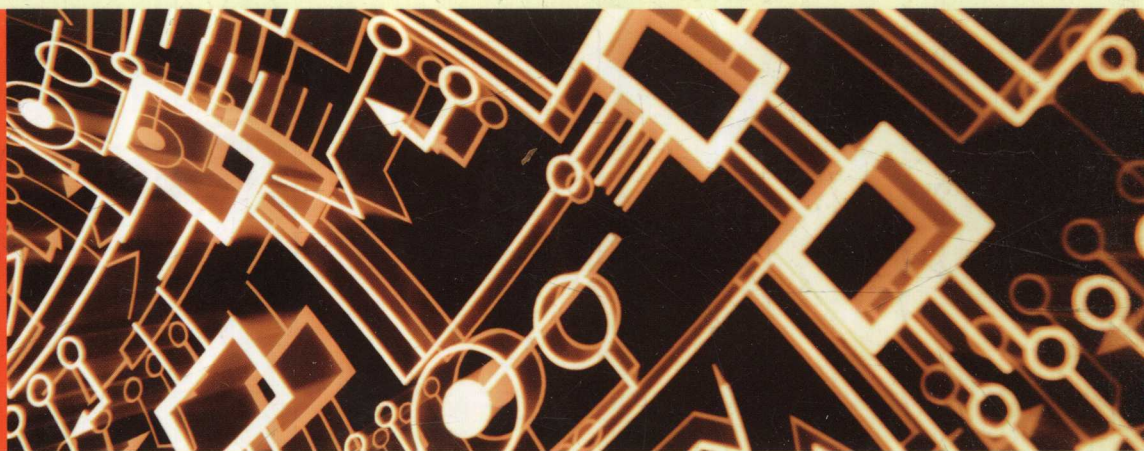


高校核心课程学习指导丛书

# 电路学习指导 与考研题精解

DIANLU XUEXI ZHIDAO  
YU KAOYANTI JINGJIE

胡 钊 / 编著



中国科学技术大学出版社

高校核心课程学习指导丛书

◀ 胡 钊 / 编著

# 电路学习指导 与考研题精解

DIANLU XUEXI ZHIDAO  
YU KAOYANTI JINGJIE ▶



中国科学技术大学出版社

## 内 容 简 介

本书是为报考相关专业硕士研究生的备考考生以及正在学习电路的学生提供的一本系统全面的学习和复习用书。每章由三部分组成:内容提要、重点以及典型例题。内容提要部分尽可能简明扼要,以使读者在较短的时间内复习掌握最基本的概念;重点部分给出了该章需要重点掌握的知识点;典型例题部分既注重基本方法与基本概念,又注意典型与新颖的相互融合以及解题方法的巧妙构思,使读者在掌握好基本问题的基础上具备解决复杂、综合或技巧问题的能力,并达到融会贯通的境界。

### 图书在版编目(CIP)数据

电路学习指导与考研题精解/胡钊编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2018.5  
ISBN 978-7-312-03641-5

I. 电… II. 胡… III. 电路理论-研究生-入学考试-自学参考资料 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 286194 号

出版 中国科学技术大学出版社  
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026  
<http://press.ustc.edu.cn>  
<https://zgkxjdsxcbs.tmall.com>

印刷 安徽国文彩印有限公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 787 mm×1092 mm 1/16

印张 41.25

字数 1175 千

版次 2018 年 5 月第 1 版

印次 2018 年 5 月第 1 次印刷

定价 99.00 元

# 序 言

作者在长期的中、英文电路课程的教学研究和实践中,积累了比较丰富的经验并对电路问题进行了比较全面深入的系统研究,在大量精选、改造和自编的基础上,编著了这本《电路学习指导与考研题精解》。

本书的目的是为报考相关专业硕士研究生的备考者以及正在学习电路的学生提供一本系统全面的复习和学习用书,希望起到“授之以渔”作用,而非仅仅作为考试的“敲门砖”或快速掌握解题方法的“催熟剂”。

本书的每一章都由三部分组成,即该章的内容提要、重点以及典型例题。内容提要部分尽可能简明扼要,以使读者在较短的时间内复习掌握最基本的概念;重点部分给出了该章需重点掌握的知识点;典型例题部分既注重基本方法与基本概念,又注意典型与新颖的相互融合以及解题方法的巧妙构思,使读者在掌握好基本问题的基础上具备解决复杂、综合或技巧问题的能力,并达到融会贯通的境界。

本书每一章的典型例题都以该章各个重要的知识点进行组织,在各章之间也有交织,并非简单的“题海”随意堆砌而成,基本涵盖了每一章的基本和典型性与深化性问题,它们反映了电路理论的精华所在,也融汇了电路问题的关键。

由于电路问题的高度灵活性,读者应该抱着既学习又批判的态度来对待本书中的所有问题,相信如此而行,对于某些题目,读者所用的分析求解方法会比本书中的更简捷、更巧妙,因而本书更多起到的是“抛砖引玉”的作用。

本书在编著过程中得到了武汉大学电气工程学院唐炬、徐箭、查晓明、陈红坤、刘开培、阮江军、常湧等教授以及有关专家的极大帮助和关注,在此一并表示诚挚的谢意。

由于水平有限,书中难免存在不妥之处,望不吝指正。

编著者

2018年1月于武汉珞珈山

# 目 录

序言 .....	( i )
第 1 章 电路的基本概念、基本元件和基本定律 .....	( 1 )
1.1 内容提要 .....	( 1 )
1.2 重点 .....	( 3 )
1.3 典型例题 .....	( 4 )
第 2 章 简单电阻电路的分析 .....	( 13 )
2.1 内容提要 .....	( 13 )
2.2 重点 .....	( 14 )
2.3 典型例题 .....	( 14 )
第 3 章 电路的一般分析方法 .....	( 36 )
3.1 内容提要 .....	( 36 )
3.2 重点 .....	( 37 )
3.3 典型例题 .....	( 38 )
第 4 章 电路定理 .....	( 61 )
4.1 内容提要 .....	( 61 )
4.2 重点 .....	( 62 )
4.3 典型例题 .....	( 62 )
第 5 章 含有运算放大器的电路 .....	( 111 )
5.1 内容提要 .....	( 111 )
5.2 重点 .....	( 112 )
5.3 典型例题 .....	( 112 )
第 6 章 线性时不变动态电路暂态过程的时域分析 .....	( 120 )
6.1 内容提要 .....	( 120 )
6.2 重点 .....	( 124 )
6.3 典型例题 .....	( 124 )
第 7 章 线性时不变正弦稳态电路分析 .....	( 188 )
7.1 内容提要 .....	( 188 )
7.2 重点 .....	( 191 )
7.3 典型例题 .....	( 191 )
第 8 章 线性时不变正弦稳态电路的频率响应 .....	( 243 )
8.1 内容提要 .....	( 243 )
8.2 重点 .....	( 244 )
8.3 典型例题 .....	( 244 )
第 9 章 含耦合电感的电路分析 .....	( 260 )
9.1 内容提要 .....	( 260 )
9.2 重点 .....	( 263 )

9.3 典型例题	(264)
<b>第 10 章 三相电路</b>	(320)
10.1 内容提要	(320)
10.2 重点	(322)
10.3 典型例题	(322)
<b>第 11 章 非正弦周期激励作用下线性时不变电路的稳态分析</b>	(372)
11.1 内容提要	(372)
11.2 重点	(374)
11.3 典型例题	(374)
<b>第 12 章 线性时不变动态电路暂态过程的复频域分析</b>	(414)
12.1 内容提要	(414)
12.2 重点	(417)
12.3 典型例题	(417)
<b>第 13 章 大规模电路的矩阵分析</b>	(463)
13.1 内容提要	(463)
13.2 重点	(465)
13.3 典型例题	(465)
<b>第 14 章 二端口网络</b>	(490)
14.1 内容提要	(490)
14.2 重点	(492)
14.3 典型例题	(492)
<b>第 15 章 状态变量分析法</b>	(558)
15.1 内容提要	(558)
15.2 重点	(559)
15.3 典型例题	(559)
<b>第 16 章 线性时不变均匀传输线的正弦稳态分析</b>	(585)
16.1 内容提要	(585)
16.2 重点	(589)
16.3 典型例题	(589)
<b>第 17 章 线性时不变无损耗均匀传输线的暂态分析</b>	(609)
17.1 内容提要	(609)
17.2 重点	(613)
17.3 典型例题	(613)
<b>第 18 章 非线性电路</b>	(627)
18.1 内容提要	(627)
18.2 重点	(629)
18.3 典型例题	(630)

# 第 1 章 电路的基本概念、基本元件和基本定律

## 1.1 内容提要

### 1. 电路和电路模型

实际电路:由电气设备和电气器件按预期目的连接构成的电流通路。

电路模型:反映实际电路部件的主要电磁性质的理想电路元件及其组合。

### 2. 电流、电压参考方向

电流、电压参考方向的具体规定如表 1-1 所示。

表 1-1 电流、电压的参考方向

说明	电 流	电 压
实际方向	正电荷流动的方向	由高电位(正极)指向低电位(负极)
参考方向	任意选定	任意选定
标记符号	① 箭头;② 双下标	① 箭头;② 双下标;③ 正、负极性
实际方向与参考方向的关系	$i > 0$ , 实际方向与参考方向相同; $i < 0$ , 实际方向与参考方向相反	$u > 0$ , 实际方向与参考方向相同; $u < 0$ , 实际方向与参考方向相反

注意:

- ① 分析电路前必须先选定电压和电流的参考方向,并在电路图中标示出来。
- ② 电压、电流的参考方向虽然可以任意指定,但无论选择怎样的参考方向都不会改变电压、电流的实际方向。同时,在电路分析中,参考方向一经指定后最好不要再改变。
- ③ 根据参考方向列写方程,解方程求得结果(正或负),才可确定实际方向。
- ④ 关联参考方向:电流参考方向的箭头由电压参考方向的“+”极性端指向“-”极性端。
- ⑤ 非关联参考方向:电流参考方向的箭头由电压参考方向的“-”极性端指向“+”极性端。
- ⑥ 一个闭合回路中,一般只取一个电流参考方向。

### 3. 功率和能量

在单位时间内二端元件(或电路)吸收的电能为电功率,简称功率( $P$ )。

任意二端元件吸收的功率可写成

$$P = \frac{dw}{dt} = u \frac{dq}{dt} = ui$$

吸收功率与发出功率的判断方法如表 1-2 所示。

表 1-2 吸收功率与发出功率的判断方法

$u, i$ 的参考方向	元件的功率 $P = ui$	实际吸收功率与发出功率
关联参考方向	$P > 0$	吸收
	$P < 0$	发出
非关联参考方向	$P > 0$	发出
	$P < 0$	吸收

在二端元件上电流和电压取关联参考方向的前提下,在  $t_1$  到  $t_2$  时段内该二端元件吸收的电能为

$$w = \int_{t_1}^{t_2} P dt = \int_{t_1}^{t_2} u i dt$$

#### 4. 电路元件

电路元件的分类如图 1-1 所示。

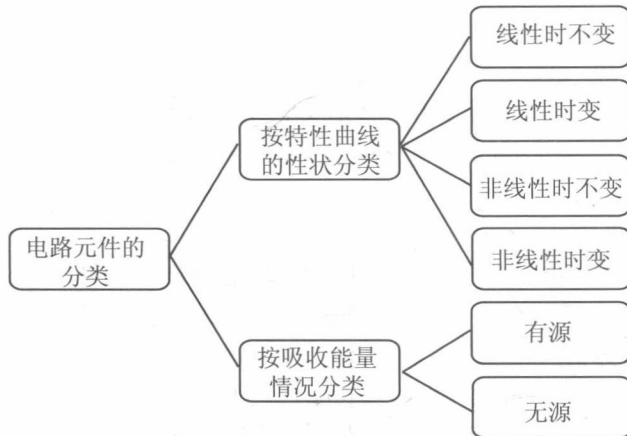


图 1-1 电路元件的分类

##### (1) 基本的无源元件

基本的无源元件如表 1-3 所示。

表 1-3 基本的无源元件

说明	电阻	电感	电容
电路符号			
约束方程 ( $u, i$ 关联方向)	$u = Ri$	$\Psi = Li, u = \frac{d\Psi}{dt} = L \frac{di}{dt}$	$q = Cu, i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt}$
特性曲线	伏安特性	韦安特性	库伏特性
能量特性	耗能元件	储能元件	储能元件
储存能量	0	磁场能量 $W = \frac{1}{2} Li^2$	电场能量 $W = \frac{1}{2} Cu^2$
记忆特性	无记忆	记忆电压元件	记忆电流元件

##### 注意:

① 对于电感元件,电感电压  $u$  的大小取决于电流  $i$  的变化率,与  $i$  的大小无关,即电感是动态元件。同时  $i$  为常数(直流)时,  $u = 0$ ,电感相当于短路。电感电流不具有跃变性,即必是一个连续函数。

② 对于电容元件,电容电流  $i$  的大小取决于电压  $u$  的变化率,与  $u$  的大小无关,即电容也是动态元件。同时  $u$  为常数(直流)时,  $i = 0$ ,电容相当于开路。电容电压也必是一个连续函数。

##### (2) 独立电源元件

###### 1) 理想电压源和实际电压源

理想电压源的特点:

① 理想电压源端电压的变化规律(大小、变化趋势等)完全由电压源本身所决定,与外电路的变化无关。



② 流理想电压源的电流将随外电路的变化而变化。

实际电压源本身是不允许短路的;电压源如不使用,可将其开路;实际电压源应考虑电源内电阻的影响(通常在直流情况下用一个理想电压源串联一个电阻作为实际电压源的等效电路模型)。

2) 理想电流源和实际电流源

理想电流源的特点:

① 理想电流源电流的变化规律(大小、变化趋势等)完全由电流源本身所决定,与外电路的变化无关。

② 理想电流源的端电压将随外电路的变化而变化。

实际电流源不能开路;电流源如不使用,可将其短路;实际电流源采用的是理想电流源和无源元件并联组合的形式。

(3) 基本的受控源元件

受控源:电压、电流的大小和方向不是给定的时间函数,而是受电路中某个元件的电压(或电流)控制的电源(类似于变压器)。

四种基本的线性受控源:电压控制电压源(VCVS)、电压控制电流源(VCCS)、电流控制电压源(CCVS)、电流控制电流源(CCCS)。

## 5. 基尔霍夫定律

基本概念:

① 节点——电路中三条或三条以上支路的连接点称为节点。

② 支路——电路中任何一个二端电路元件都可定义为一条支路。

③ 回路——电路中任何一个由不重复出现的支路所构成的闭合路径称为一个回路。

基尔霍夫定律的相关知识如表 1-4 所示。

表 1-4 基尔霍夫定律

说 明	基尔霍夫电流定律(KCL)	基尔霍夫电压定律(KVL)
定律内容	在集中参数电路中,任何时刻流入(或流出)任意节点的支路电流的代数和恒等于零	在集中参数电路中,任何时刻沿任意闭合回路的所有支路电压的代数和恒等于零
数学表达式	$\sum i = 0$ 或 $\sum i_{in} = \sum i_{out}$	$\sum u = 0$ 或 $\sum u_{drop} = \sum u_{rise}$
广义形式	任何时刻流入(或流出)电路中的任一封闭面的支路电流的代数和恒等于零	任何时刻沿该广义回路的闭合路径的所有相邻节点间电压的代数和恒等于零
注意	根据电流的参考方向,当流出节点的电流取正时,则流入节点的电流取负	当支路电压的参考方向与回路绕行方向一致时,该电压取正,反之取负

## 1.2 重 点

(1) 电压、电流的参考方向。

(2) 基本电路元件的特性。

(3) 基尔霍夫定律。

## 1.3 典型例题

### 1. 基本元件特性与功率特性

1-1 作用于 5 (mH) 电感上的电压波形如图 1-2(a) 所示, 当初始电流为 0.5 (A) 时, 试求电感的电流并画出其波形。

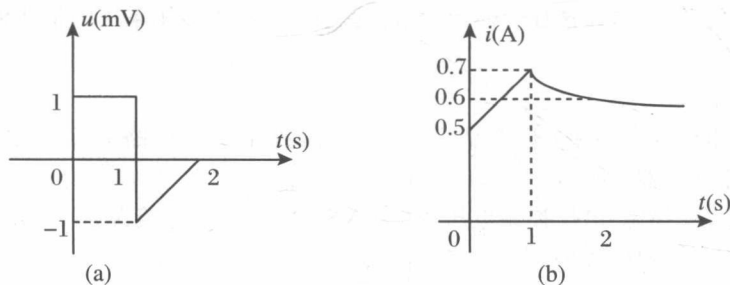


图 1-2

解 由电感的电压求电流, 电感的 VCR 是其电流为电压的积分结果, 用公式表示为

$$i(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u(x) dx$$

已知初始电流  $i(0) = 0.5(\text{A})$ , 从图 1-2(a) 可知,  $0 \leq t \leq 1(\text{s})$  时, 有

$$u(t) = 1(\text{mV})$$

$$i(t) = i(0) + \frac{1}{L} \int_0^t u(x) dx = 0.5 + \frac{1}{5 \times 10^{-3}} \int_0^t 1 \times 10^{-3} dx = 0.2t + 0.5(\text{A})$$

$1(\text{s}) \leq t \leq 2(\text{s})$  时,  $u(t) = t - 2(\text{mV})$ , 则

$$i(t) = i(1) + \frac{1}{L} \int_1^t u(x) dx = 0.7 + \frac{1}{5 \times 10^{-3}} \int_1^t (x - 2) \times 10^{-3} dx = 0.1t^2 - 0.4t + 1(\text{A})$$

$t \geq 2(\text{s})$  时,  $u(t) = 0$ , 则

$$i(t) = i(2) + \frac{1}{L} \int_2^t u(x) dx = 0.6 + \frac{1}{L} \int_2^t 0 dx = 0.6(\text{A})$$

根据分段求出的电流表达式, 可画出  $i(t)$  的波形如图 1-2(b) 所示。

1-2 2 H 电感的电压波形如图 1-3(a) 所示, 若已知  $i_L(0) = 2(\text{A})$ , 试定性绘出电感电流的波形。

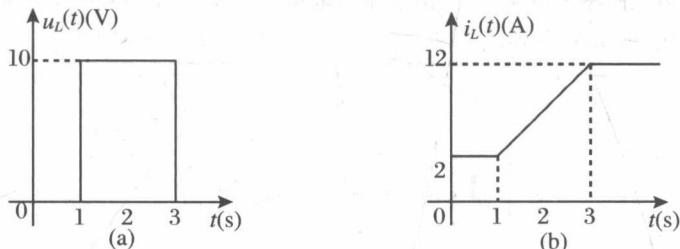


图 1-3

解 由图 1-3(a) 可写出表达式:

$$u_L(t) = \begin{cases} 0, & t \geq 3(\text{s}), 0 \leq t < 1(\text{s}) \\ 10, & 1(\text{s}) \leq t < 3(\text{s}) \end{cases}$$

(1)  $0 \leq t \leq 1(\text{s})$  时, 有

$$i_L(t) = i_L(0) + \frac{1}{L} \int_0^t u_L(\tau) d\tau = i_L(0) = 2(\text{A})$$

(2)  $1(s) \leq t \leq 3(s)$ 时,有

$$i_L(t) = i_L(1) + \frac{1}{L} \int_1^t u_L(\tau) d\tau = 2 + \frac{1}{2} \int_1^t 10 d\tau = 2 + 5(t-1) = 5t - 3(\text{A})$$

$$i_L(t)|_{t=3(s)} = (5t - 3)|_{t=3(s)} = 12(\text{A})$$

(3)  $t \geq 3(s)$ 时,有

$$i_L(t) = i_L(3) + \frac{1}{L} \int_3^t u_L(\tau) d\tau = 12 + \frac{1}{2} \int_3^t 0 d\tau = 12(\text{A})$$

综上所述可得电感电流的表达式为

$$i_L(t) = \begin{cases} 2(\text{A}), & 0 \leq t < 1(\text{s}) \\ 5t - 3(\text{A}), & 1(\text{s}) \leq t < 3(\text{s}) \\ 12(\text{A}), & t \geq 3(\text{s}) \end{cases}$$

$i_L(t)$ 的波形如图1-3(b)所示。

1-3 有如图1-4(a)所示的电路,其中  $R=2(\Omega)$ ,  $L=1(\text{H})$ ,  $C=0.1(\text{F})$ ,  $u_C(0)=0$ ,若电路的输入电流波形如图1-4(b)所示,试求电容电压。

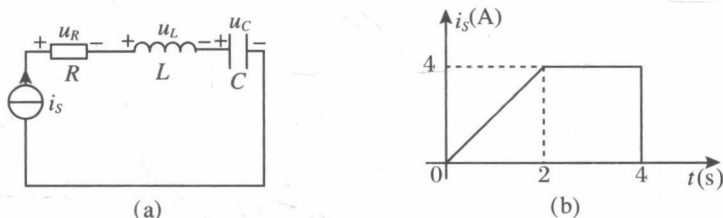


图1-4

解 根据图1-4(b),可以得到输入电流的表达式为

$$i_s = \begin{cases} 2t(\text{A}), & 0 \leq t \leq 2(\text{s}) \\ 4(\text{A}), & 2(\text{s}) < t \leq 4(\text{s}) \\ 0(\text{A}), & t > 4(\text{s}) \end{cases}$$

所以可以计算出电阻两端的电压为

$$u_R = Ri_s = 2 \times i_s = \begin{cases} 4t(\text{V}), & 0 \leq t \leq 2(\text{s}) \\ 8(\text{V}), & 2(\text{s}) < t \leq 4(\text{s}) \\ 0, & t > 4(\text{s}) \end{cases}$$

根据电感的伏安特性,可知电感电压为

$$u_L = L \frac{di_s}{dt} = 1 \times \frac{di_s}{dt} = \begin{cases} 2(\text{V}), & 0 \leq t \leq 2(\text{s}) \\ 0, & 2(\text{s}) < t \leq 4(\text{s}) \\ 0, & t > 4(\text{s}) \end{cases}$$

根据电容的伏安特性,可知电容电压为

$$u_C = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i_s(\zeta) d\zeta = u_C(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i_s(\zeta) d\zeta = \begin{cases} 10t^2(\text{V}), & 0 \leq t \leq 2(\text{s}) \\ 40 + 40(t-2)(\text{V}), & 2(\text{s}) < t \leq 4(\text{s}) \\ 120(\text{V}), & t > 4(\text{s}) \end{cases}$$

1-4 某电路只含有一个电阻和一个电感,支路电流  $i(t)$ 和支路电压  $u(t)$ 取关联参考方向,其波形分别如图1-5(a)、(b)所示。(1) 试确定  $R$ 和 $L$ 的连接方式;(2) 求  $R$ 和 $L$ 的值。

解 (1)  $R$ 和 $L$ 的连接方式不是串联就是并联。如果  $R$ 和 $L$ 是并联连接,如图1-5(c)所示,由KCL可知,  $i(t) = i_L(t) + i_R(t)$ ,  $i_R(t)$ 的波形和  $u(t)$ 的波形仅差一个比例系数  $R$ ,而  $i_L(t)$ 的波形是对  $u(t)$ 取积分,为二次函数,故  $i_R(t)$ 和  $i_L(t)$ 合成的波形不可能是所给  $i(t)$ 的三角波形。所以,  $R$ 和 $L$ 不是并联连接,而只能采用图1-5(d)所示的串联连接。

(2) 由已知的  $i(t)$  波形可得  $\frac{di}{dt}$  的波形如图 1-5(e) 所示。由图 1-5(a) 得  $i(0) = 0$ , 由图 1-5(b) 可知  $u(0) = 1(\text{V})$ 。而  $\left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} = 1(\text{A/s})$ ,  $u_L(t) = L \frac{di}{dt}$ , 所以

$$L = \frac{u_L(0)}{\left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0}} = \frac{1}{1} = 1(\text{H})$$

因此可画出  $u_L(t)$  的波形如图 1-5(f) 所示。由  $u(t)$  和  $u_L(t)$  的波形可得  $u_R(t)$  的波形如图 1-5(g) 所示。由图 1-5(a) 和图 1-5(g) 易得  $R = 1(\text{k}\Omega)$ 。

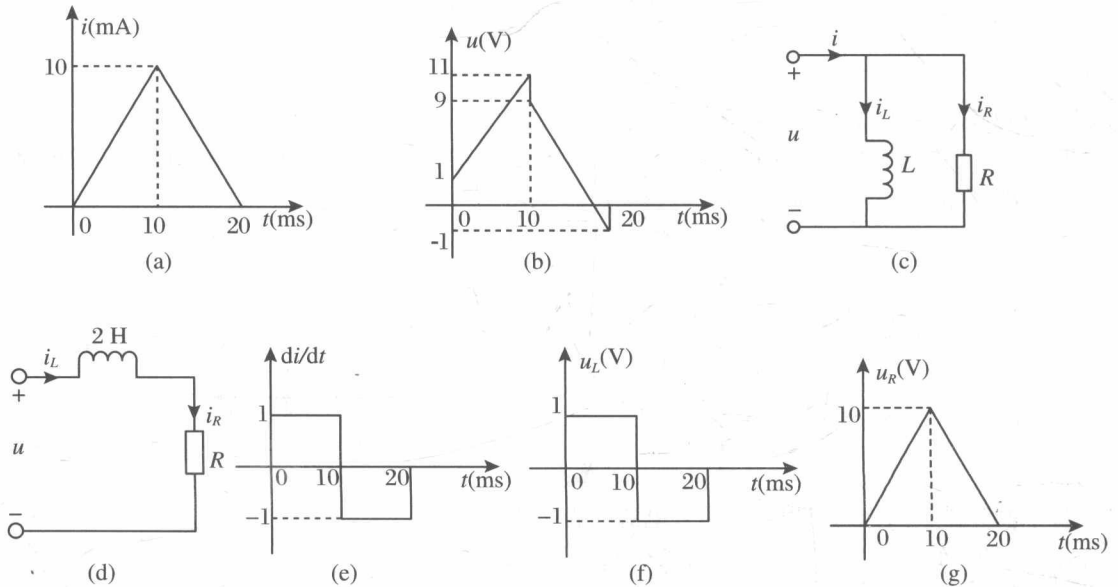


图 1-5

**要点** 此题考查电感元件电压、电流的积分关系, 因此应根据此关系式求解, 在求解时要注意初始值。根据已知电压分段波形, 按区间来分别求各区间内的电流, 在求解过程中特别需要注意两点: (1) 每个区间的电流都要在积分项的基础上叠加本区间的初始值, 各区间的电流初始值都不同; (2) 在对积分项积分时, 各区间的积分函数不同, 并且各区间的积分下限也不同, 分别是各区间的起始点。

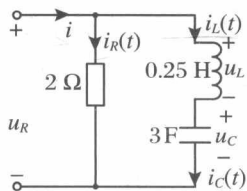


图 1-6

1-5 有如图 1-6 所示电路, 已知  $u_C = 4 - e^{-2t}(\text{V})(t > 0)$ , 试求  $t > 0$  时的  $i(t)$ 。

**解** 由电容的 VCR, 有

$$i_C(t) = C \frac{du_C(t)}{dt} = 6e^{-2t}(\text{A}), \quad t > 0$$

由于电感和电容是串联, 故

$$i_L(t) = i_C(t) = 6e^{-2t}(\text{A}), \quad t > 0$$

根据电感的 VCR, 有

$$u_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} = 0.25 \times 6 \times (-2)e^{-2t} = -3e^{-2t}(\text{V}), \quad t > 0$$

再根据 KVL, 有

$$u_R(t) = u_L(t) + u_C(t) = -3e^{-2t} + 4 - e^{-2t} = 4 - 4e^{-2t}(\text{V}), \quad t > 0$$

再根据 KCL, 有

$$i(t) = i_R(t) + i_C(t) = \frac{u_R(t)}{2} + i_C(t) = 2 + 4e^{-2t}(\text{A}), \quad t > 0$$

**要点** 电路结构简单, 可以利用电容元件电流与端电压成积分关系的 VCR、电感元件电压与电

流成积分关系的 VCR 以及基尔霍夫电压电流定律求解。

1-6 试证明对图 1-7 所示电路,有  $\sum P = 0$ 。

**解** 直流电路中任一元件(或二端网络)的功率均为其电压与电流的乘积,关键是要正确判断出是发出功率还是吸收功率。比较直观的分析方法是:电压、电流实际方向一致,为吸收功率,相反则为发出功率。图 1-7 中:

(1) 4 A 电流源发出的功率为

$$4 \times 15 = 60(\text{W})$$

(2) 10 V 电压源发出的功率为

$$10 \times 3 = 30(\text{W})$$

(3) 3 A 电流源发出的功率为

$$3 \times (-10 + 15) = 15(\text{W})$$

(4) 15 V 电压源吸收的功率为

$$15 \times (2 + 4 + 3) = 135(\text{W})$$

(5) 2 A 电流源发出的功率为

$$15 \times 2 = 30(\text{W})$$

若取发出功率为正,则有

$$\sum P = 30 + 15 + 60 - 135 + 30 = 0$$

1-7 求图 1-8(a)中 2 A 电流源发出的功率。

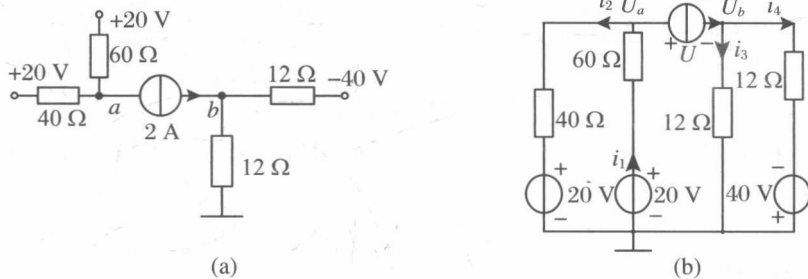


图 1-8

**解** 可将图 1-8(a)电路改画成一般性电路,如图 1-8(b)所示,由 KVL 可得

$$40i_2 + 20 = -60(2 + i_2) + 20$$

解得  $i_2 = -1.2(\text{A})$ 。

由 KVL 可得

$$U_a = 40i_2 + 20 = 40 \times (-1.2) + 20 = -28(\text{V})$$

由 KVL 又得

$$12i_3 = 12i_4 - 40 = 12(2 - i_3) - 40 = 24 - 12i_3 - 40$$

即  $24i_3 = -16$ , 故有  $i_3 = -\frac{2}{3}(\text{A})$ 。

又得

$$U_b = 12i_3 = 12 \times \left(-\frac{2}{3}\right) = -8(\text{V})$$

由 KVL 可得

$$U = U_a - U_b = -28 - (-8) = -20(\text{V})$$

2 A 电流源发出的功率为

$$P_{2A} = 2U = 2(-20) = -40(\text{W}) \quad (\text{实际发出功率})$$

**要点** 由于 2 A 电流源上电压、电流采用的是非关联参考方向,故所求功率值大于零,表示该电流源实际是发出功率。

1-8 电路如图 1-9 所示,求 2 Ω 电阻吸收的功率。

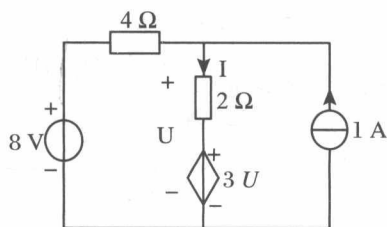


图 1-9

**解** 在图 1-9 所示的电路中,根据 KVL 和 KCL,可得

$$U = 2I + 3U$$

由此可得

$$U = -I$$

又因为

$$4(1 - I) + 8 = U$$

联立解上述方程,可得

$$I = \frac{12}{3} = 4(\text{A})$$

所以 2 Ω 电阻吸收的功率为

$$P = 2I^2 = 2 \times 4^2 = 32(\text{W})$$

1-9 求图 1-10(a)所示电路中电压源及电流源产生的功率。

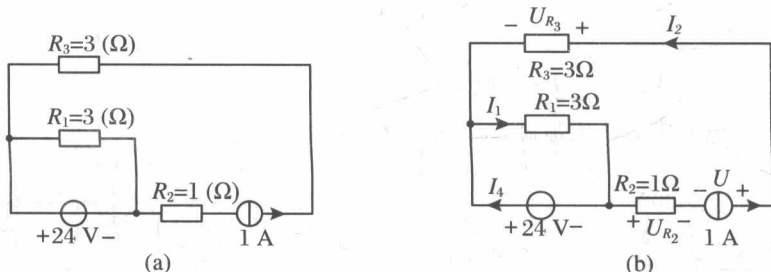


图 1-10

**解** 设电路中各电压、电流方向如图 1-10(b)所示,则由已知条件可得: $I_2 = 1(\text{A})$ ,所以由欧姆定律可得

$$U_{R_3} = R_3 \times I_2 = 3 \times 1 = 3(\text{V})$$

又由欧姆定律可得

$$I_1 = \frac{24}{R_1} = \frac{24}{3} = 8(\text{A}), \quad U_{R_2} = R_2 \times I_2 = 1 \times 1 = 1(\text{V})$$

再由 KCL 得

$$I_4 = I_1 - I_2 = 8 - 1 = 7(\text{A})$$

又由 KVL 得

$$U = U_{R_3} + 24 + U_{R_2} = 3 + 24 + 1 = 28(\text{V})$$

电压源功率: $P_{U_s} = 24 \times I_4 = 168(\text{W}) > 0$ ,由于电压源的电压、电流为非关联参考方向,所以电压源是发出 168 W 功率。

电流源功率: $P_{I_s} = U \times I_2 = 28 \times 1 = 28(\text{W}) > 0$ ,由于电流源的电压、电流为非关联参考方向,所以电流源是发出 28 W 功率。

1-10 求图 1-11 中元件 1、2、3 吸收总功率的最小值。

**解** 设各支路电压、电流参考方向如图 1-11 所示。

由 KVL,有

$$u_2 = -25 + 20 = -5(\text{V})$$

又由 KVL,有

$$u_3 = 1.5i_2 - u_2 = 1.5i_2 + 5$$

由 KCL, 有

$$i_3 = i_2 - 4$$

所以, 元件 1、2、3 吸收的总功率为

$$\begin{aligned} P &= P_1 + P_2 + P_3 \\ &= 25 \times 4 + u_2 i_2 + u_3 i_3 \\ &= 1.5i_2^2 - 6i_2 + 80 \text{ (W)} \end{aligned}$$

若要使  $P$  最小, 则需  $\frac{dP}{di_2} = 0$ , 解出  $i_2 = 2 \text{ (A)}$ , 此时

$$P = 1.5 \times 2^2 - 6 \times 2 + 80 = 74 \text{ (W)}$$

**要点** 基尔霍夫定律的简单运用, 重点注意电压、电流是否是关联参考方向, 以此确定功率的正负。

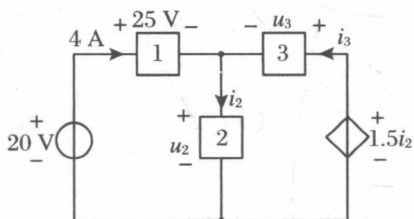


图 1-11

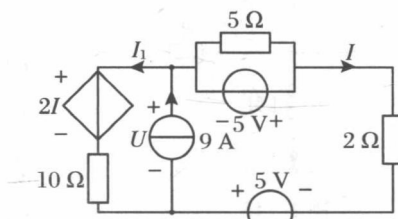


图 1-12

1-11 求图 1-12 电路中受控源的功率。

**解** 设受控源支路电流  $I_1$  参考方向如图 1-12 所示, 则由 KVL 和 KCL 可得

$$\begin{cases} 10I_1 + 2I = -5 - 5 + 2I \\ I_1 + I = 9 \end{cases}$$

解出  $I_1 = -1 \text{ (A)}$ ,  $I = 10 \text{ (A)}$ 。受控源吸收的功率为

$$P = 2I \times I_1 = -20 \text{ (W)}$$

## 2. 基尔霍夫定律的运用

1-12 图 1-13 电路中, 已知  $u_{AB} = -5 \text{ (V)}$ , 求  $u_s$ 。

**解** 设电流  $i$  参考方向如图 1-13 所示, 根据 KCL、KVL, 可列出方程组:

$$\begin{cases} u_{AB} = -4 \times 0.5u_1 + u_1 \\ i = \frac{u_1}{5} + 0.5u_1 \\ 2i + u_1 = u_s \end{cases}$$

解得  $u_1 = 5 \text{ (V)}$ ,  $i = 3.5 \text{ (A)}$ ,  $u_s = 12 \text{ (V)}$ 。

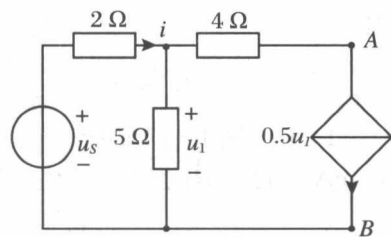


图 1-13

1-13 有电路如图 1-14(a) 所示, 电路中元件的电压、电

流已不随时间变化, 其中  $i_1 = 1 \text{ (A)}$ , 试求  $u_s$ ,  $i$ ,  $u$  及 B 点电位 (以 A 点为参考点)。

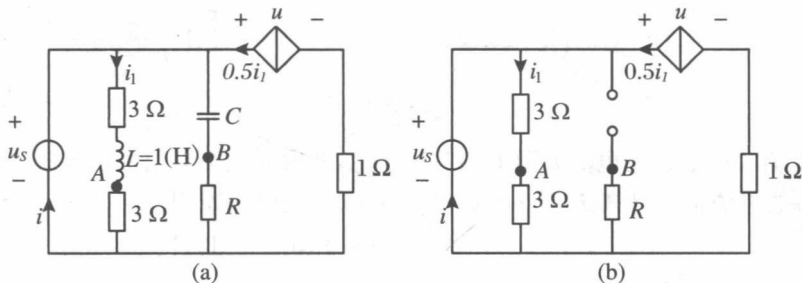


图 1-14

解 已知电路中元件的电压、电流不随时间变化,所以电路为直流电路, $u_S$  不随时间变化,电感元件两端电压为零,相当于短路;电容元件的电流为零,相当于开路,故电路可等效为图 1-14(b)所示电路。从图 1-14(b)可知

$$\text{KVL: } u_S = 3i_1 + 3i_1 = 6i_1 = 6(\text{V})$$

$$\text{KCL: } i = -0.5i_1 + i_1 = 0.5(\text{A})$$

$$\text{KVL: } u = u_S + 0.5i_1 \times 1 = 6 + 0.5 = 6.5(\text{V})$$

$$u_{AB} = u_A - u_B = 3i_1 = 3(\text{V})$$

以  $u_A = 0$ , 则  $u_B = -3(\text{V})$ 。

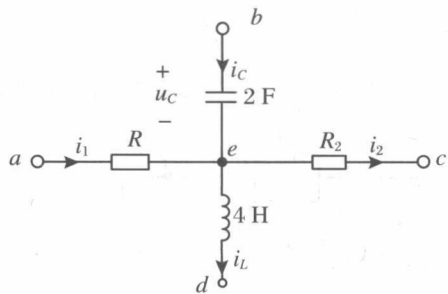


图 1-15

1-14 电路如图 1-15 所示,已知  $i_1 = 5(\text{A})$ ,  $i_2 = 10\sin 20t(\text{A})$ ,  $u_C = 5\cos 20t(\text{V})$ , 试求  $i_L$  和  $u_{bd}$ 。

解 列节点  $e$  的 KCL, 有

$$i_L = i_1 + i_C - i_2$$

由电容的伏安关系, 可得

$$i_C = C \frac{d u_C}{d t} = 2 (5 \cos 20t)' = -200 \sin 20t(\text{A})$$

故

$$i_L = 5 - 200 \sin 20t - 10 \sin 20t = 5 - 210 \sin 20t(\text{A})$$

由 KVL, 有

$$u_{bd} = u_C + L \frac{d i_L}{d t} = 5 \cos 20t + 4 (5 - 210 \sin 20t)' = -16795 \cos 20t(\text{V})$$

1-15 图 1-16 是测量电压的电位计电路, 其中  $u_S = 6(\text{V})$ ,  $R_1 = 44(\Omega)$ ,  $R_2 = R_{2a} + R_{2b} = 50(\Omega)$ , 当调节滑动触点  $x$  使  $R_{2b} = 30(\Omega)$  时, 电流计中无电流流过, 求被测电压  $u_x$  的值。

解 当滑动触点  $x$ , 使电流计中无电流流过, 即  $I_A = 0$  时, 流过  $R_1$ 、 $R_2$  的电流相等, 用  $I$  表示为

$$I = \frac{u_S}{R_1 + R_2} = \frac{6}{44 + 50} = \frac{6}{94}(\text{A})$$

则

$$u_x = R_{2b} I = 30 \times \frac{6}{94} = 1.92(\text{V})$$

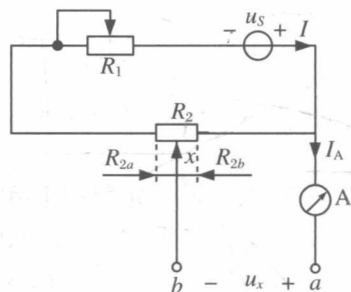


图 1-16

1-16 图 1-17(a) 所示电路中,  $I_0 = 10(\text{mA})$ , 电流表  $A_1$ 、 $A_2$  (内阻为 0) 读数分别为  $6(\text{mA})$ 、 $4(\text{mA})$ 。已知  $R_1 = 3(\text{k}\Omega)$ ,  $R_2 = 1(\text{k}\Omega)$ ,  $R_3 = 2(\text{k}\Omega)$ 。求  $I_4$ 、 $I_5$ 。

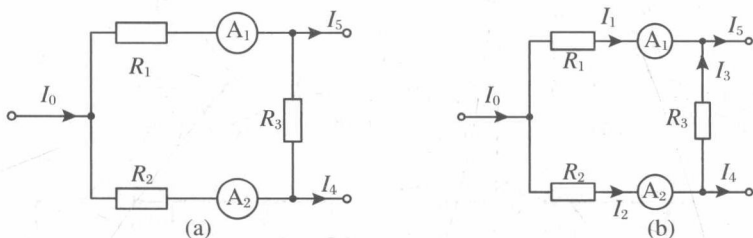


图 1-17

解 设电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  的电流如图 1-17(b) 所示, 并取此三个电阻的端电压  $U_{R_1}$ 、 $U_{R_2}$ 、 $U_{R_3}$  与各自电流为关联参考方向。已知  $I_1 = 6(\text{mA})$ ,  $I_2 = 4(\text{mA})$ , 由欧姆定律得

$$U_{R_1} = R_1 I_1 = 3 \times 10^3 \times 6 \times 10^{-3} = 18(\text{V})$$

$$U_{R_2} = R_2 I_2 = 1 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-3} = 4(\text{V})$$



又由 KVL 得

$$U_{R_3} = U_{R_1} - U_{R_2} = 18 - 4 = 14(\text{V})$$

由 KCL 得

$$I_4 = I_2 - I_3 = I_2 - \frac{U_{R_3}}{R_3} = 4 - \frac{14}{2} = -3(\text{mA})$$

$$I_5 = I_1 + I_3 = 6 + 7 = 13(\text{mA})$$

1-17 有两个电源共同向负载  $R_L$  供电的电路如图 1-18 所示。已知电源  $u_{S1} = u_{S2} = 110(\text{V})$ ，内阻  $r_1 = 10(\Omega)$ ， $r_2 = 5(\Omega)$ ，负载两端电压表读数为  $90(\text{V})$ ，试求两电源供电电流  $I_1$ 、 $I_2$ ，负载电阻  $R_L$ ，以及两电源发出的功率。（电压表内阻忽略不计）

解 列出两个回路的 KVL 方程，有

$$r_1 I_1 + 90 = u_{S1}$$

$$r_2 I_2 + 90 = u_{S2}$$

解得

$$I_1 = \frac{u_{S1} - 90}{r_1} = \frac{110 - 90}{10} = 2(\text{A})$$

$$I_2 = \frac{u_{S2} - 90}{r_2} = \frac{110 - 90}{5} = 4(\text{A})$$

列节点  $a$  的 KCL 方程，有

$$I = I_1 + I_2 = 2 + 4 = 6(\text{A})$$

因此负载电阻  $R_L$  为

$$R_L = \frac{90}{I} = \frac{90}{6} = 15(\Omega)$$

$$P_{u_{S1}} = u_{S1} I_1 = 110 \times 2 = 220(\text{W})$$

$$P_{u_{S2}} = u_{S2} I_2 = 110 \times 4 = 440(\text{W})$$

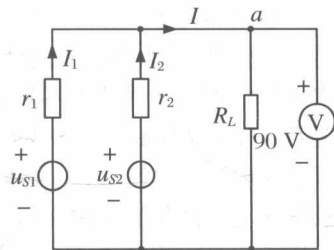


图 1-18

1-18 如图 1-19 所示，含源二端口网络  $N$  通过一“ $\Pi$ ”形网络连接负载电阻  $R$ ，欲使流经  $R$  的电流为网络  $N$  端口电流的  $1/6$ ，负载  $R$  的取值应为多少？

解 根据如图 1-19 所示的电路，从  $N$  端口流出的电流  $I$  先经过电阻网络进而分流到电阻  $R$ ，所以根据电阻网络串并联的分流关系可以计算出负载  $R$  的值。电阻  $R$  两端的电压为  $IR/6$ ，根据 KCL 可以求出流过  $5\Omega$  电阻的

电流为  $\frac{I}{6} + \frac{I}{6}R$ ，根据 KCL 可以求出流过  $3\Omega$  电阻的电流为  $\frac{(\frac{I}{6} + \frac{I}{6}R) \times 5 + \frac{I}{6}R}{3}$ ，再根据 KCL，可得

$$I = \frac{(\frac{I}{6} + \frac{I}{6}R) \times 5 + \frac{I}{6}R}{3} + (\frac{I}{6} + \frac{I}{6}R)$$

由上式计算得  $R = \frac{10}{9}(\Omega)$ 。

1-19 求如图 1-20 所示电路中两个受控源各自发出的功率。

解 在图 1-20 电路中应用 KVL，得  $6 = 2 + 4 \times i$ ，即  $i = 1(\text{A})$ 。又由欧姆定律，得  $U = 2 \times 1 = 2(\text{V})$ 。由于受控电压源的电压与  $2\text{A}$  独立电流源的电流为非关联参考方向，故受控电压源发出的功率为

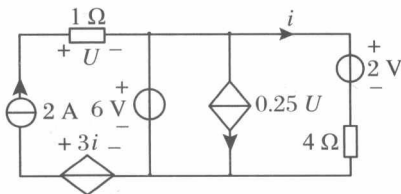


图 1-20