …… 107
1.1　基本内容 …… 107
1.2　基本要求 …… 107
1.3　重点和难点 …… 108
1.4　习题解答 …… 108

第2章　基本放大电路 …… 113
2.1　基本内容 …… 113
2.2　基本要求 …… 114
2.3　重点和难点 …… 114
2.4　习题解答 …… 114

第3章　集成运算放大电路 …… 131
3.1　基本内容 …… 131
3.2　基本要求 …… 134
3.3　重点和难点 …… 135
3.4　习题解答 …… 135

第4章　组合逻辑电路 …… 149
4.1　基本内容 …… 149
4.2　基本要求 …… 150
4.3　重点和难点 …… 150
4.4　习题解答 …… 151

第5章　时序逻辑电路 …… 160
5.1　基本内容 …… 160
5.2　基本要求 …… 162
5.3　重点和难点 …… 163
5.4　习题解答 …… 163

第6章　可编程逻辑器件 …… 173
6.1　基本内容 …… 173
6.2　基本要求 …… 173
6.3　重点和难点 …… 173

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

6.4 习题解答 …… 173
第 7 章 模拟量和数字量的转换 …… 178
7.1 基本内容 …… 178
7.2 基本要求 …… 179
7.3 重点和难点 …… 179
7.4 习题解答 …… 179
第 8 章 信号的发生与变换 …… 182
8.1 基本内容 …… 182
8.2 基本要求 …… 183
8.3 重点和难点 …… 183
8.4 习题解答 …… 183
第 9 章 电力电子技术 …… 192
9.1 基本内容 …… 192
9.2 基本要求 …… 193
9.3 重点和难点 …… 194
9.4 习题解答 …… 194
第 3 部分 现代传动及其控制技术 …… 203
第 1 章 三相异步电动机 …… 205
1.1 基本内容 …… 205
1.2 基本要求 …… 206
1.3 重点和难点 …… 207
1.4 习题解答 …… 207
第 2 章 直流电动机 …… 211
2.1 基本内容 …… 211
2.2 基本要求 …… 212
2.3 重点和难点 …… 212
2.4 习题解答 …… 212
第 3 章 继电器-接触器控制系统 …… 216
3.1 基本内容 …… 216
3.2 基本要求 …… 217
3.3 重点和难点 …… 217
3.4 习题解答 …… 217
第 4 章 可编程序控制器 …… 224
4.1 基本内容 …… 224
4.2 基本要求 …… 225
4.3 重点和难点 …… 225
4.4 习题解答 …… 225
参考文献 …… 234

第1部分

电工技术

第1章　电路的基本概念和基本定律
第2章　电路的基本分析方法
第3章　正弦交流电路
第4章　三相交流电路及安全用电常识
第5章　非正弦周期电流的电路
第6章　电路的暂态分析
第8章　磁路与变压器

第1章　电路的基本概念和基本定律

电路理论是电工技术和电子技术的基本理论。本章主要介绍了电路中的基本概念和基本定律。着重讨论了电流和电压的参考方向、基尔霍夫定律及电位的计算等。

1.1　基本内容

1. 电路的基本概念

（1）电路及电路的组成和作用

电路是电流的通路，是根据某种要求由电工、电子元器件按一定方式组成的。实际电路种类繁多，用途各异，但都可以看成是由电源、负载和中间环节三个基本部分组成。

电路的作用可概括为两个方面：①实现电能的传输和转换；②实现信号的传递和处理。

（2）电路模型

由理想元件所组成的电路称为实际电路的电路模型。具有单一电磁性质的实际元件的模型称为理想元件。在电工技术中常用的理想元件有电阻、电感、电容和电源等。

（3）电流与电压的参考方向

在分析较复杂电路时，往往难于直接判断某支路中电流的实际方向，为了便于分析与计算，可任意选定某一方向作为电流或电压的参考方向（或称正方向）。选定参考方向后，通过电路定律等解得的电流或电压如果为正值，表明电流或电压实际方向与参考方向相同，如果为负值，则与之相反。

当电流、电压的参考方向选定一致时，称为关联方向；否则为非关联方向。

（4）理想电压源和电流源

一个电源可用两种不同的电路模型表示。用电压形式表示的称为电压源；用电流形式表示的，称为电流源。

理想电压源的电压不随电路中电流的改变而改变，所以理想电压源也称恒压源。理想电流源的电流不随电路中电压的改变而改变，所以理想电流源也称恒流源。

凡与理想电压源并联的元件对外电路不起作用，在分析与计算外电路时可除去；凡与理想电流源串联的元件对外电路也不起作用，在分析与计算外电路时也可除去。

（5）受控电源

理想电压源和电流源都是独立电源，即电源参数不受外电路控制，独立存在。受控电源的电源参数受电路某一电量（电压或电流）支配和控制，其大小和方向与该电量的大小

和方向有关，非独立存在。可分为4种类型：电压控制电压源（VCVS）、电流控制电压源（CCVS）、电压控制电流源（VCCS）和电流控制电流源（CCCS）。

（6）元件工作状态的判定

电源不仅能够为电路提供能量，也有可能从电路中吸收能量。如何判定元件是处于电源或负载状态，可根据元件两端电压 U 及流过电流 I 的实际方向来确定。U 与 I 的实际方向相反，电流从“+”端流出，发出功率，为电源；U 与 I 的实际方向相同，电流从“+”端流入，吸收功率，为负载。

（7）电位及参考电位

电路中两点间的电压就是两点的电位差。电位是一个相对物理量，极性和大小与所选的参考点有关，一般设参考点的电位为零，称参考电位。若参考点不同，各点电位则不同，但任意两点之间的电位差不变即电压不变。

（8）电路的等效变换

结构、元件参数不相同的两部分电路 N_1、N_2，若具有相同的伏安特性 $U=f(I)$，则称它们彼此等效。当用 N_1 代替 N_2 时，将不会改变 N_2 所在电路其他部分的电流、电压；反之亦成立。这种分析电路的方法称为电路的等效变换。

2. 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

欧姆定律指出：电阻两端电压与流过的电流成正比。当电压 U 与电流 I 为关联参考方向时 $U=RI$；当电压 U 与电流 I 为非关联参考方向时 $U=-RI$。符合欧姆定律的电阻为线性电阻。

（2）基尔霍夫定律

基尔霍夫定律包括基尔霍夫电流定律（KCL）和基尔霍夫电压定律（KVL）。KCL 是用来确定联结在同一节点上的各支路电流间关系的；KVL 是用来确定回路中各段电压间关系的。

1）基尔霍夫电流定律：任一瞬时电路某节点电流的代数和恒等于零，即 $\sum I=0$（若选择流入为正，则流出为负）。KCL 也可推广应用于电路中的任一闭合面。

2）基尔霍夫电压定律：任一瞬时沿任一回路循行方向（顺时或逆时），回路中各段电压的代数和恒等于零，即 $\sum U=0$（若选择电压与循行方向相同为正，则相反为负）。KVL 也可推广应用于回路中的部分电路。

1.2 基本要求

1. 理解电路的基本概念。
2. 理解电路的基本定律并能正确应用。
3. 掌握电路中各点电位的计算方法。

1.3　重点和难点

1. 理解电压与电流参考方向的意义，掌握对元件工作状态判定的方法。
2. 理解理想电压源和电流源的工作特点。
3. 掌握基尔霍夫定律并能熟练应用。
4. 电路中参考点的选定及电位的计算。

1.4　习题解答

【习题 1-1】　试确定图 1-1 中未知元件的 I_3 和 U_3，说明它是电源还是负载，并校验整个电路的功率是否平衡。

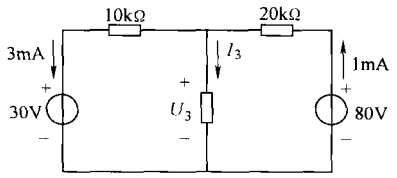

图 1-1　【习题 1-1】的图

【解】　由基尔霍夫电流定律可知

$$I_3 = 1\text{mA} - 3\text{mA} = -2\text{mA}$$

由基尔霍夫电压定律可得

$$U_3 = 80\text{V} - 20 \times 1\text{V} = 60\text{V}$$

由于 I_3 与 U_3 的实际方向相反，故元件处于电源状态。电路总的输出功率为

$$P_{发出} = U_3 I_3 - 80 \times 1 \times 10^{-3}\text{W} = -0.2\text{W}$$

电路总的取用功率为

$$P_{吸收} = 30 \times 3 \times 10^{-3}\text{W} + 10 \times 10^3 \times (3 \times 10^{-3})^2\text{W} + 20 \times 10^3 \times (1 \times 10^{-3})^2\text{W} = 0.2\text{W}$$

$$P_{发出} + P_{吸收} = -0.2\text{W} + 0.2\text{W} = 0$$

整个电路的功率是平衡的。

【习题 1-2】　一只 110V 8W 的电灯，要接在 380V 的电源上，问需串联多大的电阻？该电阻应选用多大瓦数的？

【解】　电路中的电流 I 为

$$I = \frac{8}{110}\text{A} = 0.073\text{A}$$

需串联的电阻为

$$R_1 = \frac{380\text{V} - 110\text{V}}{I} = \frac{270}{0.073}\Omega = 3.7\text{k}\Omega$$

电阻应选用的瓦数

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

$$P = R_1 I^2 = 3.7 \times 10^3 \times 0.073^2 \text{W} = 19.7\text{W}$$

【习题 1-3】 有一直流电压源，其额定功率 $P_N = 300\text{W}$，额定电压 $U_N = 60\text{V}$，内阻 $R_0 = 0.5\Omega$，负载电阻 R_L 可以调节，其电路如图 1-2 所示。试求：(1) 额定工作状态下的电流及负载电阻 R_L 的大小；(2) 开路电压；(3) 短路电流；(4) 若额定功率、额定电压不变，要求电源具有如下特征：负载从空载到额定负载变化，其输出电压的变化率为千分之一（即 $\Delta U = (U_0 - U_N)/U_N = 0.1\%$），求电源的内阻。

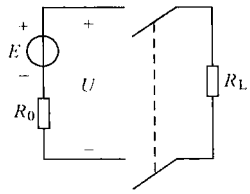

图 1-2 【习题 1-3】的图

【解】 (1) 电路的额定电流

$$I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{300}{60}\text{A} = 5\text{A}$$

负载电阻 R_L 为

$$R_L = \frac{U_N}{I_N} = \frac{60}{5}\Omega = 12\Omega$$

(2) 开路电压为电源的电动势

$$U_0 = E = (R_0 + R_L)I_N = (0.5 + 12) \times 5\text{V} = 62.5\text{V}$$

(3) 短路电流

$$I_S = \frac{U_0}{R_0} = \frac{62.5\text{V}}{0.5\Omega} = 125\text{A}$$

(4) 求电源内阻 R_0

$$\Delta U = (U_0 - U_N)/U_N = 0.1\%$$

可得

$$U_0 - U_N = 60 \times 0.1\%\text{V} = 0.06\text{V}$$

则

$$R_0 = \frac{U_0 - U_N}{I_N} = \frac{0.06}{5}\Omega = 0.012\Omega$$

【习题 1-4】 用图 1-3 电路可测电源的电动势和内阻。当开关 S 断开时，电压表的读数为 6V；开关 S 闭合时，电流表的读数为 0.58A，电压表的读数为 5.8V，求 E 和 R_0。设电压表的内阻远大于 R_0，而电流表的内阻远小于 R_0。

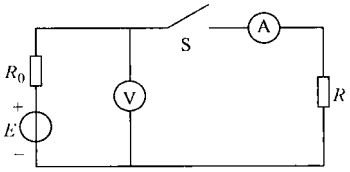

图 1-3 【习题 1-4】的图

【解】 由题意可知

$$E = 6\text{V}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{5.8}{0.58}\Omega = 10\Omega$$

电源内阻

$$R_0 = \frac{E - U}{I} = \frac{6 - 5.8}{0.58}\Omega = 0.34\Omega$$

【习题 1-5】 有两个电阻，其额定值分别为 40Ω 10W 和 200Ω 40W，试问允许通过它们的电流是多少？如将两者串联起来，其两端最高允许电压可加多大？

【解】

$$I_1 = \sqrt{\frac{10}{40}}\text{A} = 0.5\text{A}$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{40}{200}}\text{A} = 0.45\text{A}$$

若将两者串联起来，最高允许电压

$$U_{max} = (R_1 + R_2)I_2 = (40 + 200) \times 0.45\text{V} = 108\text{V}$$

【习题 1-6】 求图 1-4 所示电路中的 U_{ab}。

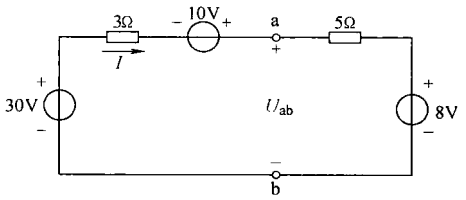

图 1-4　【习题 1-6】的图

【解】 回路电流 I 为

$$I = \frac{10 + 30 - 8}{3 + 5}\text{A} = 4\text{A}$$

由基尔霍夫电压定律可得电压方程

$$U_{ab} = 5I + 8$$

$$U_{ab} = 5 \times 4\text{V} + 8\text{V} = 28\text{V}$$

【习题 1-7】 求图 1-5 所示电路中的电压 U_{AB}。

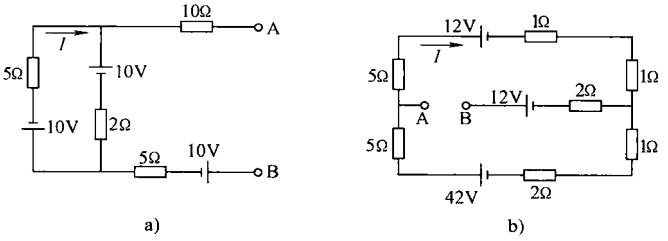

图 1-5　【习题 1-7】的图

【解】 图 1-5a 中回路电流 I 为

$$I = \frac{10 + 10}{5 + 2}\text{A} = \frac{20}{7}\text{A}$$

由基尔霍夫电压定律可得电压方程

$$U_{AB} = 10 - 2I - 10$$

$$U_{AB} = -\frac{40}{7}V = -5.7V$$

图 1-5b 中回路电流 I 为

$$I = \frac{42-12}{5+5+1+1+1+2}A = 2A$$

由基尔霍夫电压定律可得电压方程

$$U_{AB} = 12 + (5+1+1)I - 12$$

$$U_{AB} = 14V$$

【习题 1-8】 计算图 1-6 所示电路中的 I。

【解】 电路中的电流 I' 为

$$I' = \frac{50}{(70 // 30) + (20 // 5)}A$$

$$= 2A$$

由基尔霍夫电流定律可知

$$I = I_1 - I_2$$

$$= \frac{30}{70+30}I' - \frac{5}{20+5}I' = 0.2A$$

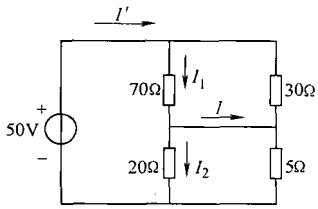

图 1-6 【习题 1-8】的图

【习题 1-9】 计算图 1-7 所示电路中的 I 和 U。

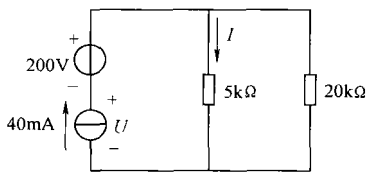

图 1-7 【习题 1-9】的图

【解】 利用分流公式可得

$$I = \frac{20}{5+20} \times 40mA = 32mA$$

由基尔霍夫电压定律可得电压方程

$$U = 5I - 200$$

$$U = 5 \times 32V - 200V = -40V$$

【习题 1-10】 计算图 1-8 中各电源的功率并分析功率平衡关系。

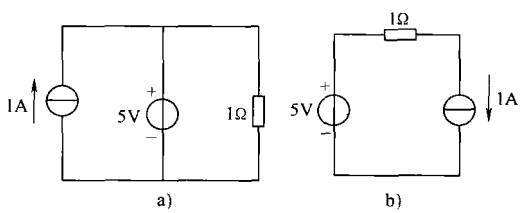

图 1-8 【习题 1-10】的图

【解】 图 1-8a 中流过 1Ω 电阻的电流为

$$I_1 = \frac{5}{1}\text{A} = 5\text{A}$$

由基尔霍夫电流定律可知，流出恒压源“+”端电流为

$$I_V = I_1 - 1\text{A} = 4\text{A}$$

恒压源处于电源状态，发出功率为

$$P_V = 5 \times 4\text{W} = 20\text{W}$$

由于恒流源两端电压和电流的实际方向相反，故也处于电源状态，发出功率

$$P_I = 5 \times 1\text{W} = 5\text{W}$$

1Ω 电阻消耗的功率为

$$P = 1 \times 5^2\text{W} = 25\text{W}$$

整个电路发出和吸收功率相等均为 25W，功率平衡。

由图 1-8b 电路可知恒压源两端电压和流过的电流实际方向相反，故处于电源状态，发出功率为

$$P_V = 5 \times 1\text{W} = 5\text{W}$$

由基尔霍夫电压定律，可得恒流源两端电压为

$$U_S = 5\text{V} - 1 \times 1\text{V} = 4\text{V}$$

由于恒流源两端电压和电流的实际方向相同，故处于负载状态，吸收的功率为

$$P_I = 4 \times 1\text{W} = 4\text{W}$$

1Ω 电阻消耗的功率为

$$P = 1 \times 1^2\text{W} = 1\text{W}$$

整个电路发出和吸收功率相等均为 5W，功率平衡。

【习题 1-11】 电路如图 1-9 所示，计算各支路电流并分析各恒压源的工作状态（发出还是吸收功率?）。

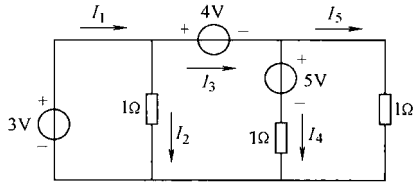

图 1-9　【习题 1-11】的图

【解】

$$I_2 = \frac{3\text{V}}{1\Omega} = 3\text{A}$$

由基尔霍夫电压定律可得

$$I_4 = \frac{3\text{V} - 4\text{V} - 5\text{V}}{1\Omega} = -6\text{A}$$

$$I_5 = \frac{3\text{V} - 4\text{V}}{1\Omega} = -1\text{A}$$

由基尔霍夫电流定律可得

$$I_3 = I_4 + I_5 = -6A - 1A = -7A$$

$$I_1 = I_2 + I_3 = 3A - 7A = -4A$$

由于4V恒压源两端电压与流过的电流实际方向相反，故处于电源状态，发出功率。同理5V恒压源也处于电源状态。3V恒压源两端电压与流过的电流的实际方向相同，故处于负载状态，吸收功率。

【习题1-12】 计算图1-10电路中受控源的功率。

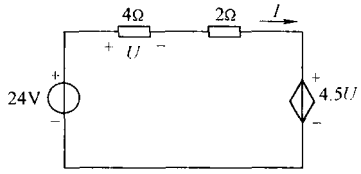

图1-10 【习题1-12】的图

【解】 由基尔霍夫电压定律可得电压方程

$$U + 2I + 4.5U = 24 \tag{1-1}$$

由欧姆定律可得

$$U = 4I \tag{1-2}$$

联立方程（1-1）和式（1-2）可得

$$I = 1A$$

则

$$U = 4 \times 1V = 4V$$

受控源的功率

$$P = 4.5UI = 4.5 \times 4 \times 1W = 18W(\text{吸收功率})$$

【习题1-13】 计算图1-11中开关S断开和闭合时a点的电位。

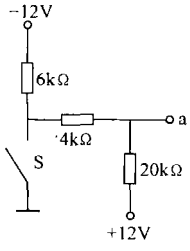

图1-11 【习题1-13】的图

【解】 开关S断开时

$$V_a = 12V - \frac{12 + 12}{6 + 4 + 20} \times 20V = -4V$$

开关S闭合时

$$V_a = 12V - \frac{12}{4 + 20} \times 20V = 2V$$

【习题1-14】 计算图1-12中a点的电位。

【解】 由基尔霍夫电压和电流定律可得

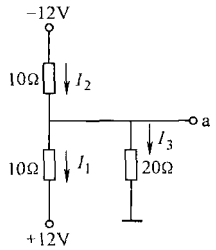

图 1-12　【习题 1-14】的图

$$\begin{cases} I_2 = I_1 + I_3 \\ 20I_3 - 10I_1 = 12 \\ 10I_2 + 10I_3 = -12 \end{cases}$$

解得

$$I_3 = 0$$

则

$$V_a = 20I_3 = 0$$

【习题 1-15】 图 1-13 是一电阻连接电路，当 $U = 10\text{V}$ 时，$I = 2\text{A}$；并已知该电阻电路由 4 个 3Ω 的电阻构成，试问这 4 个电阻是如何连接的？

【解】 由题意可知网路的等效电阻为

$$R = \frac{U}{I} = \frac{10\text{V}}{2\text{A}} = 5\Omega$$

4 个电阻的连接形式如图 1-14 所示。

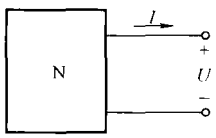

图 1-13　【习题 1-15】的图

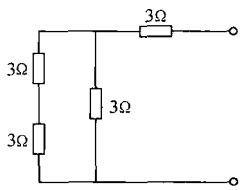

图 1-14　【习题 1-15】的解答图

【习题 1-16】 图 1-15 中，R_1 和 R_2 为同轴电位器。问当活动触点移到最左端、最右端和中点时，输出电压 U_{ab} 各为多少伏？

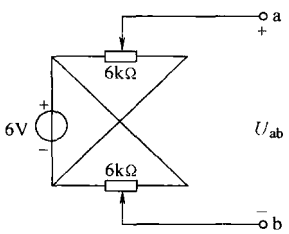

图 1-15　【习题 1-16】的图

【解】 由图 1-15 可知，R_1 和 R_2 端电压均为恒压源电压 6V，当活动触点移到最左端时，输出电压 U_{ab} 恰好等于恒压源两端电压，即 $U_{ab} = 6\text{V}$。当活动触点移到最右端时，U_{ab}

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com