

高等学校规划教材

电工和电子技术 学习指导与题解

姜 明 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

电工和电子技术 学习指导与题解

姜 明 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是与《电路和电子技术》、《电机与控制》教材相配套的“电工和电子技术”课程的辅导教材,是为帮助读者更好地学习和掌握本门课程而编写。

本书按照教材的章节顺序编写。每章分为学习目标、学习指导和习题解答三部分,并在书后附有两套(共4份)模拟试题及解答。

本书可作为高等学校非电类专业本科生“电工和电子技术”课程的学习指导和参考用书,也可供其他相关专业人员选用和参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工和电子技术学习指导与题解 / 姜明主编. —北京:北京理工大学出版社,2006.9

ISBN 7-5640-0784-2

I. 电… II. 姜… III. ①电工技术-高等学校-教学参考资料②电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 050341 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 17.75

字 数 / 406 千字

版 次 / 2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

印 数 / 1~5000 册

定 价 / 26.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书是“电工和电子技术”课程的配套辅导教材,是为帮助同学更好地学习本门课程而编写的。各章内容均分为三部分:

第一部分为学习目标。用了解、理解和掌握三个层次描述了学习本章后学生对所学内容应达到的认知程度。

第二部分为学习指导。对知识点进行了归纳、总结,着重对教材中的重点、难点和容易出错的地方进行了强调,便于同学加深对该部分内容的理解和拓展视野。同时有些章节指明了本章节学习的知识在后续相关章节中的应用,从而使本书的知识点联系在一起。

第三部分为习题解答。该部分对教材中(除《电机与控制》第7、8章外)的每道习题都作了解答。有的习题给了不止一种解法,目的在于使同学开阔解题思路,有些题目不但给出了题解,而且对解题方法进行了指导性的分析,所以本书不仅仅是“电工和电子技术”课程的配套习题解答,它很重要的一个价值在于从一个较高的层次对学生的学习进行指导,以使同学能够更好地构建本门课程的知识框架。并在书后附有两套模拟试题及解答,以供同学自查。

本书由北京理工大学信息科学技术学院编写《电路和电子技术》(上、下册)和《电机与控制》教材的部分教师编写,其中大多数作者是从事多年“电工和电子技术”课程教学的有经验的教师。这本书的出版既是多年教学经验的总结,更凝聚着作者的心血。“电工和电子技术”课程的教学内容包括两部分:第一部分为《电路和电子技术》(上、下册),第二部分为《电机与控制》。《电路和电子技术》(上、下册)的学习指导和习题解答共分12章。章节安排同教材一致。其中温照方编写了第1、2章的学习目标和学习指导部分;张振玲编写了第1、2章的习题解答;邵志峰编写了第3、4章;李燕民编写了6、7、9、10章;姜明编写了5、8、11和12章。《电机与控制》的学习指导和习题解答共有6章,章节安排同教材一致,全部由温照方老师负责编写。由姜明担任主编,负责全书的统稿。

北京理工大学刘蕴陶教授对本书进行了认真的审阅,并提出了许多宝贵的意见和建议。此外,北京理工大学信息科学技术学院电工教研室的各位教师在本书编写过程中,也给予了很大的支持。在此,一并表示衷心的感谢!

由于我们的水平和能力有限,编写时间仓促,疏漏和错误之处在所难免,恳请读者批评指正,以便今后加以改进。

编 者

目 录

第一部分 电路和电子技术(上、下册)

第 1 章 直流电路	1
学习目标	1
学习指导	1
习题解答	6
第 2 章 电路的暂态分析	20
学习目标	20
学习指导	20
习题解答	21
第 3 章 正弦交流电路	32
学习目标	32
学习指导	32
习题解答	37
第 4 章 三相交流电路	63
学习目标	63
学习指导	63
习题解答	64
第 5 章 半导体器件	75
学习目标	75
学习指导	75
习题解答	79
第 6 章 交流放大电路	85
学习目标	85
学习指导	85
习题解答	91
第 7 章 集成运算放大器	107
学习目标	107
学习指导	107
习题解答	114
第 8 章 电源技术	135
学习目标	135

学习指导·····	135
习题解答·····	135
第 9 章 组合逻辑电路 ·····	138
学习目标·····	138
学习指导·····	138
习题解答·····	142
第 10 章 时序逻辑电路 ·····	162
学习目标·····	162
学习指导·····	162
习题解答·····	166
第 11 章 模拟量与数字量的转换 ·····	187
学习目标·····	187
学习指导·····	187
习题解答·····	187
第 12 章 PLD 技术及其应用 ·····	189
学习目标·····	189
学习指导·····	189
习题解答·····	191

第二部分 电机与控制

第 1 章 磁路 ·····	203
学习目标·····	203
学习指导·····	203
习题解答·····	205
第 2 章 变压器 ·····	209
学习目标·····	209
学习指导·····	209
习题解答·····	211
第 3 章 三相异步电动机 ·····	217
学习目标·····	217
学习指导·····	217
习题解答·····	220
第 4 章 其他类型电动机 ·····	224
学习目标·····	224
学习指导·····	224
习题解答·····	227
第 5 章 电动机的电器控制 ·····	229
学习目标·····	229
学习指导·····	229

习题解答·····	231
第 6 章 可编程序控制器原理及应用 ·····	239
学习目标·····	239
学习指导·····	239
习题解答·····	241
附录 模拟试题及解答 ·····	246
电工和电子技术(上)模拟试题(一)·····	246
电工和电子技术(上)模拟试题(一)解答·····	250
电工和电子技术(上)模拟试题(二)·····	253
电工和电子技术(上)模拟试题(二)解答·····	257
电工和电子技术(下)模拟试题(一)·····	262
电工和电子技术(下)模拟试题(一)解答·····	266
电工和电子技术(下)模拟试题(二)·····	270
电工和电子技术(下)模拟试题(二)解答·····	274

第一部分 电路和电子技术(上、下册)

第1章 直流电路

学 习 目 标

- ◆ 了解电路的作用与组成,理解电路模型含义及电流、电压、电动势参考方向的含义。
- ◆ 掌握电功率的计算方法。
- ◆ 理解电阻、电感、电容元件及其伏安特性,理解电压源、电流源及其伏安特性。
- ◆ 理解基尔霍夫电流定律和电压定律,掌握电路结点和回路方程的列写方法。
- ◆ 了解电路的有载工作状态、开路状态和短路状态,理解电气设备的额定值。
- ◆ 理解电路中电位概念,掌握电位的计算方法。
- ◆ 掌握支路电流法。
- ◆ 掌握结点电位法。
- ◆ 掌握用叠加原理分析电路的方法。
- ◆ 掌握计算无源二端网络等效电阻的一般方法。
- ◆ 掌握电压源和电流源模型的等效变换方法。
- ◆ 掌握用戴维宁定理分析电路的方法,了解诺顿定理。
- ◆ 了解受控源的类型及含受控源电路的分析方法。
- ◆ 了解非线性电阻电路的图解分析法。

学 习 指 导

1. 电路的基本概念

(1) 电路的组成及作用

电路由电源、负载及中间环节三部分组成。由理想元件构成的电路称为电路模型。

电路的作用主要有两个,一个作用是传递、分配和转换电能;另一个作用是对信息进行传递、处理和运算。

电路有三种状态:有载工作状态、开路状态和短路状态。在实际使用时不能使电路元件超过其额定值(额定电压、额定电流和额定功率)而工作。

(2) 电路元件

电路元件主要分为两大类,一类是电源元件,另一类是负载元件。在对电路进行分析时通常将实际电路元件理想化,并称为理想电路元件。理想电路元件只具有一种电磁

性质。理想负载元件有电阻元件、电感元件和电容元件；理想电源元件有理想电压源（又称恒压源）和理想电流源（又称恒流源）。

电阻元件：对电流具有阻碍作用并将电能不可逆地转换为热能，是耗能元件。对于线性电阻元件，其电压与电流的关系为

$$U = RI$$

所消耗的功率为

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

电感元件：存储磁场能量的储能元件。线性电感元件的伏安关系为

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

所存储的磁场能量为

$$W_L = \frac{1}{2} Li_L^2$$

电容元件：存储电场能量的储能元件。线性电容元件的伏安关系为

$$i_C = C \frac{du_C}{dt}$$

所存储的电场能量为

$$W_C = \frac{1}{2} Cu_C^2$$

理想电压源：在电路中提供定值电压的电源。其定值电压与外电路无关，与流过的电流大小无关，流过电流的大小完全由与之相连的外电路所决定。实际电源的电压源模型是一个理想电压源与电阻的串联组合。

理想电流源：在电路中提供定值电流的电源。其定值电流与外电路无关，与它两端的电压无关，它两端电压完全由与之相连的外电路所决定。实际电源的电流源模型是一个理想电流源与电阻的并联组合。

（3）电压和电流的参考方向

电压或电流的参考方向又称正方向，是在对电路进行分析时，任意假定的一个方向。当电压或电流的参考方向与电压或电流的实际方向一致时，该电压或电流为正值，否则为负值。在分析和计算电路时必须首先标出电压和电流的参考方向。

（4）电压与电流的关联参考方向

在分析电路时，为了计算方便，常用关联参考方向，即将同一段电路的电流和电压参考方向选取一致。在关联参考方向下

$$U_R = RI, \quad u_L = L \frac{di_L}{dt}, \quad i_C = C \frac{du_C}{dt}$$

在非关联参考方向下

$$U_R = -RI, \quad u_L = -L \frac{di_L}{dt}, \quad i_C = -C \frac{du_C}{dt}$$

（5）电功率

在直流电路中,某一段电路或某一电路元件的电功率为 $P=UI$ (电压与电流为关联参考方向) 或 $P=-UI$ (电压与电流为非关联参考方向), 如果 P 为正值, 表明这一段电路是吸收电功率, 如果 P 为负值, 表明这一段电路提供电功率。在一个电路中, 电路所吸收的电功率与电路所提供的电功率相平衡。可参考习题解答 1.8 题, 加深理解。

2. 电路的基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫电流定律

在任一时刻, 流入某个结点的电流总和等于从该结点流出的电流总和。

广义基尔霍夫电流定律: 对任意假设的封闭面, 流入封闭面的电流总和等于从该封闭面流出的电流总和。

(2) 基尔霍夫电压定律

在任一时刻, 沿闭合回路绕行一周, 各部分电压的代数和等于零。即 $\sum U=0$ 。回路电压方程式中的符号取决于回路绕行方向与电路中各部分电压的参考方向, 若这两者方向一致, 则方程式中的符号取正, 反之则取负。

也可将基尔霍夫电压定律推广应用到任意假想的闭合回路。

说明: 基尔霍夫定律适用于任意线性和非线性电路。

3. 电路的一般分析方法

(1) 支路电流法

以支路电流为待求量, 运用基尔霍夫电流定律, 列出独立结点电流方程。根据基尔霍夫电压定律列出独立回路电压方程, 从而求出各支路电流。

应用这种方法时应注意的几个问题:

① 在列写方程之前要先标出各支路电流和各元件电压的参考方向以及回路的绕行方向。

② 明确独立结点电流方程数, 对于具有 n 个结点, b 条支路的电路, 独立结点电流方程为 $(n-1)$ 个。

③ 明确独立回路的电压方程数, 独立回路的电压方程为 $b-(n-1)$ 个。独立回路的选择: 每一个独立回路至少有一条为其他回路所没包含的新支路, 或者选择网孔作为独立回路。

④ 列写独立回路电压方程时, 如含有恒流源支路, 这时应增设恒流源两端电压这一未知量, 参与列方程或避开恒流源支路列写回路电压方程。由于恒流源支路的电流即为该支路的已知电流, 所以可以减少独立方程数。具体求解方法可参见本章习题解答 1.9 题和 1.14 题。

(2) 结点电位法

① 结点电位是指其他结点到参考结点之间的电压, 通常将参考结点的电位设为零。如果参考结点改变, 则各结点的电位数值也随之变化。虽然两结点之间的电位差等于其端电压, 但其端电压值不随参考结点的不同而改变。

② 结点电位法是以结点电位为待求量, 对参考结点以外的结点列写独立结点电流方程, 然后将各支路电流用结点电位表示。对于具有两个结点的电路, 其独立结点电位方程为

$$V = \frac{\sum \frac{U_s}{R} + \sum I_s}{\sum G}$$

其中 $\sum G$ 是各支路电导之和 (式中符号均为正), 但不含恒流源支路电导; $\sum \frac{U_s}{R}$ 是各支路恒压源与其相对应支路电阻之比的代数和。当恒压源的电压与独立结点电位的参考方向一致时, 式中取正号, 反之则取负号; $\sum I_s$ 是各支路恒流源代数和, 当恒流源电流的参考方向指向独立结点时取正号, 反之则取负号。

③ 对于具有 $(n-1)$ 个独立结点的电路, 结点电位方程可以概括为如下形式

$$\begin{aligned} G_{11}V_1 + G_{12}V_2 + \dots + G_{1i}V_i + \dots + G_{1(n-1)}V_{n-1} &= I_{S11} \\ G_{21}V_1 + G_{22}V_2 + \dots + G_{2i}V_i + \dots + G_{2(n-1)}V_{n-1} &= I_{S22} \\ &\vdots \\ G_{i1}V_1 + G_{i2}V_2 + \dots + G_{ii}V_i + \dots + G_{ij}V_j + \dots + G_{i(n-1)}V_{n-1} &= I_{Sii} \\ &\vdots \\ G_{(n-1)1}V_1 + G_{(n-1)2}V_2 + \dots + G_{(n-1)i}V_i + \dots + G_{(n-1)(n-1)}V_{n-1} &= I_{S(n-1)(n-1)} \end{aligned}$$

其中 $G_{11}, G_{22}, \dots, G_{ii}, \dots$ 为结点 $1, 2, \dots, i, \dots$ 的自电导, 其值为正; G_{ij} 为结点 i 与 j 之间的互电导, 其值为负; $I_{S11}, I_{S12}, \dots, I_{Sii}$ 为恒流源输送给结点 $1, 2, \dots, i, \dots$ 的电流代数和, 当恒流源电流的参考方向指向相应的独立结点时取正号, 反之则取负号。若电路中含有电压源可将其变换为电流源, 即可应用此公式。

④ 应用结点电位法时注意的几个问题:

◆ 在应用结点电位法列方程时, 如含有恒压源支路, 则可作为结点电位的一个已知量, 即减少一个结点方程。

◆ 与恒流源串联的电导不计入自电导或互电导中, 因为它对结点电位值没有影响。

用结点电位法具体求解电路的方法, 可参考本章习题解答 1.15 题、1.16 题及 1.17 题。

4. 电路的基本原理

(1) 叠加原理

对于多个电源共同作用的任一线性电路, 某一支路的电流或电压等于每个电源单独作用时在这支路所产生的电流或电压的代数和。

应用叠加原理时应注意的问题:

① 当某一电源单独作用时, 其他电源应视为零值, 即恒压源除去, 并用短路线代替, 恒流源除去, 并用开路代替。

② 叠加原理仅适用于线性电路, 在线性电路中也仅限于计算电压和电流, 不能用来计算功率。

③ 在对电压或电流进行叠加时应注意各分电量与总电量的参考方向, 若分电量的参考方向与总电量的参考方向一致, 则各分电量前取正号, 反之则取负号。

用叠加原理具体求解电路的方法, 可参考本章习题解答 1.19 题及 1.20 题。

(2) 等效电源定理

① 戴维宁定理: 任意线性有源二端网络 N , 都可以用一个恒压源与一个电阻串联的支路

等效代替。其中恒压源的电压等于有源二端网络的开路电压 U_{oc} ，串联电阻 R_0 等于所有电源除去时的从网络二端看进去的等效电阻。

应用戴维宁定理时应注意的问题：

◆ 开路电压 U_{oc} 的方向就是等效恒压源的电压参考方向。在求 U_{oc} 时，应画出相应的电路。

◆ 求等效电阻 R_0 时要将电路中恒压源和恒流源除去，即恒压源除去后，用短路线代替，恒流源除去后，用开路代替。在求 R_0 时，也应画出除源的相应电路。

◆ 画出用 U_{oc} 和 R_0 替代原电路的等效电路。

◆ 被等效替代的有源二端网络必须是线性的，而外电路可以是线性元件或非线性元件，或者是线性和非线性网络。

通常用戴维宁定理求某一支路电压或电流会更方便。

用戴维宁定理求解电路的具体方法，可参考本章习题解答 1.28 题及 1.29 题。

② 诺顿定理：任何一个线性有源二端网络都可以等效化简为一个恒流源与一个电阻并联的电路，其恒流源的大小等于有源二端网络 N 的短路电流 I_{sc} ，而与恒流源并联的电阻 R_0 等于有源二端网络除源后由网络二端看进去的等效电阻。

应用诺顿定理时应注意的问题：

◆ 短路电流 I_{sc} 的方向就是等效恒流源的电流参考方向。

◆ 求等效电阻 R_0 时要将电路中恒压源和恒流源除去，对于恒压源用短路线代替，对于恒流源用开路代替。

◆ 被等效代替的有源二端网络必须是线性的，而外电路可以是线性元件或非线性元件，或者是线性和非线性网络。

5. 二端网络的等效变换

(1) 无源二端网络的等效变换

任何一个由若干电阻元件组成的无源二端网络，可以通过电阻的串、并联（或星形与三角形）的等效变换，等效为一个电阻。也可采用外加电源法求其等效电阻。

利用串联电阻分压原理可以扩大电压表的测量范围等。常用的两个电阻 (R_1 , R_2) 串联分压公式为

$$R_1 \text{ 电阻上的电压 } U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U, \quad R_2 \text{ 电阻上的电压 } U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

其中 U 为 R_1 和 R_2 串联时电路的总电压。

利用并联电阻分流原理可以扩大电流表的测量范围等。常用的两个电阻 (R_1 , R_2) 并联分流公式为

$$R_1 \text{ 电阻上的电流 } I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, \quad R_2 \text{ 电阻上的电流 } I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

其中 I 为 R_1 和 R_2 并联时电路的总电流。

(2) 电源模型的等效变换

一个实际电源可以用一个恒压源与电阻的串联支路作为模型，也可以用一个恒流源与电阻的并联支路作为模型，并可在这两种模型之间进行等效变换。

若一个恒压源 U_S 与电阻 R_S 串联，则等效的恒流源 I_S 为

$$I_s = \frac{U_s}{R_s}$$

且等效的并联电阻即为 R_s ，其恒流源的电流方向为 U_s 的电压升方向。

若一个恒流源 I_s 与电阻 R_s 并联，则等效的恒压源 U_s 为

$$U_s = R_s I_s$$

且等效的串联电阻即为 R_s 。其恒压源的电压升方向为恒流源的电流方向。

(3) 电源模型等效变换注意的问题

- ◆ 两种电源模型的等效变换是对外电路等效的，对电源内部并不等效。
- ◆ 恒压源与恒流源之间不能进行等效变换。
- ◆ 利用电源模型的等效变换可以简化电路，或求解电路。

说明：

① 当恒压源与电阻（或电流源）并联时，从端口等效的观点，等效电路就是恒压源本身，因为与其并联的其他元件存在与否不影响其端口电压的大小。

② 当恒流源与电阻（或电压源）串联时，从端口等效的观点，等效电路就是恒流源本身，因为与其串联的其他元件存在与否不影响恒流源支路电流的大小。

③ 两个恒流源并联时，如果它们的电流方向相同，则等效的恒流源大小是两个恒流源电流值之和，则等效的恒流源方向与两个恒流源方向相同；如果它们的电流方向相反，则等效的恒流源大小是两个恒流源电流值之差，且差值为正，则等效的恒流源方向与恒流源值大的方向相同。

④ 两个恒压源串联时，如果它们的电压方向相同，则等效的恒压源是两个恒压源电压值之和；则等效的恒压源方向与两个恒压源方向相同；如果它们的电压方向相反，则等效恒压源的值是两个恒压源电压值之差，且差值为正，则等效的恒压源方向与恒压源值大的方向相同。具体方法可参见习题解答 1.23 题。

6. 受控源及含有受控源的电路

(1) 受控源

受控源有四种类型，受控电压源的输出电压或受控电流源的输出电流受电路中其他支路电流或电压控制，它本身不能独立起“激励”作用，这是其与独立电源的本质区别。

(2) 含有受控源电路

对含有受控源电路进行分析时，可将其当作独立源参与列方程，但在进行除源时不能作为独立源处理，而是要将其保留在电路中。具体方法可参见习题解答 1.30 题。

7. 非线性电阻电路的分析

对于含有一个非线性电阻元件的电路，可以将这一非线性电阻以外的电路用戴维宁等效电路替代。通常根据非线性电阻的伏安特性曲线，用图解法求流过非线性电阻的电流或两端电压。具体方法可参考习题解答 1.32 题。

习 题 解 答

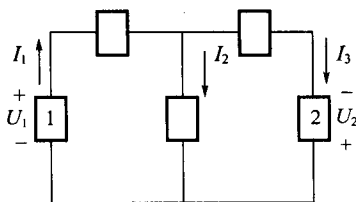
1.1 题图 1.1 是由电源和负载元件构成的电路，若已知 $I_1 = 1 \text{ A}$ ， $I_2 = -2 \text{ A}$ ， $I_3 = 3 \text{ A}$ ， $U_1 = 2 \text{ V}$ ， $U_2 = -3 \text{ V}$ ，请标出 I_1 ， I_2 ， I_3 和 U_1 ， U_2 的实际方向，并分别计算元件 1，2 的功率

(指出是产生还是消耗功率)。

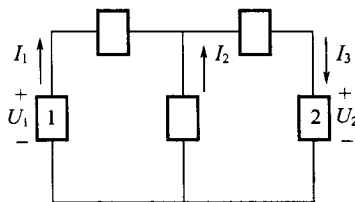
解 根据电压或电流的参考方向与电压或电流的实际方向一致时, 其值为正, 否则为负, 得各电压、电流实际方向, 如题解图 1.1 所示。根据题图 1.1 得

$$P_1 = -U_1 I_1 = -2 \times 1 = -2 \text{ W} \quad \text{产生功率}$$

$$P_2 = -U_2 I_3 = -(-3) \times 3 = 9 \text{ W} \quad \text{消耗功率}$$

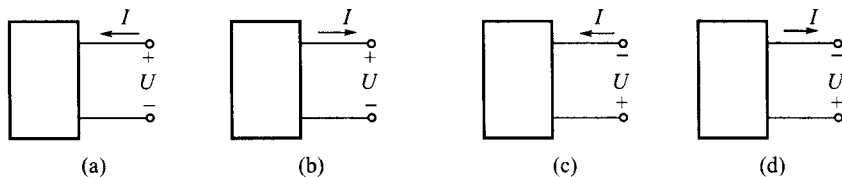


题图 1.1



题解图 1.1

1.2 在题图 1.2 中, 若每个元件两端的电压及通过它的电流 U 和 I 均为正值, 问哪个元件提供功率, 哪个元件消耗功率, 为什么?



题图 1.2

解 (a), (d) 电压与电流为关联参考方向, 且 $P > 0$, 则元件消耗功率;

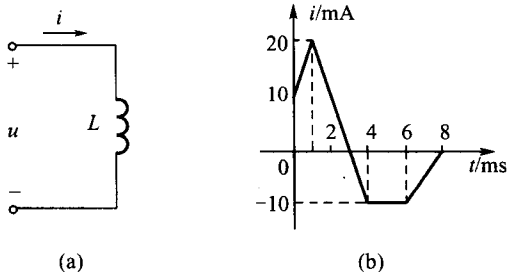
(b), (c) 电压与电流为非关联参考方向, 且 $P < 0$, 则元件提供功率。

1.3 如果人体最小电阻为 800Ω , 当通过人体的电流为 50 mA 时就会引起呼吸器官麻痹, 不能自主摆脱电源, 试求人体所能承受的最大安全工作电压。

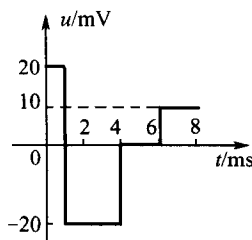
解 $U_{\text{安全电压}} = 800 \times 50 \times 10^{-3} = 40 \text{ V}$

1.4 已知在题图 1.4 (a) 中, 电感元件 $L = 2 \text{ mH}$, 电流的波形如题图 1.4 (b) 所示, 试求其端电压的波形。

解 根据 $u = L \frac{di}{dt}$, 可得电感电压的波形如题解图 1.4 所示。



题图 1.4

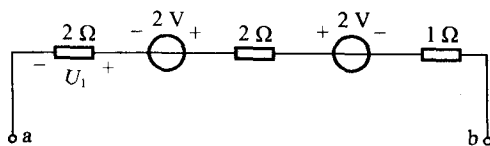


题解图 1.4

1.5 在题图 1.5 中, 已知 $U_1 = 10 \text{ V}$, 求 $U_{ab} = ?$

解 根据 KVL,

$$\begin{aligned} U_{ab} &= -U_1 - 2 - U_1 + 2 - 0.5 U_1 \\ &= -10 - 2 - 10 + 2 - 0.5 \times 10 = -25 \text{ V} \end{aligned}$$



题图 1.5

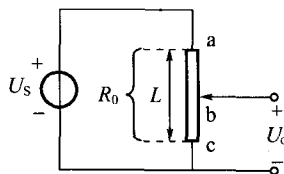
1.6 题图 1.6 是电位计的原理线路, 中间的箭头是电位计的滑动触头, R_0 是电位计的总电阻, 沿长度 L 均匀分布。问在 $U_S = 10 \text{ V}$ 、滑动端分别移动到 a、b、c 三点时, 输出电压 U_o 各等于多少伏? (b 是电位计的中点)

解 滑动端移动到 a 点时, 输出电压 $U_o = 10 \text{ V}$

滑动端移动到 b 点时, 输出电压 $U_o = 0.5 U_S = 5 \text{ V}$

滑动端移动到 c 点时, 输出电压 $U_o = 0$

1.7 图题 1.7 (a) 是某电路中的一个结点, 支路电流 i_1, i_2 的波形分别如题图 1.7 (b)、(c) 所示, 求 i_3 的波形。

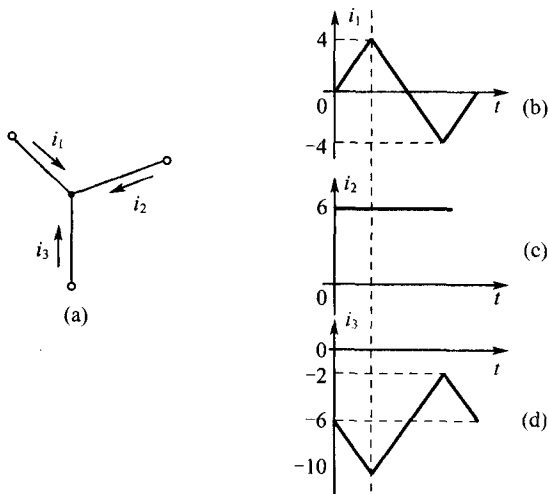


题图 1.6

解 根据 KCL, $i_1 + i_2 + i_3 = 0$

得 $i_3 = -i_1 - i_2$

其波形如题图 1.7 (d) 所示。



题图 1.7

1.8 计算题图 1.8 所示电路中各元件的功率。

解 电压与电流的参考方向如题图 1.8 所示,

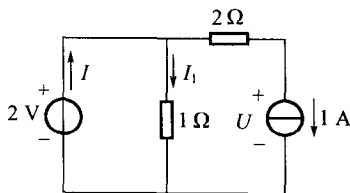
$$I = I_1 + 1 = 2 + 1 = 3 \text{ A}, \quad U = -2 \times 1 + 2 = 0$$

2 V 电压源的功率 $P_{2V} = -2 I = -2 \times 3 = -6 \text{ W}$ 产生功率

1 A 电流源的功率 $P_{1A} = U \times 1 = 0$

电阻的功率 $P_{1\Omega} = I_1^2 \times 1 = 2 \times 2 = 4 \text{ W}$

$$P_{2\Omega} = 2 \times 1 = 2 \text{ W}$$



题图 1.8

1.9 请写出题图 1.9 所示电路中结点 A 的 KCL 方程式和回路 I 的 KVL 方程式。

解 首先假定与结点 A 和回路 I 有关的各支路电流和电压的参考方向如图所示。

结点 A 的 KCL 方程式为

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad \text{或} \quad I_1 = I_2 + I_3$$

回路 I 的 KVL 方程式为

$$I_4 R_2 + U + I_5 R_4 + I_5 R_5 = 0$$

注意恒流源两端电压不为零, 设为 U 。

1.10 计算题图 1.10 所示电路中 U_{AB} 的值。

解 根据题图, R_2 上的电压为 $20 - 5 = 15 \text{ V}$, 则

$$U_{AB} = 10 - (20 - 5) = -5 \text{ V}$$

1.11 已知一个电压源的电压等于 10 V , 内阻为 1Ω , 分别计算当它外接负载电阻为 4Ω 和 1Ω 两种情况时, 负载所得到的功率。请问在电源电压和内阻一定时, 负载为何值可获得最大功率?

解 当它外接负载电阻为 4Ω 时, 负载所得到的功率

$$P = \left(\frac{10}{1 + 4} \right)^2 \cdot 4 = 16 \text{ W}$$

当它外接负载电阻为 1Ω 时, 负载所得到的功率

$$P = \left(\frac{10}{1 + 1} \right)^2 \cdot 1 = 25 \text{ W}$$

可以看出, 当负载电阻与电源内阻的阻值相等时, 即可从电源获得最大功率。

1.12 在题图 1.12 所示电路中, 已知 $U_{S1} = U_{S2} = 20 \text{ V}$, $U_{S3} = 40 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 10 \Omega$, $R_3 = 15 \Omega$, 求各支路电流。

解 设各支路电流的参考方向如图中所示。

根据 KCL 和 KVL 列方程组

$$\text{结点 a} \quad I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

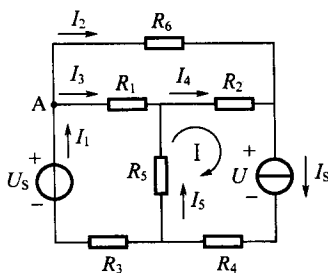
$$\text{回路 I} \quad I_1 R_1 - I_2 R_2 + U_{S2} - U_{S1} = 0$$

$$\text{回路 II} \quad I_2 R_2 - I_3 R_3 + U_{S3} - U_{S2} = 0$$

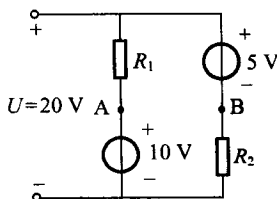
代入已知数据, 解得

$$I_1 = -0.5 \text{ A}, \quad I_2 = -0.5 \text{ A}, \quad I_3 = 1 \text{ A}$$

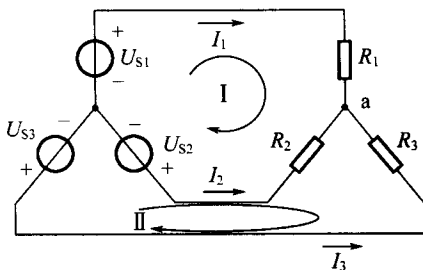
1.13 题图 1.13 是双发电机的三线制供电示意图, 已知图中 $U_{S1} = U_{S2} = 234 \text{ V}$, $U_1 = 220 \text{ V}$, $U_2 = 227 \text{ V}$, $R_1 = R_3 = 0.02 \Omega$, $R_2 = 0.04 \Omega$, $R_{11} = R_{12} = 0.04 \Omega$ 。试用支路电流法计算各支路电流 I_1 , I_2 和 I_3 。



题图 1.9



题图 1.10



题图 1.12

解 根据 KCL 和 KVL 列方程组

结点 a $I_1 + I_2 + I_3 = 0$

回路 I $I_1 R_1 + U_1 - I_2 R_2 - U_{S1} + I_1 R_{11} = 0$

回路 II $I_2 R_2 + U_2 - I_3 R_3 - U_{S2} - I_3 R_{12} = 0$

代入已知数据, 解得

$$I_1 = 200 \text{ A}, I_2 = -50 \text{ A}, I_3 = -150 \text{ A}$$

1.14 设题图 1.14 所示电路中各元件参数均为已知。用支路电流法试列出求各支路电流的联立方程组。

解 设各支路电流的参考方向如图中所示。

根据 KCL 和 KVL 列方程组

结点 a $I_1 + I_3 + I_S = 0$

结点 b $-I_1 + I_2 + I_S = 0$

结点 c $I_2 + I_4 + I_S = 0$

回路 I $I_1 R_1 + U_S - I_3 R_3 = 0$

回路 II $I_2 R_2 - I_4 R_4 - U_S = 0$

在回路 III 中, 恒流源支路的电流 I_S 为已知, 所以仅列写回路 I 与回路 II 的回路电压方程。

1.15 在题图 1.15 所示电路中, 已知各元件的参数。设 d 为参考点, 列出求解结点电位的联立方程组。

解 结点 a $V_a = U_S$

结点 b $-\frac{1}{R_1} V_a + (\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_5}) V_b - \frac{1}{R_2} V_c = 0$

结点 c $-\frac{1}{R_3} V_a - \frac{1}{R_2} V_b + (\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}) V_c = -I_S$

注意 R_4 电阻不计入方程中

1.16 在题图 1.16 所示电路中, 已知 $U_{S1} = U_{S2} = U_{S3} = 6 \text{ V}$, $I_S = 12 \text{ A}$, $R_1 = R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 1 \Omega$, 求电阻 R_3 两端的电压。

解 采用结点电位法求解

设 B 点为参考点, 则 $V_A = U_{S3} = 6 \text{ V}$

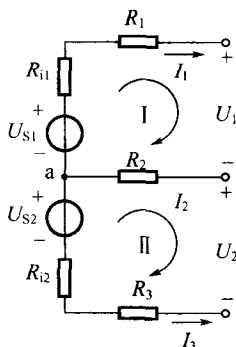
结点 C $-\frac{1}{R_3} V_A + (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}) V_C = -I_S + \frac{U_{S2}}{R_2} + \frac{U_{S1}}{R_1}$

代入已知数据, 解得 $V_C = 0$

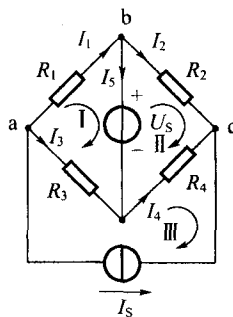
电阻 R_3 两端的电压 $U_{AC} = 6 \text{ V}$

1.17 用结点电位法重解习题 1.12。

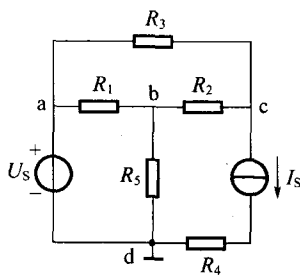
解 设与电源负极相连的结点为参考点, 与电阻相连的结点 a 为独立结点, 各支路电流的参考方向如题图 1.12 中



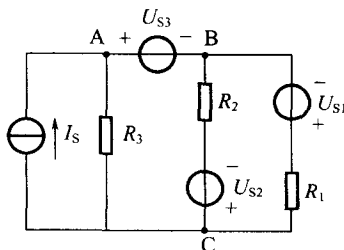
题图 1.13



题图 1.14



题图 1.15



题图 1.16