

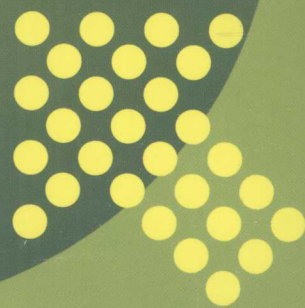
21世纪高等学校规划教材



DIANLU FENXI JICHU XUEXI ZHIDAO YU TIJIE

电路分析基础 学习指导与题解

王 玫 主 编
宋卫菊 徐国峰 副主编



中国电力出版社

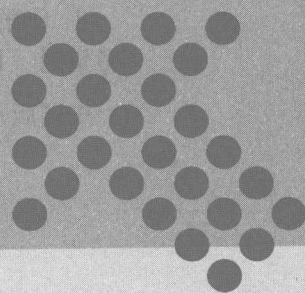
<http://jc.cepp.com.cn>

21世纪高等学校规划教材



DIANLU FENXI JICHU XUEXI ZHIDAO YU TIJIE

电路分析基础 学习指导与题解



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

本书为《普通高等教育“十一五”规划教材 电路分析基础》的配套教材。全书共分十四章，每章内容均包括学习要求、学习指导和习题详解三部分。书中对电路分析的内容进行了扼要的归纳总结，提供了有针对性的学习指导，并对《普通高等教育“十一五”规划教材 电路分析基础》一书中所有习题做了详尽的解答。

本书可作为普通高等学校电气信息类专业“电路分析基础”课程的教学辅导用书和考研参考书，也可供自学电路分析的工程技术人员学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电路分析基础学习指导与题解/王玫主编. —北京: 中国电力出版社, 2010. 8

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978 - 7 - 5123 - 0755 - 1

I. ①电… II. ①王… III. ①电路分析-高等学校-教学参考资料 IV. ①TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 158378 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 8 月第一版 2010 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12 印张 290 千字

定价 20.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

电路分析是电气信息类专业的一门重要的专业基础课,具有理论性强、物理概念多、数学要求高、解题方法灵活的特点。为了使学生更好地理解和掌握该课程的基本内容、基本的分析方法和解题方法,提高分析问题和解决问题的能力,我们编写本书作为王玫主编的《普通高等教育“十一五”规划教材 电路分析基础》的配套教材。

本书各章均由三部分组成:第一部分依据教育部“本科电子与通信专业电路分析基本要求”,结合应用型本科的特点,将学习内容分为“掌握内容”、“熟悉内容”和“了解内容”三个层次,分别提出了不同的学习要求;第二部分从学习辅导的角度出发,对《电路分析基础》一书的各章内容进行了扼要的归纳总结,对课程中的重点和难点进行了简明的阐述;第三部分对《电路分析基础》一书中的所有习题做了详尽的解答。书中解题思路清晰,步骤完整,分析透彻,方法多样。注重理论知识在解题中的灵活应用,可对辅助电路分析课程教学和学生深入掌握课程知识起到积极作用。

本书由南京工程学院几位老师共同编写,其中第一、二、三、四、八章由王玫编写,第五、十、十一、十三章由宋卫菊编写,第六、七、九、十二、十四章由徐国峰编写,陆欣云老师参与了本书的校对工作,全书由王玫担任主编并负责统稿。南京工程学院郁汉琪教授担任主审,对本书提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者指正。

编 者

2010年5月于南京

目 录

前言	
第一章 电路的基本概念和基本定理	1
一、学习要求	1
二、学习指导	1
三、习题详解	5
第二章 二端网络的等效变换	16
一、学习要求	16
二、学习指导	16
三、习题详解	18
第三章 电阻电路的一般分析方法	28
一、学习要求	28
二、学习指导	28
三、习题详解	30
第四章 线性电路的基本定理	41
一、学习要求	41
二、学习指导	41
三、习题详解	43
第五章 动态电路的时域分析	62
一、学习要求	62
二、学习指导	62
三、习题详解	65
第六章 正弦稳态电路的分析	88
一、学习要求	88
二、学习指导	88
三、习题详解	92
第七章 三相电路	111
一、学习要求	111
二、学习指导	111

三、习题详解·····	112
第八章 耦合电感和理想变压器 ·····	117
一、学习要求·····	117
二、学习指导·····	117
三、习题详解·····	120
第九章 非正弦周期信号激励下的稳态电路 ·····	130
一、学习要求·····	130
二、学习指导·····	130
三、习题详解·····	131
第十章 动态电路的复频域分析 ·····	141
一、学习要求·····	141
二、学习指导·····	141
三、习题详解·····	144
第十一章 无源网络的频率响应 ·····	151
一、学习要求·····	151
二、学习指导·····	151
三、习题详解·····	152
第十二章 二端口网络 ·····	159
一、学习要求·····	159
二、学习指导·····	159
三、习题详解·····	161
第十三章 磁路 ·····	172
一、学习要求·····	172
二、学习指导·····	172
三、习题详解·····	173
第十四章 简单非线性电阻电路 ·····	180
一、学习要求·····	180
二、学习指导·····	180
三、习题详解·····	181
参考文献 ·····	185

第一章 电路的基本概念和基本定理

一、学习要求

1. 掌握内容

掌握电压、电流、参考方向和关联参考方向的概念；功率的计算及元件吸收和产生功率的判断；电路元件：电阻、电感、电容、理想电压源、理想电流源、电压源模型、电流源模型和受控电源的伏安特性（VAR）；基尔霍夫定律（KCL、KVL）；用两类约束（VAR、KCL、KVL）分析和求解简单电路的方法。

2. 熟悉内容

熟悉电路中支路、节点、回路和网孔的概念；电位的概念及其计算方法。

3. 了解内容

了解实际电路、电路模型的概念；能量的计算方法；电路中的对偶关系。

二、学习指导

1. 实际电路和电路模型

实际电路是由若干个电气装置或电路元器件按一定方式连接而成的电流通路。实际电路器件在工作时的电磁特性是比较复杂的，往往同时具有多种电磁效应。为了便于电路的分析计算，人们将实际的元器件理想化，用一个足以表征其主要性能的理想化电路元件近似代替实际电路器件。由各种理想电路元件组成的电路称为电路模型。

2. 电流及其参考方向

(1) 电流。电流定义为单位时间内通过导体横截面的电荷量。若电流的大小和方向都不随时间变化，则称之为直流电流；若电流的大小和方向都随时间作周期性变化，则称之为交流电流。

习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的方向。在一个复杂电路中，要判断电流的真实方向往往需要引入电流参考方向的概念。

(2) 电流参考方向。电流的参考方向可以任意假设，一旦假设后不应更改并以此方向参与电路的计算，若计算得电流为正值，则表明电流的真实方向与参考方向一致；若计算得电流为负值，则表明电流的真实方向与参考方向相反。通常用电流的正负值再结合其参考方向来表示电流的真实方向。因此，不标出电流的参考方向，电流值的正负是没有意义的。

3. 电压及其参考方向

(1) 电压。电场力把单位正电荷从电路中 a 点移到 b 点所做的功，称为 a、b 两点间的电压。大小和方向都不随时间变化的电压，称之为直流电压；大小和方向都随时间作周期性变化的电压，则称之为交流电压。

习惯上将电压降的方向规定为电压的正方向。在一个复杂电路中，要判断电压真实方向

也需要引入电压参考方向的概念。

(2) 电压参考方向。电压的参考方向可以任意假设,一旦假设后不应更改并以此方向参与电路的计算,若计算得电压为正值,则表明电压的真实方向与参考方向一致;若计算得电压为负值,则表明电压的真实方向与参考方向相反。通常用电压的正负值再结合其参考方向来表示电压的真实方向。因此,不标出电压的参考方向,电压值的正负是没有意义的。

(3) 关联参考方向。电路中同一个元件上的电压和电流的参考方向是相互独立的,均可任意假设。如果选择电流的参考方向是从标以电压正极的一端流向标以电压负极的一端,则称为关联参考方向;反之则称为非关联参考方向。

4. 功率和能量

(1) 功率。功率与电压、电流之间的关系为 $p=ui$ 。电路元件在电路中是吸收功率或是产生功率可用两种方法加以判断:

方法一:在关联参考方向下,计算功率采用公式 $p=ui$,在非关联参考方向下,计算功率采用公式 $p=-ui$,若 $p>0$ 表明该电路吸收功率,若 $p<0$ 表明该电路产生(或提供)功率。

方法二:电路在关联参考方向下,吸收功率为 $p=ui$,若 $p>0$ 表明该电路吸收功率,若 $p<0$ 表明该电路产生功率;电路在非关联参考方向下,产生功率为 $p=ui$,若 $p>0$ 表明该电路产生功率,若 $p<0$ 表明该电路吸收功率。

(2) 能量。在关联参考方向下, t_0 到 t 时间内电路所吸收的能量为

$$w(t_0, t) = \int_{t_0}^t p(\xi) d\xi = \int_{t_0}^t u(\xi) i(\xi) d\xi$$

5. 电路元件及其特性

(1) 电阻元件 VAR。在关联参考方向下,电阻元件 VAR 可表示为

$$u = Ri \quad \text{或} \quad i = \frac{u}{R} = Gu$$

(2) 电阻元件的功率。线性电阻元件在任一时刻吸收的功率为

$$p = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R} \quad (1-1)$$

由式(1-1)可见,不论电流、电压为正值或负值,均有 $p \geq 0$,说明电阻元件总是消耗功率的。

(3) 电容元件 VAR。在关联参考方向下,电容元件 VAR 可表示为

$$i = C \frac{du}{dt} \quad (1-2)$$

或

$$u(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(\xi) d\xi = u(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi \quad (1-3)$$

(4) 电容元件的储能。电容元件的储能 w_C 为

$$w_C = \frac{1}{2} Cu^2(t) \quad (1-4)$$

(5) 电容元件的特性。电容元件的特性归纳如下:

1) 式(1-2)表明,电容上只有加变化的电压,才会有电流流过,因此电容具有隔直流、通交流的作用。如果在任何时刻电容中电流皆为有限值,则电容两端电压不会发生跃

变, 因此对任一时刻 t 而言, 有

$$u_C(t_-) = u_C(t_+)$$

2) 式 (1-3) 表明, 某一时刻 t 的电容电压, 与电流过去的全部历史有关, 因此电容元件具有记忆电流的功能。

3) 式 (1-4) 表明, 电容在任意时刻的储能总为正值。

综上所述, 电容元件是一种动态、记忆、储能元件。

(6) 电感元件 VAR。在关联参考方向下, 电感元件 VAR 可表示为

$$u = L \frac{di}{dt} \quad (1-5)$$

或

$$i(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u(\xi) d\xi = i(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t u(\xi) d\xi \quad (1-6)$$

(7) 电感元件的储能。电感元件的储能 w_L 为

$$w_L = \frac{1}{2} Li^2(t) \quad (1-7)$$

(8) 电感元件的特性。电感元件的特性归纳如下:

1) 式 (1-5) 表明, 电感中只有流过变化的电流, 才会产生电压, 因此, 电感具有隔交流、通直流的作用。如果在任何时刻电感两端电压皆为有限值, 则电感中电流不会发生跃变, 因此对任一时刻 t 而言, 有

$$i_L(t_-) = i_L(t_+)$$

2) 式 (1-6) 表明, 某一时刻 t 的电感电流, 与电压过去的全部历史有关, 因此电感元件具有记忆电压的功能。

3) 式 (1-7) 表明, 电感在任意时刻的储能总为正值。

综上所述, 电感元件是一种动态、记忆、储能元件。

(9) 理想电压源。理想电压源具有两个基本特性:

1) 理想电压源外接任一电路后, 其两端电压保持恒定值 U_S (直流电压) 或为给定的时间函数 $u_S(t)$, 而与流过它的电流大小无关。

2) 理想电压源的端电压由其本身确定, 而流过理想电压源的电流则应由它和与它相连接的外电路共同确定。

(10) 理想电流源。理想电流源具有两个基本特性:

1) 理想电流源外接任一电路后, 其向外电路提供的电流保持恒定值 I_S (直流电流) 或为给定的时间函数 $i_S(t)$, 而与它两端的电压大小无关。

2) 理想电流源的电流由其本身确定, 而理想电流源两端的电压则应由它和与它相连接的外电路共同确定。

(11) 电压源模型。实际电源的电压源模型是: 一个理想电压源 u_S 和一个电阻 R_S 的串联组合, 其端口间伏安关系可表示为

$$u = u_S - iR_S$$

(12) 电流源模型。实际电源的电流源模型是: 一个理想电流源 i_S 和一个电阻 R_S 的并联组合, 其端口间伏安关系可表示为

$$i = i_s - \frac{u}{R_s}$$

(13) 受控电源。受控电源不能独立给电路提供电压或电流，它需要在电路中某支路的电压或电流的控制下，才能对外提供电压或电流。受控电源的电路符号如图 1-1 所示，根据控制量和受控量的不同，受控源可分为四种形式：①电压控制电压源 (VCVS)， $u_2 = \mu u_1$ ；②电流控制电压源 (CCVS)， $u_2 = r i_1$ ；③电压控制电流源 (VCCS)， $i_2 = g u_1$ ；④电流控制电流源 (CCCS)， $i_2 = \alpha i_1$ 。

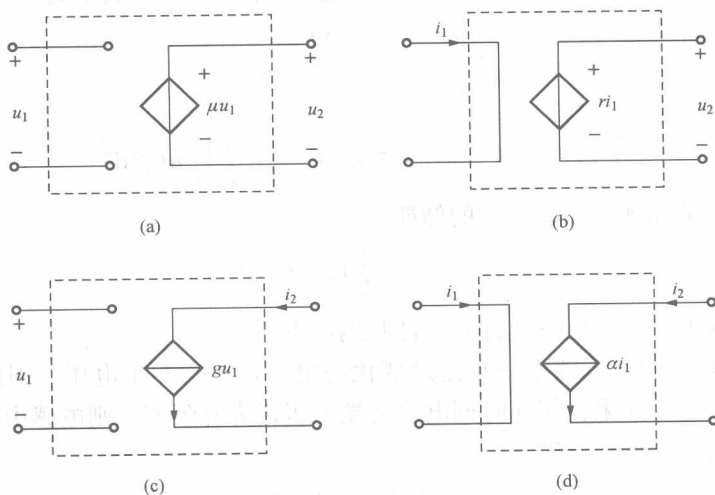


图 1-1 受控电源的四种形式

(a) VCVS; (b) CCVS; (c) VCCS; (d) CCCS

6. 基尔霍夫定律

(1) 支路、节点、回路和网孔概念。

支路：一个二端元件或若干个二端元件的串联组合称为一条支路。同一条支路上的各元件通过的电流相同。

节点：三条或三条以上支路的交汇点称为节点。

回路：电路中任何一个闭合路径称为回路。

网孔：内部不含有支路的回路称为网孔。

(2) 基尔霍夫电流定律。基尔霍夫电流定律 (KCL) 可表述为：在任一时刻，对集中电路中的任一节点，流入（或流出）该节点的所有支路电流的代数和等于零。其数学表达式为

$$\sum i = 0$$

KCL 可推广到任意一个封闭面。

(3) 基尔霍夫电压定律。基尔霍夫电压定律 (KVL) 可表述为：在任一时刻，沿着集中电路中的任一回路，所有支路电压降的代数和等于零。其数学表达式为

$$\sum u = 0$$

在运用 KVL 列回路方程时，首先应给回路设定一个绕行方向。凡是支路电压的参考电压与绕行方向一致时，电压为正，反之则为负。

7. 电位

在电路中任选一节点作为参考点，电路中其他节点到参考点的电压称为各节点的电位。电位的单位也是 V (伏特)。当参考点改变时，各节点的电位也随之而变化，但电路中任意两点间的电位差即电压却是不变的。

三、习题详解

1-1 试说明图 1-2 所示电路中电压、电流参考方向是否关联。计算各方框中电路的功率，并指出它们是吸收功率还是产生功率。

解 图 1-2 (a) 中：电压、电流是关联参考方向，计算功率的公式为

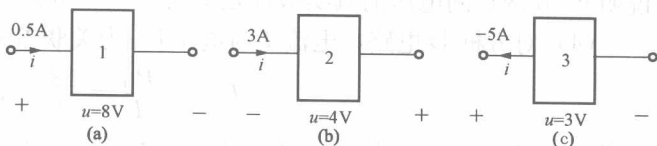


图 1-2 题 1-1 图

$$p = ui = 8 \times 0.5 = 4(\text{W})$$

由于 $p > 0$ ，表示该电路吸收功率。

图 1-2 (b) 中：电压、电流是非关联参考方向，计算功率的公式为

$$p = -ui = -4 \times 3 = -12(\text{W})$$

由于 $p < 0$ ，表示该电路产生功率。

图 1-2 (c) 中：电压、电流是非关联参考方向，计算功率的公式为

$$p = -ui = -3 \times (-5) = 15(\text{W})$$

由于 $p > 0$ ，表示该电路吸收功率。

1-2 计算图 1-3 (a) 所示电路中各方框两端的电压，并标出其真实极性。

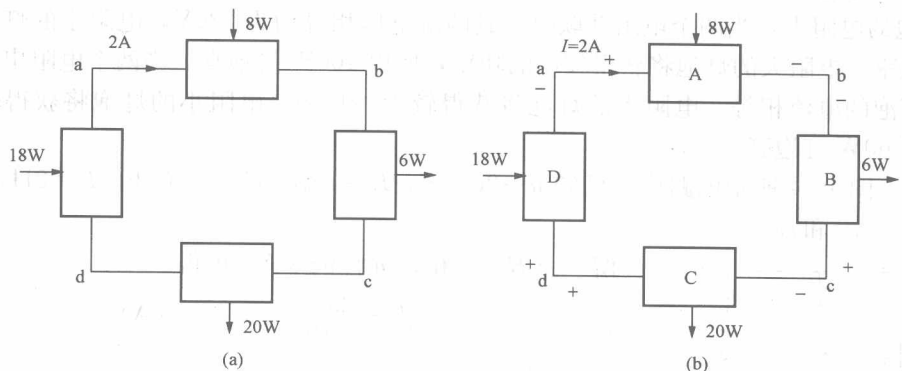


图 1-3 题 1-2 图

(a) 原电路；(b) 标示电压真实极性的图

解 图 1-3 (a) 所示电路中，各方框分别标以字母 A、B、C 和 D，如图 1-3 (b) 所示。

(1) 对方框 A 电路，电流 I 与电压 U_{ab} 为关联参考方向，吸收功率 $P_A = U_{ab}I$ ，则

$$U_{ab} = \frac{P_A}{I} = \frac{8}{2} = 4(\text{V})$$

说明 a、b 两点间电压的真实极性是 a 点“+”，b 点“-”。

(2) 对方框 B 电路，电流 I 与电压 U_{bc} 为关联参考方向，产生功率 $P_B = -U_{bc}I$ ，则

$$U_{bc} = -\frac{P_B}{I} = -\frac{6}{2} = -3(\text{V})$$

说明 b、c 两点间电压的真实极性是 b 点“-”，c 点“+”。

(3) 对方框 C 电路，电流 I 与电压 U_{cd} 为关联参考方向，产生功率 $P_C = -U_{cd}I$ ，则

$$U_{cd} = -\frac{P_C}{I} = -\frac{20}{2} = -10(\text{V})$$

说明 c、d 两点间电压的真实极性是 c 点“-”，d 点“+”。

(4) 对方框 D 电路，电流 I 与电压 U_{da} 为关联参考方向，吸收功率 $P_D = U_{da}I$ ，则

$$U_{da} = \frac{P_D}{I} = \frac{18}{2} = 9(\text{V})$$

说明 d、a 两点间电压的真实极性是 d 点“+”，a 点“-”。

标出各方框两端的电压真实极性，如图 1-3 (b) 所示。

1-3 一个 $1\text{k}\Omega$ 的电阻吸收的功率为 $10\cos^2 t\text{W}$ ，求流过电阻的电流和两端的电压。

解 因为电阻吸收的功率为 $p = Ri^2$ ，因此电流为

$$i = \sqrt{\frac{p}{R}} = \sqrt{\frac{10\cos^2 t}{1 \times 10^3}} = 0.1\cos t(\text{A})$$

电压为

$$u = Ri = 1 \times 10^3 \times 0.1\cos t = 100\cos t(\text{V})$$

1-4 有 220V 、 60W 和 220V 、 100W 的灯泡各一只，将它们并联接在 220V 电源上，哪盏亮？为什么？若串联接在 220V 电源上，哪盏亮？为什么？

解 两灯泡并联时 100W 灯泡亮；串联时 60W 灯泡亮。因为 100W 灯泡的电阻小， 60W 灯泡的电阻大，当两个电阻并联时，其两端电压相等均为 220V ，电阻小的灯泡将获得较大的功率，电阻大的灯泡将获得较小的功率，所以 100W 灯泡亮。当两个电阻串联时，流过两个灯泡的电流相等，电阻大的灯泡将获得较大的功率，电阻小的灯泡将获得较小的功率，所以 60W 灯泡亮。

1-5 图 1-4 所示电路中，已知 $u = 2e^{-4t}\text{V}$ ， $R = 10\Omega$ ， $C = 5000\mu\text{F}$ ， $L = 2\text{H}$ ， $i_L(0) = 1\text{A}$ ，求 i_R 、 i_C 和 $i_L(t \geq 0)$ 。

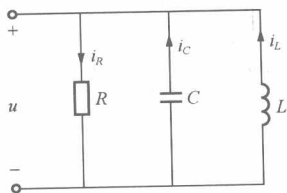


图 1-4 题 1-5 图

解 由 R 、 C 和 L 元件的 VAR 可得

$$i_R = \frac{u}{R} = \frac{2e^{-4t}}{10} = 0.2e^{-4t}(\text{A})$$

$$\begin{aligned} i_C &= -C \frac{du}{dt} = -C \frac{d}{dt}(2e^{-4t}) = -5000 \times 10^{-6} \times 2 \times (-4)e^{-4t} \\ &= 0.04e^{-4t}(\text{A}) \end{aligned}$$

$$i_L = -\frac{1}{L} \int_0^t u dt - i_L(0) = -\frac{1}{2} \int_0^t 2e^{-4\xi} d\xi - 1 = 0.25e^{-4t} - 1.25(\text{A})$$

注意： C 和 L 元件上电压和电流为非关联参考方向，故其 VAR 前应加“-”号。

1-6 图 1-5 (a) 所示电路中，已知 $C = 500\mu\text{F}$ ， $u_C(0) = 1\text{V}$ 。试根据 i_C 的波形，如图 1-5 (b) 所示，画出 u_C 的波形图。

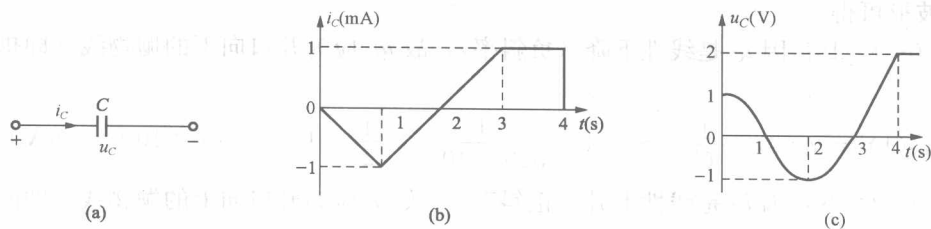


图 1-5 题 1-6 图

(a) 原电路; (b) i_c 的波形图; (c) u_c 的波形图

解 此题采用两种解法。一是先写出电容电流的分段表达式, 根据电容上电压和电流的 VAR 写出相应段电压表达式, 再画出电容电压波形; 二是根据定积分的几何意义, 求曲线与横轴围成的面积, 分段确定曲线形状及数值, 再绘成曲线。

方法一: 写出 i_c 的表达式

$$i_c = \begin{cases} -t & (\text{mA}) & (0 < t \leq 1\text{s}) \\ t-2 & (\text{mA}) & (1 \leq t \leq 3\text{s}) \\ 1 & (\text{mA}) & (3 \leq t \leq 4\text{s}) \\ 0 & (\text{mA}) & (t > 4\text{s}) \end{cases}$$

根据电容元件的 VAR

$$u_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(\xi) d\xi + u_c(0)$$

和电容电压的初始值得

$$0 < t \leq 1\text{s}$$

$$u_c(t) = -\frac{1}{500 \times 10^{-6}} \int_0^t \xi d\xi \times 10^{-3} + u_c(0) = -t^2 + 1(\text{V}); u_c(1) = 0(\text{V})$$

$$1 \leq t \leq 3\text{s}$$

$$u_c(t) = \frac{1}{500 \times 10^{-6}} \int_1^t (\xi - 2) \times 10^{-3} d\xi + u_c(1) = t^2 - 4t + 3(\text{V}); u_c(3) = 0(\text{V})$$

$$3 \leq t \leq 4\text{s}$$

$$u_c(t) = \frac{1}{500 \times 10^{-6}} \int_3^t 10^{-3} d\xi + u_c(3) = 2t - 6(\text{V}); u_c(4) = 2(\text{V})$$

$$t > 4\text{s}$$

$$u_c(t) = 2(\text{V})$$

写出 u_c 的表达式

$$u_c = \begin{cases} -t^2 + 1 & (\text{V}) & (0 < t \leq 1\text{s}) \\ t^2 - 4t + 3 & (\text{V}) & (1 \leq t \leq 3\text{s}) \\ 2t - 6 & (\text{V}) & (3 \leq t \leq 4\text{s}) \\ 2 & (\text{V}) & (t > 4\text{s}) \end{cases}$$

根据 u_c 表达式, 画出其波形, 如图 1-5 (c) 所示。

方法二: 设 S 表示曲线与横轴围成的面积, 根据电容元件的 VAR

$$u_c(t) = u_c(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i(\xi) d\xi$$

和 i_C 的波形可得

(1) $0 < t \leq 1\text{s}$: 因 i_C 是线性下降 (负斜率), 故 u_C 应为开口向下的抛物线 (即拱抛线), 且有

$$u_C(1) = u_C(0) + \frac{1}{C} \times S = 1 + \frac{1}{500 \times 10^{-6}} \times \frac{1}{2} \times 1 \times (-1) \times 10^{-3} = 0(\text{V})$$

(2) $1 \leq t \leq 3\text{s}$: 因 i_C 是线性上升 (正斜率), 故 u_C 应为开口向上的抛物线 (即凹抛线), 且有

$$u_C(3) = u_C(1) + \frac{1}{C} \times S = 0 + \frac{1}{500 \times 10^{-6}} \times \left[\frac{1}{2} \times 1 \times (-1) \times 10^{-3} + \frac{1}{2} \times 1 \times 1 \times 10^{-3} \right] = 0(\text{V})$$

(3) $3 \leq t \leq 4\text{s}$: 因 i_C 是正常数, 故 u_C 应为斜率为正的直线 (即线性上升), 且有

$$u_C(4) = u_C(3) + \frac{1}{C} \times S = 0 + \frac{1}{500 \times 10^{-6}} \times 1 \times 1 \times 10^{-3} = 2(\text{V})$$

(4) $t > 4\text{s}$: 因 $i_C = 0(\text{A})$, 围成面积为零, 则 u_C 应维持不变, 即 $u_C(t) = u_C(4) = 2(\text{V})$ 画出 u_C 波形, 如图 1-5 (c) 所示。

1-7 图 1-6 (a) 所示电路中, 已知 $R=1\Omega$, $L=1\text{H}$, $C=1\text{F}$, $u_C(0)=1\text{V}$ 。试根据 i 的波形, 如图 1-6 (b) 所示, 画出 u_R 、 u_L 和 u_C 的波形图。

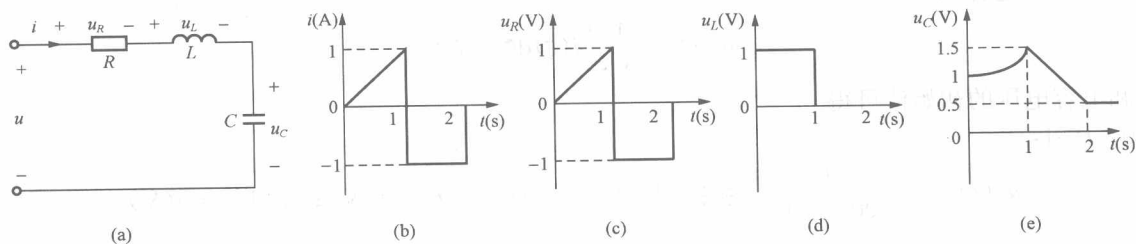


图 1-6 题 1-7 图

(a) 原电路; (b) i 的波形图; (c) u_R 的波形图; (d) u_L 的波形图; (e) u_C 的波形图

解 由图 1-6 (b) 写出 i 的表达式为

$$i = \begin{cases} t(\text{A}) & (0 < t < 1\text{s}) \\ -1(\text{A}) & (1 < t < 2\text{s}) \\ 0(\text{A}) & (t > 2\text{s}) \end{cases}$$

根据电阻元件的 VAR 可得

$$u_R = iR = \begin{cases} t(\text{V}) & (0 < t < 1\text{s}) \\ -1(\text{V}) & (1 < t < 2\text{s}) \\ 0(\text{V}) & (t > 2\text{s}) \end{cases}$$

由 u_R 的表达式, 可画出其波形, 如图 1-6 (c) 所示。

根据电感元件的 VAR 可得

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

由 u_L 的表达式, 可画出其波形, 如图 1-6 (d) 所示。

根据电容元件的 VAR

$$u_C(t) = u_C(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i(\xi) d\xi$$

和电容电压的初始值得

$$u_C = \begin{cases} \frac{1}{2}t^2 + 1(\text{V}) & (0 < t \leq 1\text{s}) \\ -t + 2.5(\text{V}) & (1 \leq t \leq 2\text{s}) \\ 0.5(\text{V}) & (t \geq 2\text{s}) \end{cases}$$

由 u_C 的表达式, 可画出其波形, 如图 1-6 (e) 所示。

1-8 求图 1-7 所示电路中, 各独立源产生的功率。

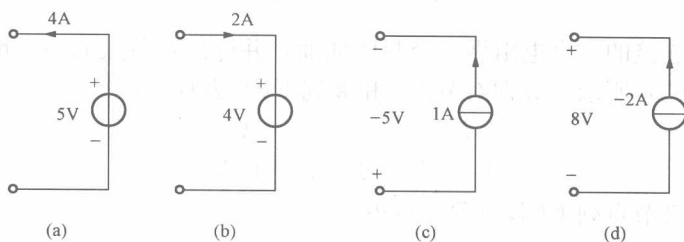


图 1-7 题 1-8 图

解 图 1-7 (a) 中, 电压源的电压和电流为非关联参考方向, 其功率可表示为

$$P = -UI = -5 \times 4 = -20(\text{W})$$

因为 $P < 0$, 所以该电压源产生 20W 的功率。

图 1-7 (b) 中, 电压源的电压和电流为关联参考方向, 其功率可表示为

$$P = UI = 4 \times 2 = 8(\text{W})$$

因为 $P > 0$, 所以该电压源吸收 8W 的功率。

图 1-7 (c) 中, 电流源的电压和电流为关联参考方向, 其功率可表示为

$$P = UI = -5 \times 1 = -5(\text{W})$$

因为 $P < 0$, 所以该电流源产生 5W 的功率。

图 1-7 (d) 中, 电流源的电压和电流为非关联参考方向, 其功率可表示为

$$P = -UI = -8 \times (-2) = 16(\text{W})$$

因为 $P > 0$, 所以该电流源吸收 16W 的功率。

1-9 图 1-8 所示电路中, 已知 $U_{ab} = 2\text{V}$, $U_{ad} = 4\text{V}$, $U_{bc} = 6\text{V}$, 求 U_{cd} 。

解 在回路 abcda 中应用 KVL, 可得

$$U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} + U_{da} = 0$$

$$U_{cd} = -U_{ab} - U_{bc} + U_{ad} = -2 - 6 + 4 = -4(\text{V})$$

“-”表示 c 点电位低, d 点电位高。

1-10 根据图 1-9 (a) 所示电路中的已知条件, 求 I_2 、 U_{ab} 和 U_{cd} 。(提示: 可对三角形连接的三个电阻做一

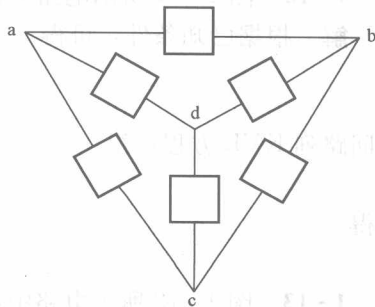


图 1-8 题 1-9 图

个封闭曲面，视为广义节点，求 I_2 ）

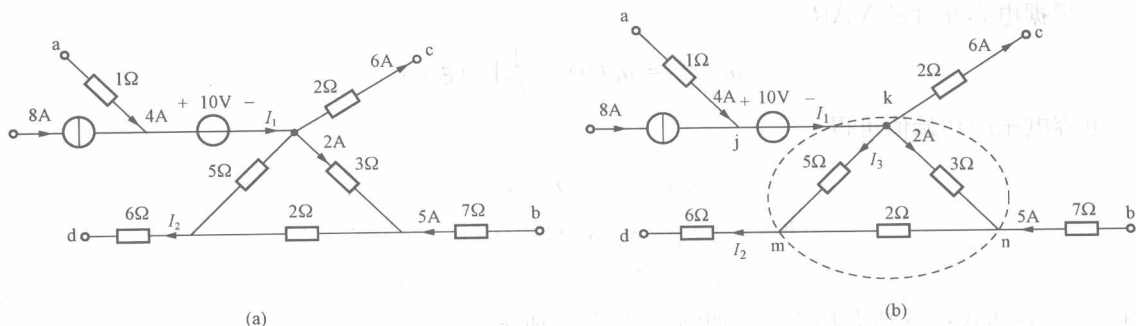


图 1-9 题 1-10 图

(a) 原电路；(b) 解题用电路

解 对三角形连接的三个电阻做一个封闭曲面，并标出各节点 j 、 k 、 m 和 n ，再设支路电流 I_3 如图 1-9 (b) 所示。分别对节点 j 和 k 列 KCL 方程，可得

$$I_1 = 8 + 4 = 12(\text{A})$$

$$I_3 = I_1 - 6 - 2 = 4(\text{A})$$

将封闭曲面视为广义节点列 KCL 方程，可得

$$I_2 = I_1 - 6 + 5 = 11(\text{A})$$

根据 KVL 可得

$$U_{ab} = U_{aj} + U_{jk} + U_{kn} + U_{nb} = 4 \times 1 + 10 + 2 \times 3 - 5 \times 7 = -15(\text{V})$$

$$U_{cd} = U_{ck} + U_{km} + U_{md} = -6 \times 2 + I_3 \times 5 + I_2 \times 6 = 74(\text{V})$$

1-11 写出图 1-10 所示电路中各条支路的伏安关系式。

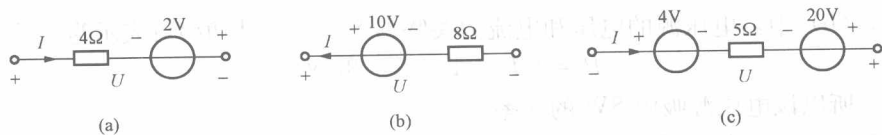


图 1-10 题 1-11 图

解 图 1-10 (a) 所示电路 VAR 为： $U = 4I - 2$ ；

图 1-10 (b) 所示电路 VAR 为： $U = 10 - 8I$ ；

图 1-10 (c) 所示电路 VAR 为： $U = -5I + 16$ 。

1-12 图 1-11 所示电路中，已知 50V 电压源产生 40W 的功率，求电路中的 I 和 U 。

解 根据已知条件，可得

$$I = \frac{40}{50} = 0.8(\text{A})$$

对回路列 KVL 方程，得

$$30I + U + 10 - 50 = 0$$

解得

$$U = 16(\text{V})$$

1-13 图 1-12 所示电路中，已知 $U_{S1} = 10\text{V}$ ， $I_{S2} = 3\text{A}$ ， $R_1 = 5\Omega$ ， $R_2 = 2\Omega$ ，求两个电源各自提供的功率。

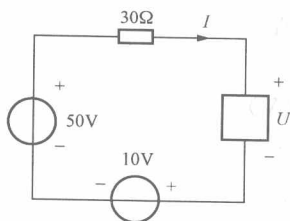


图 1-11 题 1-12 图

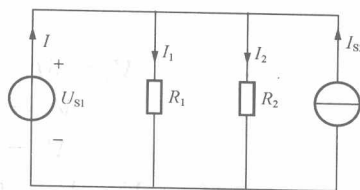


图 1-12 题 1-13 图

解 由欧姆定律可得

$$I_1 = \frac{U_{S1}}{R_1} = \frac{10}{5} = 2(\text{A})$$

$$I_2 = \frac{U_{S1}}{R_2} = \frac{10}{2} = 5(\text{A})$$

根据 KCL 可得

$$I = I_1 + I_2 - I_{S2} = 2 + 5 - 3 = 4(\text{A})$$

电压源 U_{S1} 提供的功率为

$$P_{S1} = U_{S1} I = 10 \times 4 = 40(\text{W})$$

电流源 I_{S2} 提供的功率为

$$P_{S2} = U_{S1} I_{S2} = 10 \times 3 = 30(\text{W})$$

1-14 求图 1-13 所示电路中负载吸收的功率。

解 欲求负载吸收的功率, 则需先求到负载的端电压 U_{ab} 和电流 I , 再求其功率。根据 KCL 可得

$$I = 3 + 2 = 5(\text{A})$$

根据 KVL 可得

$$U_{ab} = -20 - 2I - 10 \times 2 + 60 = 10(\text{V})$$

负载吸收的功率为

$$P = U_{ab} I = 10 \times 5 = 50(\text{W})$$

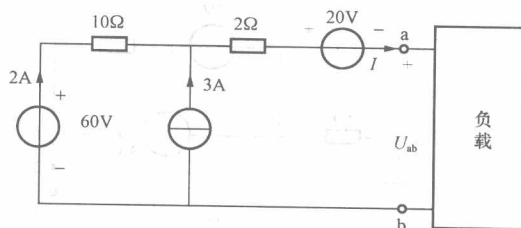


图 1-13 题 1-14 图

1-15 图 1-14 (a) 所示电路中, 分别以 b 和 c 点作为参考点, 求 a、c 和 d 三点的电位 V_a 、 V_b 和 V_d 以及两点间的电位差 U_{ac} 、 U_{ad} 和 U_{cd} 。

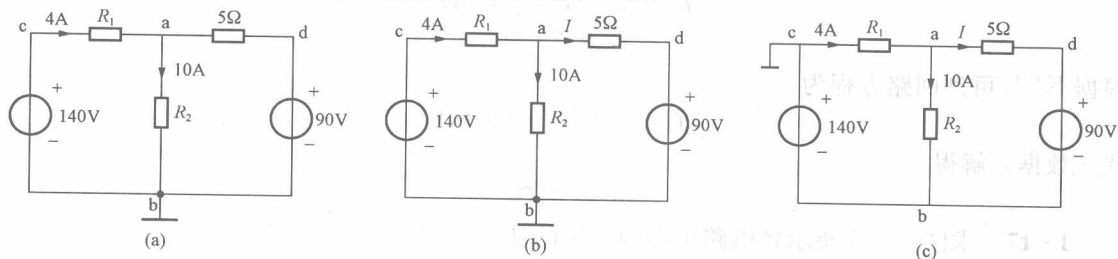


图 1-14 题 1-15 图

(a) 原电路; (b) 标出 I 的电路; (c) 以节点 c 为参考点的电路

解 (1) 以节点 b 为参考点, 即令 $V_b = 0$, 设支路 ad 电流为 I , 如图 1-14 (b) 所示, 根据 KCL 可得