

高玉良主编电路与模拟电子技术(第3版)配套教学指导书

电路与模拟电子技术(第3版) 学习指导

主 编 刘 焰
副主编 陈英芝 高玉良

高等教育出版社

高玉良主编电路与模拟电子技术(第3版)配套教学指导书

电路与模拟电子技术(第3版) 学习指导

Dianlu yu Moni Dianzi Jishu Xuexi Zhidao

主 编 刘 焰
副主编 陈英芝 高玉良

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是高玉良主编《电路与模拟电子技术(第3版)》的配套教学指导书。全书分为11章,章节顺序与主教材一致。每章内容分为4部分,分别为基本内容、经典例题、思考与练习全解、课后习题全解。基本内容介绍每章基本要求、重点、难点,同时对主教材中的知识点进行归纳与总结;经典例题针对每章的内容给出了一些经典例题及解题思路;思考与练习全解针对主教材中思考与练习部分进行了详细解答;课后习题全解针对主教材中的习题给出了详细解答。

本书可与《电路与模拟电子技术(第3版)》配套使用,也可单独作为高等学校非电类专业“电路与模拟电子技术”课程的辅导书。

图书在版编目(CIP)数据

电路与模拟电子技术(第3版)学习指导/刘焰主编
—北京:高等教育出版社,2015.3

ISBN 978-7-04-042014-2

I. ①电… II. ①刘… III. ①电路理论-高等学校-
教学参考资料 ②模拟电路-电子技术-高等学校-教学参
考资料 IV. ①TM13 ②TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 027085 号

策划编辑 杜 炜

责任编辑 杨 希

封面设计 赵 阳

版式设计 马敬茹

插图绘制 杜晓丹

责任校对 陈旭颖

责任印制 张福涛

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印 刷 北京市鑫霸印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15.25

字 数 340千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

版 次 2015年3月第1版

印 次 2015年3月第1次印刷

定 价 24.20元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 42014-00

前言

本书是为配合高玉良主编《电路与模拟电子技术(第3版)》(高等教育出版社2013年12月出版)的使用而编写的。为了帮助读者更好地学习和掌握本课程,将各章内容分为4部分。为了检验读者学习情况,同时附了两套考试试卷。

本书的结构、内容及编写特点如下。

第一部分为基本内容,介绍每章的基本要求、重点、难点。同时对《电路与模拟电子技术(第3版)》教材中的主要内容和知识点进行归纳与总结,以便读者掌握要点,明确学习内容和重要概念。

第二部分为经典例题,针对各章的一些基础知识、重点内容和难点问题给出了一些经典例题及其解题思路,是对所学知识作进一步探讨,以巩固所学知识。

第三部分为思考与练习全解,针对教材中思考与练习部分给出了详细解答。

第四部分为课后习题全解,针对教材中的习题进行了详细解答。

本书各章第一部分基本内容、第二部分经典例题及两套考试试题由刘焰编写,第三部分思考与练习全解由陈英芝编写,第四部分课后习题全解由高玉良编写。全书由刘焰统稿。

长江大学金波教授对本书进行了认真审阅,并提出了宝贵的意见与建议,在此表示衷心感谢!

由于作者水平有限,加上编写时间仓促,书中难免有错误及不妥之处,敬请读者批评指正。

编者邮箱:361649778@qq.com

编者

2014年3月

目 录

第一章 电路的基本概念和基本定律	1	3.1.6 一般正弦交流电路的计算	48
1.1 基本内容	1	3.1.7 正弦交流电路的功率	48
1.1.1 电路和电路模型	1	3.1.8 谐振电路	49
1.1.2 电路中的基本物理量	1	3.1.9 互感电路	50
1.1.3 电阻、电感和电容元件	2	3.1.10 三相交流电路	52
1.1.4 电源	2	3.2 经典例题	53
1.1.5 基尔霍夫定律	3	3.3 思考与练习全解	60
1.1.6 电路的工作状态	4	3.4 课后习题全解	67
1.2 经典例题	4	第四章 非正弦周期电流电路	85
1.3 思考与练习全解	6	4.1 基本内容	85
1.4 课后习题全解	9	4.1.1 非正弦周期量的分解	85
第二章 电路的基本分析方法和电路定理	14	4.1.2 非正弦周期量的有效值、平均值和平均功率	85
2.1 基本内容	14	4.1.3 非正弦周期电流电路的计算	86
2.1.1 电阻电路的等效变换	14	4.2 经典例题	86
2.1.2 电阻电路的一般分析方法	16	4.3 思考与练习全解	87
2.1.3 电路定理	17	4.4 课后习题全解	89
2.1.4 受控源及含受控源电路的分析	19	第五章 电路的暂态分析	95
2.2 经典例题	19	5.1 基本内容	95
2.3 思考与练习全解	26	5.1.1 换路定则及初始值的计算	95
2.4 课后习题全解	29	5.1.2 一阶电路的零输入响应	95
第三章 正弦交流电路	43	5.1.3 一阶电路的零状态响应	97
3.1 基本内容	43	5.1.4 一阶电路的全响应及三要素分析法	97
3.1.1 正弦交流电的基本概念	43	5.1.5 二阶电路的零输入响应	98
3.1.2 正弦量的相量表示	44	5.2 经典例题	99
3.1.3 正弦交流电路中的电阻、电感和电容元件	44	5.3 思考与练习全解	105
3.1.4 基尔霍夫定律的相量形式	45	5.4 课后习题全解	107
3.1.5 阻抗与导纳	45	第六章 半导体二极管和晶体管	114

6.1 基本内容	114	9.3 思考与练习全解	174
6.1.1 半导体基础知识	114	9.4 课后习题全解	175
6.1.2 二极管	114	第十章 直流稳压电源	180
6.1.3 特殊二极管	115	10.1 基本内容	180
6.1.4 晶体管	115	10.1.1 单相整流滤波电路	180
6.1.5 场效晶体管	117	10.1.2 稳压电路	181
6.2 经典例题	118	10.2 经典例题	182
6.3 思考与练习全解	121	10.3 思考与练习全解	184
6.4 课后习题全解	124	10.4 课后习题全解	186
第七章 放大电路初步	129	第十一章 晶体管放大电路	192
7.1 基本内容	129	11.1 基本内容	192
7.1.1 放大电路概述	129	11.1.1 单管放大电路	192
7.1.2 集成运算放大器	130	11.1.2 功率放大电路	194
7.1.3 放大电路中的负反馈	131	11.1.3 差分放大电路	195
7.2 经典例题	133	11.1.4 多级放大电路	196
7.3 思考与练习全解	136	11.2 经典例题	197
7.4 课后习题全解	138	11.3 思考与练习全解	205
第八章 信号运算放大与处理电路	143	11.4 课后习题全解	207
8.1 基本内容	143	附录	222
8.1.1 运放线性电路分析方法	143	2007—2008 学年第二学期“电路与	
8.1.2 运放非线性电路分析方法	143	模拟电子技术”课程考试试卷	222
8.1.3 运放典型应用电路及分析要点	143	2007—2008 学年第二学期“电路与	
8.2 经典例题	147	模拟电子技术”试卷标准答案	
8.3 思考与练习全解	152	及评分标准	226
8.4 课后习题全解	157	2011—2012 学年第二学期“电路与	
第九章 信号产生电路	170	模拟电子技术”课程考试试卷	228
9.1 基本内容	170	2011—2012 学年第二学期“电路与	
9.1.1 正弦振荡电路	170	模拟电子技术”试卷标准答案	
9.1.2 非正弦波产生电路	171	及评分标准	232
9.2 经典例题	173	参考文献	235

第一章 电路的基本概念和基本定律

1.1 基本内容

基本要求:掌握并能正确使用电压、电流的参考方向;掌握功率的概念和计算;掌握电路元件的电压电流关系;掌握基尔霍夫定律。

重点:电流和电压的参考方向以及关联参考方向;功率等于端电压和电流的乘积,与关联参考方向有关;电路元件的电压电流关系;电压源和电流源的特性;电源不一定是产生功率的。电路分析的依据是基尔霍夫定律。

难点:参考方向的概念。电压源和电流源的特性;功率公式的应用;电路元件的电压电流关系与关联参考方向的关系;KVL的列写。

1.1.1 电路和电路模型

1. 电路的作用:(1) 实现电能的传输和转换,(2) 传递和处理信号。

2. 电路模型:由理想元件按一定方式连接。

理想元件:实际电路元件的近似模拟。主要元件有电阻、电感、电容和电源。

1.1.2 电路中的基本物理量

1. 电压和电流是电路分析的基本物理量,一般要先假定电压和电流参考方向。根据参考方向列写电路方程,再通过解方程求得结果。参考方向是人为任意假定,一旦选定,在计算过程中不能随意更改,而电压和电流实际方向则根据计算结果的正负进行判断。

2. 电压的实际方向:由高电位点指向低电位点,即电位降低的方向。在确定参考方向后,若 $u > 0$ 表示电压的实际方向与参考方向相同,若 $u < 0$ 表示电压的实际方向与参考方向相反。

3. 电流的实际方向:正电荷运动的方向。在确定参考方向后,若 $i > 0$ 表示电流的实际方向与参考方向相同,若 $i < 0$ 表示电流的实际方向与参考方向相反。

4. 关联参考方向:元件上电压参考方向和电流参考方向取为一致,如图 1-1-1。

5. 电位:电路中某点到参考点(地)的电压称为该

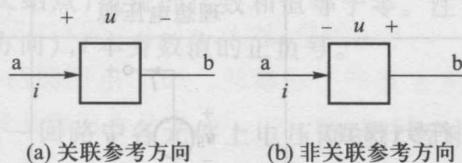


图 1-1-1 电压的参考方向

点的电位。参考点的选择具有任意性,因此电位也具有任意性,但任意两点间的电压(电位差)是不变的。

6. 功率的计算公式: $p = \begin{cases} ui & \text{关联} \\ -ui & \text{非关联} \end{cases}$

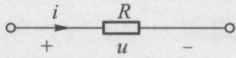
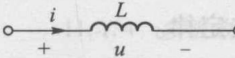
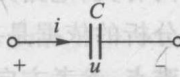
若 $p > 0$ 表明元件吸收功率,若 $p < 0$ 表明元件发出功率。

7. 电能的计算公式: $W = \int_0^t p dt$

1.1.3 电阻、电感和电容元件

电阻、电感、电容元件是电路中最常见、最基本的二端无源元件,其符号及相关特性见表 1-1-1。

表 1-1-1 元件符号及特性

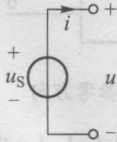
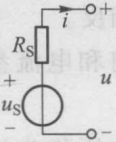
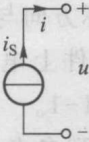
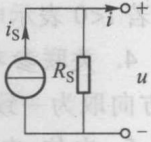
	R	L	C
电路符号			
电压电流关系	$u = iR, i = Gu$	$u = L \frac{di}{dt}$	$i = C \frac{du}{dt}$
功率	$p = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R}$	$p = ui$	$p = ui$
能量	$W = pt$	$W = \frac{1}{2} Li^2$	$W = \frac{1}{2} Cu^2$

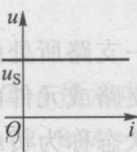
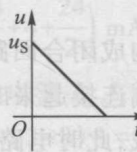
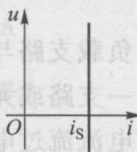
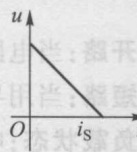
要特别注意的是各元件在非关联参考方向下的电压电流关系。

1.1.4 电源

电压源和电流源都是有源元件,为了区别受控源也称它为独立源。其符号(模型)及相关特性见表 1-1-2。

表 1-1-2 电压源、电流源符号(模型)及特性

	理想电压源	实际电压源	理想电流源	实际电流源
符号(模型)				

	理想电压源	实际电压源	理想电流源	实际电流源
伏安特性				
电压电流关系	$u = u_s$	$u = u_s - iR_s$	$i = i_s$	$i = i_s - \frac{u}{R_s}$
主要特性	(1) u 与 i 无关。端电压始终保持 U_s 或 $u_s(t)$。 (2) 电流 i 的大小和方向由外电路决定。 (3) 电压源既可发出功率也可吸收功率	u 随 i 变化而变化	(1) i 与 u 无关。端电流始终保持 I_s 或 $i_s(t)$。 (2) 电压 u 的大小和方向由外电路决定。 (3) 电流源既可发出功率也可吸收功率	i 随 u 变化而变化

1.1.5 基尔霍夫定律

1. 支路: 电路中通过同一电流的每个分支称支路。

2. 结点: 电路中三条或三条以上支路的连接点称为结点。

3. 回路: 电路中的任一闭合路径称为回路。

4. 网孔: 内部不包含支路的回路称为网孔。

5. 基尔霍夫电流定律(KCL)

(1) 基本形式: 任一瞬间, 流入某一结点的电流之和等于流出该结点的电流之和; 即 $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$ 。等价地, 任一瞬间, 任一结点上电流的代数和恒等于零; 即 $\sum I = 0$ 。

(2) 推广形式: 任一瞬间, 通过任一封闭面(也称广义结点)电流的代数和恒等于零。注意, $\sum I = 0$ 中有两套正负号, I 前正负号(取决于电流的参考方向), I 本身数值的正负号。

6. 基尔霍夫电压定律(KVL)

(1) 基本形式: 任一瞬间, 沿某一回路绕行方向, 任一回路中各元件上电压降的代数和恒为零; 即 $\sum U = 0$ 。其中当元件上电压的参考方向与绕行方向一致时, 电压取正号, 反之取负号。

(2) 推广形式:任一瞬间,沿任一假想回路(也称广义回路)绕行方向,回路中各段电压的代数和恒等于零;即 $\sum U=0$ 。

1.1.6 电路的工作状态

开路:当电路中某一负载支路与电源不构成闭合回路时,这一支路所处的状态称为开路。

短路:当用导线将某一支路或元件的两端连接起来时,这一支路或元件的状态称为短路。

负载状态:电路中有电流流过电源和负载,此时电路的工作状态称为负载状态。

1.2 经典例题

例 1.1 在图 1-2-1 所示电路中,元件 A 吸收功率 30 W,元件 B 吸收功率 15 W,元件 C 产生功率 30 W,分别求出三个元件中的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 。

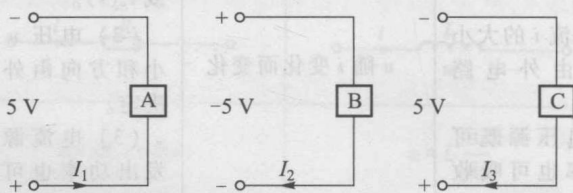


图 1-2-1 例 1.1

解:元件 A 吸收功率 $P=30\text{ W}$,电压与电流关联;用公式 $P=UI$, $30=5\times I_1$
得 $I_1=6\text{ A}$

元件 B 吸收功率 $P=15\text{ W}$,电压与电流关联;用公式 $P=UI$, $15=-5\times I_2$
得 $I_2=-3\text{ A}$

元件 C 产生功率 $P=-30\text{ W}$,电压与电流非关联;用公式 $P=-UI$, $-30=-5\times I_3$
得 $I_3=6\text{ A}$

例 1.2 在图 1-2-2 所示电路中,已知: $I_1=3\text{ mA}$, $I_2=1\text{ mA}$,确定电路元件 A 的电流 I_3 和电压 U_3 ,并说明它是消耗功率还是产生功率,两电压源是消耗功率还是产生功率?

解:由 KVL, $U_3=(30+10\times 3)\text{ V}=60\text{ V}$;由 KCL, $I_3=I_2-I_1=-2\text{ mA}$

U_3 与 I_3 关联,故 $P_A=U_3I_3=60\times(-2)\text{ mW}=-120\text{ mW}$,
元件 A 是产生功率的。30 V 电压源与 I_1 关联,故 $P_{30}=U_1I_1=30\times 3\text{ mW}=90\text{ mW}$,30 V 电压源是消耗功率的。80 V 电压源与 I_2 非关联,故 $P_{80}=-U_2I_2=-80\times 1\text{ mW}=-80\text{ mW}$,
80 V 电压源是提供功率的。

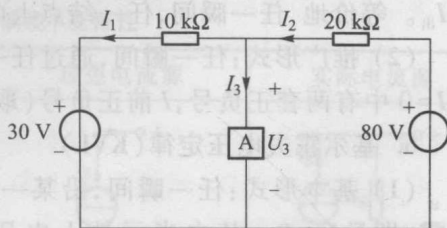


图 1-2-2 例 1.2

例 1.3 电路如图 1-2-3 所示。求电路中的电压 U 和电流 I_1 、 I_2 。

解:
$$U = 24 \text{ V}, I_2 = \frac{24-8}{4} \text{ mA} = 4 \text{ mA}$$

$$I_1 = \left(\frac{24}{10} + 4 + \frac{24}{2} \right) \text{ mA} = 18.4 \text{ mA}$$

例 1.4 在图 1-2-4 所示电路中,求电流 I_4 、 I_5 和电动势 E 。

解:由 KCL, $I_4 = -(2-8) \text{ A} = 6 \text{ A}$, $I_5 = -(2-8) \text{ A} = 6 \text{ A}$

由 KVL, $E = 3I_4 - 4I_2 = (18-8) \text{ V} = 10 \text{ V}$

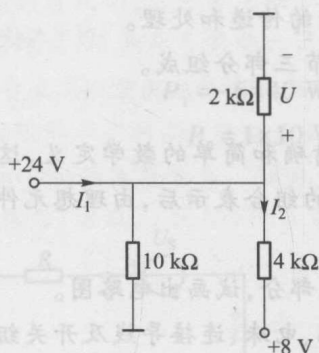


图 1-2-3 例 1.3

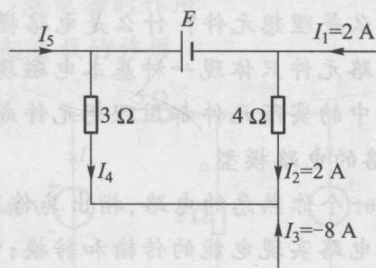


图 1-2-4 例 1.4

例 1.5 调节图 1-2-5 所示电路中的滑动变阻器 R_p ,使 $I = 1 \text{ A}$,求 R_p 值。

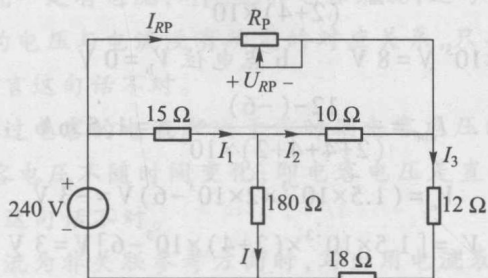


图 1-2-5 例 1.5

解:由 KVL, $15I_1 + 180I = 240 \text{ V}$

解得
$$I_1 = \frac{240-180I}{15} \text{ A} = 4 \text{ A}$$

由 KCL, $I_2 = I_1 - I = (4-1) \text{ A} = 3 \text{ A}$ 由 KVL, $10I_2 + 30I_3 = 180I$

解得
$$I_3 = \frac{180-30I}{30} \text{ A} = 5 \text{ A}$$

由 KCL, $I_{Rp} = I_3 - I_2 = (5-3) \text{ A} = 2 \text{ A}$

由 KVL, $U_{RP} = 15I_1 + 10I_2 = (60 + 30) \text{ V} = 90 \text{ V}$

所以, R_p 的值为

$$R_p = \frac{U_{RP}}{I_{RP}} = \frac{90}{2} \Omega = 45 \Omega$$

1.3 思考与练习全解

1.1.1 电路的作用是什么? 电路通常由哪几部分组成?

解: 电路的作用是实现电能的传输和转换, 实现信号的传递和处理。

电路主要由电源、负载以及从电源到负载的中间环节三部分组成。

1.1.2 什么是理想元件? 什么是电路模型?

解: 一种电路元件只体现一种基本电磁现象, 具有精确和简单的数学定义, 这些元件称为理想元件; 当电路中的实际元件都用理想元件或理想元件的组合表示后, 由理想元件构成的电路图就称为实际电路的电路模型。

1.1.3 举一个你熟悉的电路, 指出其作用和各组成部分, 试画出电路图。

解: 手电筒电路实现电能的传输和转换; 它由干电池、电珠、连接导线及开关组成。电路图如图 1-3-1 所示。

1.2.1 求图 1-3-2 所示电路中开关 S 闭合和断开两种情况下, a、b、c 三点的电位。

解: 开关 S 闭合时

$$I_{ab} = \frac{12}{(2+4) \times 10^3} \text{ A} = 2 \text{ mA}$$

$$a \text{ 点电位 } V_a = 2 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^3 \text{ V} = 8 \text{ V} \quad b \text{ 点电位 } V_b = 0 \text{ V}$$

开关 S 断开时

$$I_{abc} = \frac{12 - (-6)}{(2+4+4+2) \times 10^3} \text{ A} = 1.5 \text{ mA}$$

$$c \text{ 点电位 } V_c = (1.5 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3 - 6) \text{ V} = -3 \text{ V}$$

$$b \text{ 点电位 } V_b = [1.5 \times 10^{-3} \times (2+4) \times 10^3 - 6] \text{ V} = 3 \text{ V}$$

$$a \text{ 点电位 } V_a = [1.5 \times 10^{-3} \times (2+4+4) \times 10^3 - 6] \text{ V} = 9 \text{ V}$$

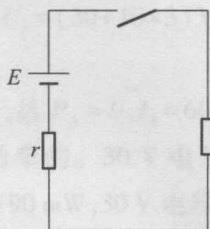


图 1-3-1 思考与练习 1.1.3

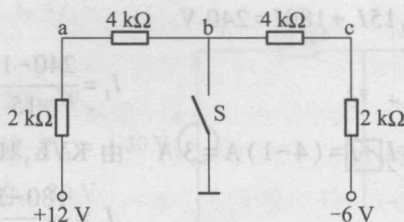


图 1-3-2 思考与练习 1.2.1

1.2.2 求图 1-3-3 所示电路中的电流 I 。

解:

$$I = \frac{U_{ab} - U_s}{R}$$

1.2.3 求图 1-3-4 所示电路中通过电压源的电流 I_1 、 I_2 及电压源的功率,并说明是起电源作用还是起负载作用。

解:设 2Ω 电阻两端电压为 U , $U = 10\text{ V}$

$$I_1 = \frac{40 - 10}{5} \text{ A} = 6 \text{ A}$$

$$I_2 = \left(6 - \frac{10}{2} \right) \text{ A} = 1 \text{ A}$$

$$P_1 = -6 \times 40 \text{ W} = -240 \text{ W} \quad \text{起电源的作用}$$

$$P_2 = 1 \times 10 \text{ W} = 10 \text{ W} \quad \text{起负载的作用}$$

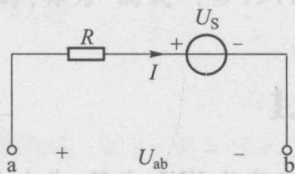


图 1-3-3 思考与练习 1.2.2

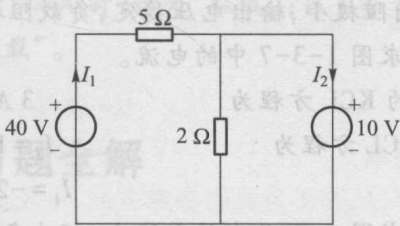


图 1-3-4 思考与练习 1.2.3

1.3.1 对电阻,有电压就一定有电流,对电感和电容来说,这句话对吗?

解:对电感而言,电感上的电压与电流没有确定的对应关系,只与电流的时间变化率有确定的对应关系;所以对于电感而言这句话不对。

对电容而言,任意时刻流过电容的电流取决于该时刻电容电压的时间变化率。电压的变化率越大,电流就越大;如果电容电压不随时间变化,即电容电压是直流电压,则电流为 0,电容相当于开路;所以对于电容而言这句话不对。

1.3.2 电容上电压和电流为非关联参考方向时,写出用电流表示电压的计算公式。

$$\text{解: } i = -\frac{dq}{dt} = -C \frac{du}{dt}$$

1.3.3 图 1-3-5 中,开关断开前电路中电流的稳定值是 3 A ,设开关断开所需时间为 0.01 s ,求开关断开过程中电感上平均电压的大小和方向。

$$\text{解: } u = L \frac{di}{dt} = 2 \times \frac{3}{0.01} \text{ V} = 600 \text{ V, 方向向下。}$$

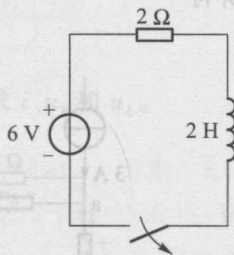


图 1-3-5 思考与练习 1.3.3

1.4.1 某电源的开路电压为 10 V ,外接 4Ω 电阻时,端电压为 8 V ,求电源的电动势和内阻。

解:根据题意可知: $E=10\text{ V}$, $R_s=\frac{2}{\frac{8}{4}}\Omega=1\Omega$

1.4.2 讨论图 1-3-6 中电压源和电流源的工作状态。

解:图(a)中 3 V 电压源的功率 $P_1=2\times 3\text{ W}=6\text{ W}$
(吸收功率)

2 A 电流源的功率 $P_2=-2\times 3\text{ W}=-6\text{ W}$ (发出功率)

图(b)中 3 V 电压源的功率 $P_1=-2\times 3\text{ W}=-6\text{ W}$
(发出功率)

2A 电流源的功率 $P_2=2\times 3\text{ W}=6\text{ W}$ (吸收功率)

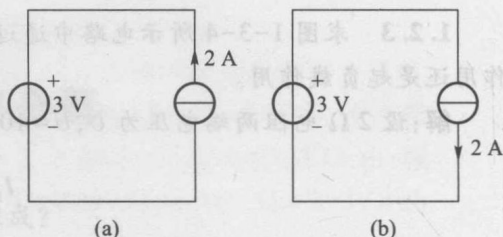


图 1-3-6 思考与练习 1.4.2

1.4.3 电压源、电流源的主要特征是什么? 电流源两端的电压为零吗?

解:电流源内阻极大,输出电流稳定,负载阻抗越大端电压越高。

电压源内阻极小,输出电压稳定,负载阻抗越小电流越大。电流源两端的电压不一定为零。

1.5.1 求图 1-3-7 中的电流。

解:a 点的 KCL 方程为

$$3\text{ A}=5\text{ A}+I_1$$

b 点的 KCL 方程为

$$I_2=1\text{ A}+8\text{ A}+I_1$$

解之得

$$I_1=-2\text{ A} \quad I_2=7\text{ A}$$

1.5.2 求图 1-3-8 中的电流 I 。标出各支路电流,列出回路的 KVL 方程,求出 U 。

解:把回路看成一个广义的结点, $I+1\text{ A}=4\text{ A}+2\text{ A}$

解得

$$I=5\text{ A}$$

对于 a 点

$$5\text{ A}=I_4+I_1$$

对于 b 点

$$1\text{ A}+I_1=I_2$$

对于 c 点

$$I_2=2\text{ A}+I_3$$

对于 d 点

$$I_3+I_4=4\text{ A}$$

对于回路

$$I_1-U+4I_2+2\text{ A}-4\text{ A}+2I_3-I_4=0$$

解得

$$U=11\text{ V}$$

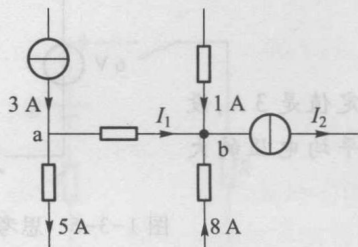


图 1-3-7 思考与练习 1.5.1

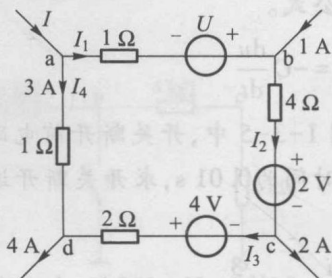


图 1-3-8 思考与练习 1.5.2

1.6.1 额定值为 1 W 、 $100\ \Omega$ 的碳膜电阻,在使用时,其电压和电流不得超过多少?

解:由 $I^2 R = 1$ 解得 $I = 0.1\text{ A}$

$$\text{由 } \frac{U^2}{R} = 1 \text{ 解得 } U = 10\text{ V}$$

1.6.2 负载的大小一般是指什么而言的? 一个电炉,其电阻丝的阻值越大,能不能称负载越大?

解:一般是指功率。因为对于一些电器而言,它并不是纯电阻电路的,例如电动机,在额定电压 100 V ,功率是 100 W 的额定负载下,电流就会是 1 A ,这样算来电阻应该有 $100\ \Omega$,但是电动机的纯电阻可能只有几 Ω ,这部分电阻流过电流产生热效应使电动机本身发热。电炉也是一样,其电阻丝的阻值越大,不能称负载越大。

1.6.3 一台直流发电机,其铭牌上标有“ 40 kW , 230 V , 174 A ”。试说明发电机空载、轻载、满载和过载运行时的状态特征。

解:当 $I = 0\text{ A}$ 时,称电路处于“空载”状态;当 $I < 174\text{ A}$ 时,称为“轻载”;当 I 等于电源的额定电流 174 A 时,称为“满载”;当 $I > 174\text{ A}$ 时,称为“过载”。

1.4 课后习题全解

1.1 在图 1-4-1 中,各元件电压为 $U_1 = -5\text{ V}$, $U_2 = 2\text{ V}$, $U_3 = U_4 = -3\text{ V}$,求各元件的功率并指出哪些元件是电源,哪些元件是负载?

解:元件上电压和电流的参考方向为关联参考方向时, $P = UI$; 电压和电流为非关联参考方向时, $P = -UI$ 。 $P > 0$ 时元件吸收功率,是负载, $P < 0$ 时,元件发出功率,是电源。

本题中元件 1、2、4 上电压和电流为非关联参考方向,元件 3 上电压和电流为关联参考方向,因此

$$P_1 = -U_1 \times I_1 = -(-5) \times 3\text{ W} = 15\text{ W}$$

$$P_2 = -U_2 \times I_1 = -2 \times 3\text{ W} = -6\text{ W}$$

$$P_3 = U_3 \times I_3 = -3 \times (-1)\text{ W} = 3\text{ W}$$

$$P_4 = -U_4 \times I_4 = -(-3) \times (-4)\text{ W} = -12\text{ W}$$

元件 2、4 是电源,元件 1、3 是负载。

1.2 在图 1-4-2 所示的 RLC 串联电路中,已知 $u_C = (3e^{-t} - e^{-3t})\text{ V}$,求 i 、 u_R 和 u_L 。

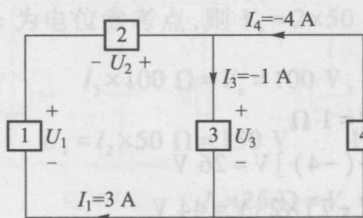


图 1-4-1 题 1.1 图

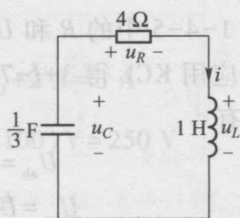


图 1-4-2 题 1.2 图

解:电容上电压、电流为非关联参考方向,故

$$i = -C \frac{du_c}{dt} = -\frac{1}{3} \times \frac{d}{dt} (3e^{-t} - e^{-3t}) \text{ A} = (e^{-t} - e^{-3t}) \text{ A}$$

电阻、电感上电压、电流为关联参考方向

$$u_R = Ri = 4(e^{-t} - e^{-3t}) \text{ V}$$

$$u_L = L \frac{di}{dt} = 1 \times \frac{d}{dt} (e^{-t} - e^{-3t}) \text{ V} = (-e^{-t} + 3e^{-3t}) \text{ V}$$

1.3 在图 1-4-3 中,已知 $I = 2 \text{ A}$,求 U_{ab} 和 P_{ab} 。

解: $U_{ab} = IR + 2 = (2 \times 4 + 2) \text{ V} = 6 \text{ V}$

电流 I 与 U_{ab} 为关联参考方向,因此

$$P_{ab} = U_{ab} I = 6 \times 2 \text{ W} = 12 \text{ W}$$

1.4 在图 1-4-4 中,已知 $I_s = 2 \text{ A}$, $U_s = 4 \text{ V}$,求流过电压源的电流 I 、电流源上的电压 U 及它们的功率,验证电路的功率平衡。

解: $I = I_s = 2 \text{ A}$

$$U = IR + U_s = (2 \times 1 + 4) \text{ V} = 6 \text{ V}$$

电阻的功率

$$P_R = I^2 R = 2^2 \times 1 \text{ W} = 4 \text{ W}$$

对电压源, U_s 与 I 为关联参考方向,电压源功率为: $P_U = IU_s = 2 \times 4 \text{ W} = 8 \text{ W}$,是消耗功率,作为负载;

对电流源, U 与 I 为非关联参考方向,电流源功率为 $P_I = -I_s U = -2 \times 6 \text{ W} = -12 \text{ W}$,提供功率,为电源。

验算

$$P_U + P_I + P_R = (8 - 12 + 4) \text{ W} = 0 \text{ W}$$

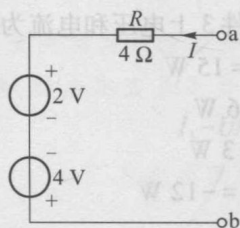


图 1-4-3 题 1.3 图

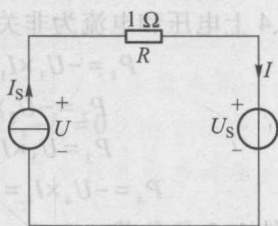


图 1-4-4 题 1.4 图

1.5 求图 1-4-5 中的 R 和 U_{ab} 、 U_{ac} 。

解:对 d 点应用 KCL 得 $3 + I - 7 = 0$, $I = 4 \text{ A}$

对电阻 R , 有

$$IR = 4R = 4, R = 1 \Omega$$

$$U_{ab} = U_{ad} + U_{db} = [3 \times 10 + (-4)] \text{ V} = 26 \text{ V}$$

$$U_{ac} = U_{ad} - U_{cd} = [3 \times 10 - (-7) \times 2] \text{ V} = 44 \text{ V}$$

1.6 求图 1-4-6 中的 U_1 、 U_2 和 U_3 。

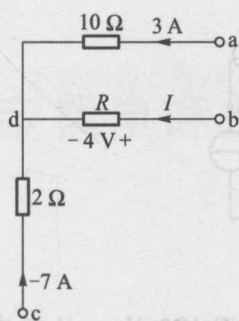


图 1-4-5 题 1.5 图

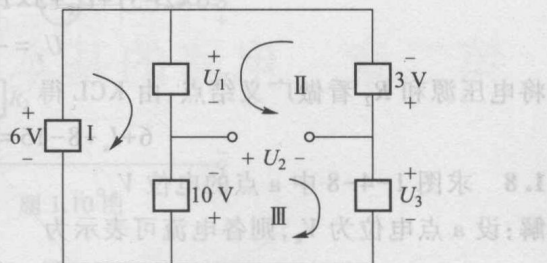


图 1-4-6 题 1.6 图

解:此题由 KVL 求解。

对回路 I ,有

$$U_1 - 10 \text{ V} - 6 \text{ V} = 0, \quad U_1 = 16 \text{ V}$$

对回路 II ,有

$$U_1 + U_2 + 3 \text{ V} = 0$$

$$U_2 = -U_1 - 3 \text{ V} = (-16 - 3) \text{ V} = -19 \text{ V}$$

对回路 III ,有

$$U_2 + U_3 + 10 \text{ V} = 0, \quad U_3 = -U_2 - 10 \text{ V} = (19 - 10) \text{ V} = 9 \text{ V}$$

验算:对大回路,取顺时针绕行方向,有 $-3 \text{ V} + U_3 - 6 \text{ V} = (-3 + 9 - 6) \text{ V} = 0$,符合 KVL。

1.7 求图 1-4-7 中的 I_x 和 U_x 。

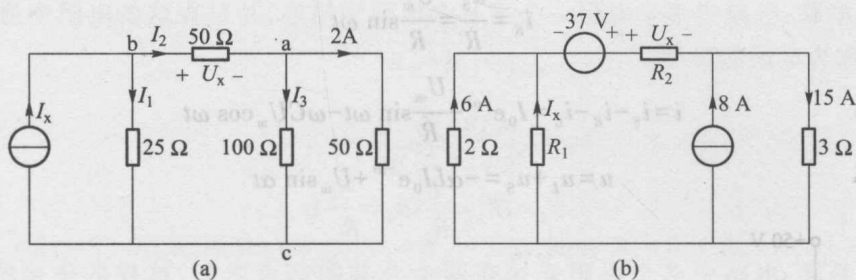


图 1-4-7 题 1.7 图

解:(a) 以 c 为电位参考点,则 $V_a = 2 \times 50 \text{ V} = 100 \text{ V}$

$$I_3 \times 100 \Omega = V_a = 100 \text{ V}, \quad I_3 = 1 \text{ A}, \quad I_2 = I_3 + 2 \text{ A} = 3 \text{ A}$$

$$U_x = I_2 \times 50 \Omega = 150 \text{ V} \quad V_b = U_x + V_a = (150 + 100) \text{ V} = 250 \text{ V}$$

$$I_1 \times 25 \Omega = V_b = 250 \text{ V}, \quad I_1 = 10 \text{ A}$$

$$I_x = I_1 + I_2 = (10 + 3) \text{ A} = 13 \text{ A}$$