

高校经典教材同步辅导丛书
配套高教版·邱关源主编

九章丛书

电路

第五版

同步辅导及习题全解

主 编 郭维林 边文思

- 知识点窍
- 逻辑推理
- 习题全解
- 全真考题
- 名师执笔
- 题型归类



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

新版

高校经典教材同步辅导丛书

电路（第五版）同步辅导 及习题全解

主 编 郭维林 边文思

编 委（排名不分先后）

程丽园	李国哲	陈有志	苏昭平
郑利伟	罗彦辉	邢艳伟	范家畅
孙立群	李云龙	刘 岩	崔永君
高泽全	于克夫	尹泉生	林国栋
黄 河	李思琦	刘 闯	侯朝阳



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是为了配合高等教育出版社出版的、邱关源等主编的《电路(第五版)》的教材而编写的辅导用书。

本书对教材中各章的重点、难点作了较深刻的分析,并对各章的课后习题及思考题做了全面的解析。对应于教材,本书共有18章,分别介绍了电阻电路的等效变换、电阻电路的一般分析、电路定理、含有运算放大器的电阻电路、一阶电路、电路模型和电路定律、相量法、三相电路、非正弦周期电流电路和信号的频谱、拉普拉斯变换、网络函数、电路方程的矩阵形式、二端口网络、非线性电路、均匀传输线等内容。

本书可作为高等院校通信及电子信息专业学生的专业课辅导教材,也可作为考研学生的复习用书。

图书在版编目(CIP)数据

电路(第五版)同步辅导及习题全解 / 郭维林, 边文思主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2009

(高校经典教材同步辅导丛书)

ISBN 978-7-5084-5980-6

I. 电… II. ①郭… ②边… III. 电路理论—高等学校—
教学参考资料 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 161791 号

书 名	高校经典教材同步辅导丛书 电路(第五版)同步辅导及习题全解
作 者	主编 郭维林 边文思
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68367658(营销中心)、82562819(万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市梦宇印务有限公司
规 格	170mm×227mm 16开本 19.25印张 440千字
版 次	2009年3月第1版 2009年3月第1次印刷
印 数	0001—6000册
定 价	19.50元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

· 版权所有·侵权必究

前言

随着现代电工、电子科学技术的迅速发展,电路作为电类各专业开设的一门非常重要的专业基础课,其在基础理论和实际应用方面起到的作用日益突出。为了适应电子与电气信息类专业人才的培养方案和教学内容体系的改革以及高等教育迅速发展的形势,高等教育出版社于1999年出版的邱关源主编的《电路(第四版)》教材由罗先觉修订为第五版。本书正是配合修订后的《电路(第五版)》教材而编写的辅导书。本辅导书根据《电路(第五版)》教材中每一章的内容,结合课程教学大纲和研究生入学考试要求,编写内容有以下几个方面:

知识点归纳 对每章知识点做了简练概括,梳理各知识点之间的脉络联系,突出各章主要定理及重要公式,使读者在各章的学习过程中目标明确,有的放矢。

习题解答 依照教材各章节的顺序,对每章的课后习题进行了详细的解答。概念清晰,步骤完整,数据准确,附图齐全。

本书结合教材中的重点、难点对各章的课后习题及思考题做了全面的解析,重点突出,思路清晰,既可作为高等院校通信及电子信息专业学生的专业课辅导教材,也可作为考研学生的复习用书,帮助其理顺教材大脉络。

本书在编写过程中,参考了邱关源编著、罗先觉修订的《电路(第五版)》一书,并借鉴了书中部分插图,在此深表感谢。

由于编者水平有限及编写时间仓促,不妥之处在所难免,希望广大读者不吝批评、指正。

编者

2009年2月

目 录

前言

第 1 章 电路模型和电路定律	1
知识点归纳	1
习题解答	4
第 2 章 电阻电路的等效变换	15
知识点归纳	15
习题解答	18
第 3 章 电阻电路的一般分析	31
知识点归纳	31
习题解答	34
第 4 章 电路定理	49
知识点归纳	49
习题解答	52
第 5 章 含有运算放大器的电阻电路	73
知识点归纳	73
习题解答	74
第 6 章 储能元件	79
知识点归纳	79
习题解答	79
第 7 章 一阶电路和二阶电路的时域分析	84
知识点归纳	84
习题解答	92
第 8 章 相量法	125
知识点归纳	125
习题解答	129
第 9 章 正弦稳态电路的分析	138
知识点归纳	138

习题解答	142
第 10 章 含有耦合电感的电路	160
知识点归纳	160
习题解答	164
第 11 章 电路的频率响应	177
知识点归纳	177
习题解答	178
第 12 章 三相电路	190
知识点归纳	190
习题解答	193
第 13 章 非正弦周期电流电路和信号的频谱	204
知识点归纳	204
习题解答	207
第 14 章 线性动态电路的复频域分析	216
知识点归纳	216
习题解答	219
第 15 章 电路方程的矩阵形式	251
知识点归纳	251
习题解答	255
第 16 章 二端口网络	267
知识点归纳	267
习题解答	271
第 17 章 非线性电路	284
知识点归纳	284
习题解答	285
第 18 章 均匀传输线	294
知识点归纳	294
习题解答	298

第 1 章 电路模型和电路定律

知识点归纳

1.1.1 电路与电路模型

1. 电路

将电气设备和电器元件根据功能要求按一定方式连接起来而构成的集合体,称为电路。或者简单地说,电流流通的路径称为电路。

2. 实际电路

把各种实际的电路元件连接而成的电路称为实际电路。

3. 理想电路与电路模型

把各种理想的电路元件连接而成的电路称为理想电路,理想电路也称为电路模型。电路理论中研究的电路都是理想电路,即电路模型。

1.1.2 电流和电压的参考方向

1. 电流

(1)定义:电荷的定向移动形成电流。

(2)电流的大小(即电流强度):单位时间内通过导体横截面的电量,用字母 i 表示,即 $i = \frac{dq}{dt}$ 。

i 的单位为安(A)。

(3)电流的实际方向:规定正电荷定向移动的方向为电流的实际方向(即负电荷定向移动的反方向为电流的实际方向)。

(4)电流的参考方向:电路中电流的实际方向在人们对电路进行分析计算之前是未知的,因此,为了对电路进行分析计算和列写电路方程,就需要对电流设定一个参考方向。若所求得的 $i > 0$,就说明电流的实际方向与参考方向相同;若所求得的 $i < 0$,就说明电流的实际方向与参考方向相反。

2. 电位与电压

(1)电位的定义:电场力把 1 库仑的正电荷从电场中的 a 点沿任意路径移动到无穷远处(该处的电场强度为零)所做的功,称为电场中 a 点的电位。

(2)电压的定义:电场中 a, b 两点的电位之差称为 a, b 两点之间的电压,用 u_{ab} 表示,单位为伏(V)。

(3)电压的实际“+”、“-”极性:把实际电位高的点标为“+”极,把实际电位低的点标为“-”极。

(4)电压的参考“+”、“-”极性:简称参考极性。电路中电压的实际“+”、“-”极性在对电路

进行分析计算之前是未知的,因此,为了对电路进行分析计算和列写电路方程,就需要对电压设定一个参考“+”、“-”极性。

3. 电流与电压的关联参考方向

对于一个确定的电路元件或支路而言,若电流的参考方向是从电压参考极性的“+”流向“-”,则称电流与电压为关联参考方向,简称关联方向,否则即为非关联方向。如图 1.1 所示电路,对电路 A 而言, u 与 i 就为非关联方向;对电路 B 而言, u 与 i 就为关联方向。

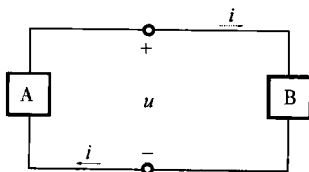


图 1.1

1.1.3 电路与电路模型

1. 电功率的计算

当指定了参考方向后,一个元件(或一段电路)的电功率用下式计算: $p = \pm ui$

2. 能量

能量也是代数量,它和功率之间是微分的关系,即

$$p = \frac{dW}{dt}, W = \int_{t_0}^t p(\xi) d\xi$$

需注意能量和功率的单位不同,不要混淆。

1.1.4 电路元件

1. 电路元件的分类

电路元件共有四类:线性时不变元件、线性时变元件、非线性时不变元件、非线性时变元件。例如线性时变元件的定义式满足关系式 $y = K(t)x$, 比例系数 K 是时间的函数,则元件的特性曲线是一条通过原点的直线,且直线在坐标系中的位置随时间不断变化。

2. 无源元件和有源元件

若元件在任何时刻从外部吸收的能量满足关系式

$$W = \int_{-\infty}^t p(\xi) d\xi = \int_{-\infty}^t u(\xi)i(\xi) d\xi \geq 0$$

则称之为无源元件,否则为有源元件。

3. 耗能元件和非耗能元件

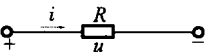
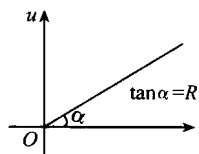
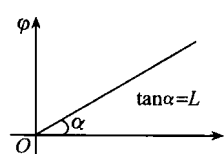
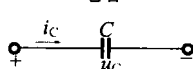
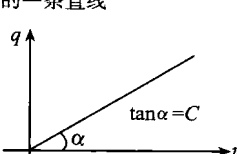
若元件在电路中总是从外部吸收能量,即对任意 t , 有 $p = ui > 0$

则称之为耗能元件,式中 u, i 取关联正向。

4. 线性电路元件及其伏安特性

理想的线性电路元件及伏安特性如表 1.1 所示。

表 1.1

线性电路元件	定义	伏安特性
电阻 	u 和 i 的关系为 $u-i$ 上的一条直线 	$u = Ri$ (欧姆定律) $i = \frac{u}{R}$
电感 	磁链和电流关系为 $\varphi-i$ 平面上的一条直线 	$u_L = L \frac{di_L}{dt}$ $i_L = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u_L(\xi) d\xi$
电容 	电荷和电压关系为 $q-u$ 平面上的一条直线 	$i_C = C \frac{du_C}{dt}$ $u_C = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i_C(\xi) d\xi$

1.1.5 基尔霍夫定律

基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律列于表 1.2 中。

表 1.2

定律名称	基尔霍夫电流定律(KCL)	基尔霍夫电压定律(KVL)
数学描述	$\sum i(t) = 0$	$\sum u(t) = 0$
物理实质	电荷守恒定律或电流连续性原理在集中参数电路中任一节点(包括广义节点)处的具体反映	能量守恒定理或电位单值性在集中参数电路中任一回路(包括广义回路)中的具体反映
数学本质	用常系数线性齐次代数方程对集中参数电路中汇合到任一节点(包括广义节点)的各支路电流建立线性约束关系,其中的常系数为 0、-1、1	通过常系数线性齐次代数方程在集中参数电路任一回路的各支路电压间建立起线性约束关系,其中的常系数为 0、-1、1

续表

定律名称	基尔霍夫电流定律(KCL)	基尔霍夫电压定律(KVL)
定理描述	对于集中参数电路中的任何一个节点,在任一时刻,流出(或流入)该节点的各支路电流的代数和恒等于零	在集中参数电路中的任何一个回路中,在任一时刻,沿着该回路任一指定参考方向的各支路电压的代数和恒等于零
适用范围	在任一时刻 t 对任何集中参数电路中的任一节点均适用,并可推广用于广义节点(虚拟的闭合面)	在任一时刻 t 对任何集中参数电路中的任一回路均适用,并可推广用于广义回路(不全由支路构成的虚拟回路)

习题解答

1.1 说明题图 1.1(a)、(b) 中:

(1) u 、 i 的参考方向是否关联?

(2) ui 乘积表示什么功率?

(3) 如果在图(a)中 $u > 0, i < 0$; 图(b)中 $u > 0, i > 0$, 元件实际发出还是吸收功率?



题图 1.1

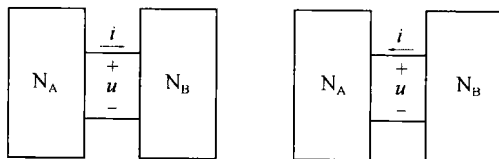
【知识点窍】 电压和电流的参考方向关联的定义: 当流过元件的电流的参考方向是从所标的电压正极性指向负极性, 即电流参考方向与元件两端电压降落方向一致, 则二者关系为 $P(t) = u(t) \cdot i(t)$ 。当 $P > 0$ 时, 元件实际释放电能, 即发出功率。

【解题过程】 (1) (a) 图中 u 、 i 的参考方向是关联的; (b) 图中 u 、 i 的参考方向是非关联的。

(2) (a) 图中的 ui 表示元件吸收的功率; (b) 图中的 ui 表示元件发出的功率。

(3) (a) 图中, 若 $u > 0, i < 0$, 则 $p = ui < 0$, 表示元件吸收了负功率, 实际发出功率; (b) 图中, 当 $u > 0, i > 0$, 则 $p = ui > 0$, 表示元件实际吸收功率。

1.2 在题图 1.2 图(a)与(b)中, 试问对于 N_A 与 N_B , u 、 i 的参考方向是否关联? 此时乘积 ui 对 N_A 与 N_B 分别意味着什么功率?



题图 1.2

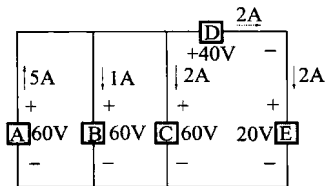
【解题过程】 图(a) 对于 N_A, u, i 的参考方向是非关联的, 乘积 ui 对 N_A 意味着发出功率。

对于 N_B, u, i 的参考方向是关联的, 乘积 ui 对 N_B 意味着吸收功率。

图(b): 对于 N_A, u, i 的参考方向是关联的, 乘积 ui 对 N_A 意味着吸收功率。

对于 N_B, u, i 的参考方向是非关联的, 乘积 ui 对 N_B 意味着发出功率。

1.3 求解电路以后, 校核所得结果的方法之一是核对电路中所有元件的功率平衡, 即元件发出的总功率应等于其他元件吸收的总功率。试校核题图 1.3 中电路所得解答是否正确。



题图 1.3

【知识点窍】 功率平衡: $p_E = \sum p_i$, 其中 p_E 为电源输出功率, $\sum p_i$ 为所有回路元件上消耗的功率之和。元件消耗功率的有效值: $p = u \cdot i$ 。

【解题过程】 由图可知, 元件 A 的电压、电流为非关联参考方向, 其余元件的电压、电流均为关联参考方向。所以各元件的功率分别为:

$$p_A = 60 \times 5 = 300 \text{ W} > 0, \text{ 为发出功率}$$

$$p_B = 60 \times 1 = 60 \text{ W} > 0, \text{ 为吸收功率}$$

$$p_C = 60 \times 2 = 120 \text{ W} > 0, \text{ 为吸收功率}$$

$$p_D = 40 \times 2 = 80 \text{ W} > 0, \text{ 为吸收功率}$$

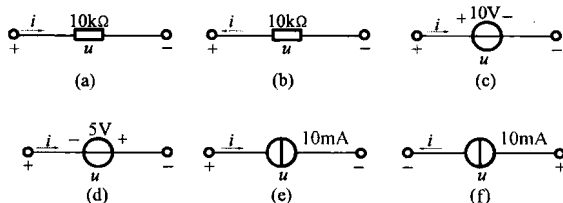
$$p_E = 20 \times 2 = 40 \text{ W} > 0, \text{ 为吸收功率}$$

故电路吸收的总功率为

$$p_A = p_B + p_C + p_D + p_E = 60 + 120 + 80 + 40 = 300 \text{ W}$$

即 元件 A 发出的总功率等于其余元件吸收的总功率, 满足功率平衡。

1.4 在指定的电压 u 和电流 i 参考方向下, 写出题图 1.4 所示各元件的 u 和 i 的约束方程(即 VCR)。



题图 1.4

【逻辑推理】 电阻为线性元件; 电感、电容可由相应公式得到, 但必须注意各元件的 u 和 i 关联与否。

【解题过程】 (a) 图为电阻元件, 由欧姆定律有 $u(t) = Ri(t)$, 此处 u, i 参考方向关联, 故有:

$$u(t) = Ri(t) \quad u = Ri = 10^4 \text{ V}$$

注 上式说明电阻是无记忆元件,即电流与电压同时存在,同时消失。

(b) 图为电感元件,由电感上电流电压关系知: $u(t) = Ri(t)$,此处 u, i 的参考方向非关联,故有:

$$u(t) = -Ri(t) \quad u = -Ri = -10V$$

(c) 图中,理想电压源与外部电路无关, u, i 关联参考方向,故有

$$u = 10V$$

(d) 图中,理想电压源与外部电路无关, u, i 关联参考方向,故有

$$u = -5V$$

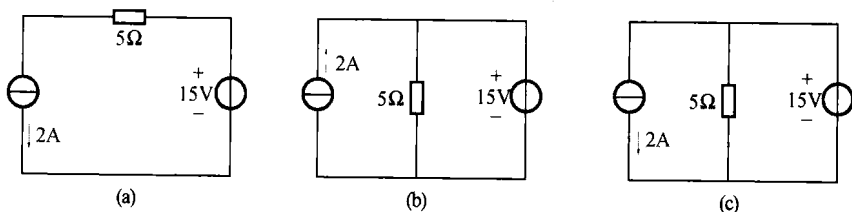
(e) 图中,理想电流源与外部电路无关, u, i 为关联参考方向,故有

$$i = 10 \times 10^{-3} A$$

(f) 图中,理想电流源且与外部电路无关, u, i 为关联参考方向,故有

$$i = -10 \times 10^{-3} A$$

1.5 试求题图 1.5 中各电路中电压源、电流源及电阻的功率(须说明是吸收还是发出)。



题图 1.5

【解题过程】 图(a)中,

$$I = 2A$$

电阻消耗功率: $P_R = I^2 R = 2^2 \times 5W = 20W, U_R = IR = 2 \times 5V = 10V$

电流源消耗功率: $P_1 = U_1 I = (U_S - U_R) I = (15 - 10) \times 2W = 10W$

电压源发出功率: $P_U = U_S I = 15 \times 2W = 30W$

图(b)中,

$$I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{U_S}{R} = \frac{15}{5} A = 3A, U_S = U_R = U_1, I_U = I_R - I_S = 3A - 2A = 1A$$

电阻消耗功率: $P_R = I_R^2 R = 3^2 \times 5W = 45W$

电流源发出功率: $P_1 = I_S U_1 = 2 \times 15W = 30W$

电压源发出功率: $P_U = I_U U_S = 1 \times 15W = 15W$

图(c)中,

$$U_S = U_R = U_1 = 15V, I_S = 2A, I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{15}{5} A = 3A, I_U = I_S + I_R = 2 + 3 = 5A$$

电阻消耗功率: $P_R = I_R^2 R = 3^2 \times 5W = 45W$

电流源吸收功率: $P_1 = I_S U_1 = 2 \times 15W = 30W$

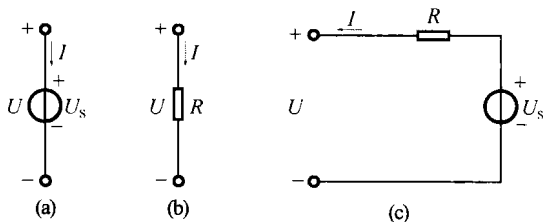
电压源发出功率: $P_U = I_U U_S = 5 \times 15W = 75W$

1.6 以电压 U 为纵轴, 电流 I 为横轴, 取适当的电压、电流标尺, 在同一坐标上画出以下元件及支路的电压、电流关系(仅画第一象限)。

(1) $U_s = 10\text{V}$ 的电压源, 如题图 1.6(a) 所示;

(2) $R = 5\Omega$ 线性电阻, 如题图 1.6(b) 所示;

(3) U_s 、 R 的串联组合, 如题图 1.6(c) 所示。



题图 1.6

【解题过程】 (1) 图(a) 中, 理想电压源的电压恒定: $U = U_s = 10\text{V}$ 。

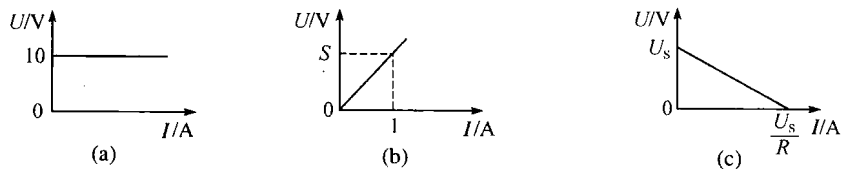
电压、电流关系如题图 1.7(a) 所示。

(2) 图(b) 中, 电压、电流满足线性关系: $U = IR = 5I$ 。

电压、电流关系如题图 1.7(b) 所示。

(3) 图(c) 中, 电压、电流满足以下关系: $U_s = IR + U$ 即 $U = -IR + U_s$ 。

电压、电流关系如题图 1.7(c) 所示。



题图 1.7

1.7 题图 1.8 中各元件的电流 I 均为 2A 。

(1) 求各图中支路电压;

(2) 求各图中电源、电阻及支路的功率, 并讨论功率平衡关系。

【解题过程】 (1) $U_a = IR + U_s = 2 \times 2 + 12 = 16\text{V}$

$$U_b = -IR + U_s = -2 \times 2 + 12 = 8\text{V}$$

$$U_c = IR - U_s = 2 \times 2 - 12 = -8\text{V}$$

$$U_d = -IR - U_s = -2 \times 2 - 12 = -16\text{V}$$

(2) (a) 电阻消耗功率:

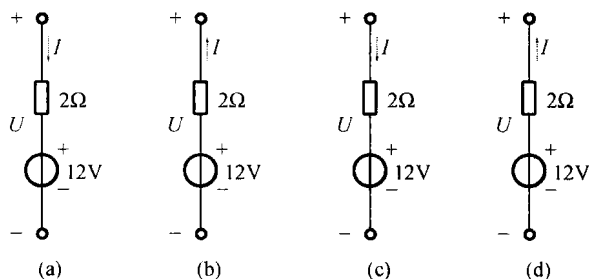
$$P_R = I^2 R = 2^2 \times 2 = 8\text{W}$$

电源消耗功率:

$$P_s = U_s I = 12 \times 2 = 24\text{W}$$

支路消耗功率:

$$P = U_a I = 16 \times 2 = 32\text{W}$$



题图 1.8

因为 $P_R + P_S = P$, 所以功率平衡。

(b) 电阻消耗功率:

$$P_R = I^2 R = 8\text{W}$$

电源发出功率:

$$P = U_S I = 24\text{W}$$

支路发出功率:

$$P_S = U_b I = 8 \times 2 = 16\text{W}$$

因为 $P_R + P_S = P$, 所以功率平衡。

(c) 电阻消耗功率:

$$P_R = I^2 R = 8\text{W}$$

电源发生功率:

$$P_S = I U_S = 2 \times 12 = 24\text{W}$$

支路消耗功率:

$$P = U_C I = 8 \times 2 = 16\text{W}$$

因为 $P_S - P_R = P$, 所以功率平衡。

(d) 电阻消耗功率:

$$P_R = I^2 R = 8\text{W}$$

电源吸收功率:

$$P_S = U_S I = 12 \times 2 = 24\text{W}$$

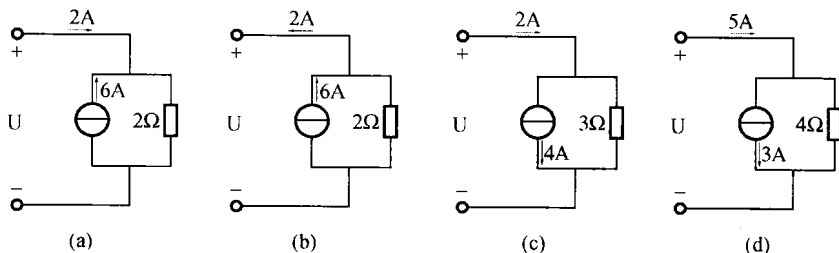
支路消耗功率:

$$P = -U_d I = -(-16) \times 2 = 32\text{W}$$

因为 $P_R + P_S = P$, 所以功率平衡。

注 功率平衡关系的意义在于, 支路的功率等于支路内部各元件功率的代数和。

1.8 试求题图 1.9 中各电路的电压 U , 并分别讨论其功率平衡关系。



题图 1.9

【逻辑推理】 应用 KCL 先计算电阻电流 I_R , 再根据欧姆定律计算电阻电压, 从而得出端电压 U , 最后计算功率。

【解题过程】 题图 1.9(a) 中 $I_R = 2 + 6 = 8\text{A}$

$$U = U_R = 2 \times I_R = 2 \times 8 = 16\text{V}$$

所以输入电路的功率为 $P = U \times 2 = 16 \times 2 = 32\text{W}$
 电流源发出功率 $P_1 = 6 \times U = 6 \times 16 = 96\text{W}$
 电阻消耗功率 $P_R = 2 \times I_R^2 = 2 \times 8^2 = 128\text{W}$
 显然 $P + P_1 = P_R$, 即输入电路的功率和电源发出的功率都被电阻消耗了。

题图 1.9(b) 中 $I_R = 6 - 2 = 4\text{A}$
 $U = U_R = 2 \times I_R = 2 \times 4 = 8\text{V}$

所以输入电路的功率为 $P = U \times 2 = 8 \times 2 = 16\text{W}$
 电流源发出功率 $P_1 = 6 \times U = 6 \times 8 = 48\text{W}$
 电阻消耗功率 $P_R = 2 \times I_R^2 = 2 \times 4^2 = 32\text{W}$
 显然仍满足 $P = P_1 - P_R$

实际上电源发出的功率被电阻消耗了 32W , 还有 16W 输送给了外电路。

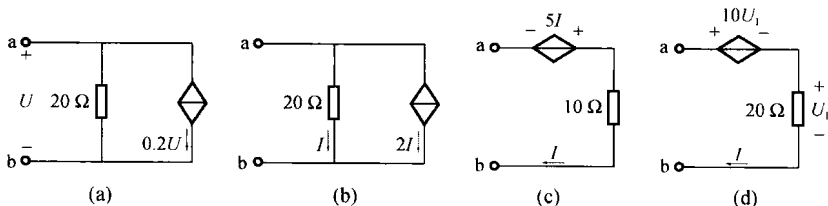
题图 1.9(c) 中 $I_R = 2 - 4 = -2\text{A}$
 $U = U_R = 3 \times I_R = 3 \times (-2) = -6\text{V}$

所以输入电路的功率为 $P = U \times 2 = -6 \times 2 = -12\text{W}$
 电流源发出功率 $P_1 = 4 \times -6 = -24\text{W}$
 电阻消耗功率 $P_R = 3 \times I_R^2 = 3 \times (-2)^2 = 12\text{W}$
 显然仍满足 $P = P_1 - P_R$

题图 1.9(d) 中 $I_R = 5 - 3 = 2\text{A}$
 $U = U_R = 4 \times I_R = 4 \times 2 = 8\text{V}$

所以输入电路的功率为 $P = U \times 5 = 8 \times 5 = 40\text{W}$
 电流源发出功率 $P_1 = 3 \times U = 3 \times 8 = 24\text{W}$
 电阻消耗功率 $P_R = 4 \times I_R^2 = 4 \times (-2)^2 = 16\text{W}$
 显然仍满足 $P = P_1 + P_R$

1.9 题图 1.10 中各受控源是否可视为电阻? 并求各图中 a、b 端点的等效电阻。



题图 1.10

【解题过程】 (a) 受控源可看作电阻, 由 $U = (I - 0.2U) \cdot 20$ 得 $5U = 20I$

$\therefore$ 等效电阻 $R_{ab} = \frac{U}{I} = 4\Omega$

(b) 受控源可看作电阻, 由 $U_{ab} = IR = 20I, I_{ab} = I + 2I = 3I$

$\therefore$ 等效电阻 $R_{ab} = \frac{U_{ab}}{I_{ab}} = \frac{20}{3} = 6.67\Omega$

(c) 受控源可看作电阻, 由 $U_{ab} = -5I + IR = -5I + 10I = 5I, I_{ab} = I$

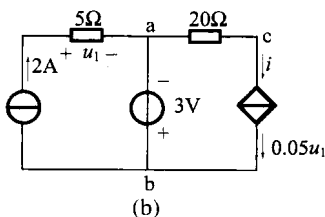
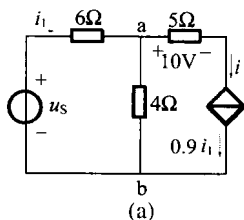
$$\therefore \text{等效电阻 } R_{ab} = \frac{U_{ab}}{I_{ab}} = 5\Omega$$

(d) 受控源可看作电阻, 由 $U_{ab} = 10U_1 + U_1 = 11U_1, U_1 = IR = 20I$

$$\text{得 } U_{ab} = 11 \times 20I = 220I \quad I_{ab} = I$$

$$\therefore \text{等效电阻 } R_{ab} = \frac{U_{ab}}{I_{ab}} = 220\Omega$$

1.10 电路如题图 1.11 所示, 试求: (1) 图(a) 中, i_1 与 u_{ab} ; (2) 图(b) 中, u_{cb} 。



题图 1.11

【逻辑推理】 利用 KCL 定律可以求得 i_2 , 从而求出 i_1 、 u_{ab} 以及 u_{cb} , 由于本题含受控源电路, 因此须注意受控源的 u 、 i 控制关系并据此列出方程。

【解题过程】 (a) 受控电流源的电流为 $0.9i_1 = i = \frac{10}{5} = 2\text{A}$

所以

$$i_1 = \frac{2}{0.9} \approx 2.222\text{A}$$

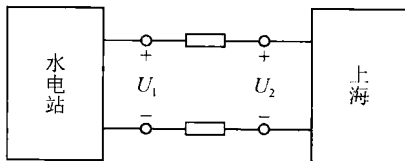
$$u_{ab} = 4 \times i_{ab} = 4 \times (i_1 - 0.9i_1) = 4 \times 0.1 \times \frac{20}{9} \approx 0.899\text{V}$$

(b) 因为 $u_1 = 2 \times 5 = 10\text{V}$, 故受控电流源的电流为

$$i = 0.05u_1 = 0.05 \times 10 = 0.5\text{A}$$

$$U_{cb} = U_{ca} + U_{ab} = -13\text{V}$$

1.11 我国自葛洲坝水电站至上海的高压直流输电线示意图如题图 1.12 所示。输电线每根对地耐压为 500 kV, 导线容许电流为 1 kA。每根导线电阻为 27Ω (全长 1 088 km)。试问当首端线间电压 U_1 为 1000 kV 时, 可传输多少功率到上海? 传输效率是多少?



题图 1.12

【逻辑推理】 高压输电的基本知识, 传输效率的概念。

【解题过程】 由 $u_1 = 1000\text{ kV}$ 得 $U_2 = U_1 - 2IR = 1000\text{ kV} - 2 \times 1 \times 27\text{ kV} = 946\text{ kV}$

$$\therefore \text{可传输的功率: } P = U_2 I = 946\text{ kV} \times 1\text{ kA} = 94.6\text{ 万 kW}$$

$$\text{传输效率: } \eta = \frac{u_2 I}{u_1 I} = \frac{u_2}{u_1} \times 100\% = \frac{94.6 \text{ kV}}{1000 \text{ kV}} = 94.6\%$$

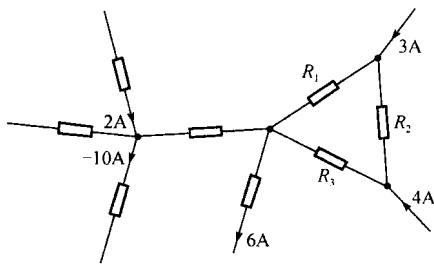
1.12 对题图 1.13 所示电路,若:(1) R_1, R_2, R_3 不定; (2) $R_1 = R_2 = R_3$ 。

在以上两种情况下,尽可能多地确定各电阻中的未知电流。

【知识点窍】 KCL, 广义 KCL, KVL。

【逻辑推理】 (1) 对如题图 1.14 所示的闭合面和点 A 列 KCL 方程,可解得 i_4, i_5 ; (2) 对右边回路和点 B、C 分别列 KVL 和 KCL 方程,可求得 i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 。

【解题过程】 设定各电阻中未知电流的参考方向如图所示。



题图 1.13

(1) 若 R_1, R_2, R_3 值不定则 i_1, i_2, i_3 不能确定。

对题图 1.13 中所示闭合面列 KCL 方程,根据流进的电流等于流出的电流有 $i_4 = 3 + 4 - 6 = 1\text{A}$

对 A 点列 KCL 方程,可以解得 $i_5 = i_4 + 2 - (-10) = 1 + 2 + 10 = 13\text{A}$

(2) 若 $R_1 = R_2 = R_3$,对右边回路和 B、C 结点列 KVL 和 KCL 方程,有

$$\begin{cases} R_1 i_1 + R_2 i_2 + R_3 i_3 = 0 \\ i_1 = 3 + i_2 \\ i_2 = i_3 + 4 \end{cases}$$

$$\text{代入 } R_1 = R_2 = R_3, \text{整理方程组,得} \begin{cases} i_1 + i_2 + i_3 = 0 \\ i_1 - i_2 = 3 \\ i_2 - i_3 = 4 \end{cases}$$

应用行列式法解上列方程组

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & -1 \end{vmatrix} = 3 \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 3 & -1 & 0 \\ 4 & 1 & -1 \end{vmatrix} = 10$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 3 & 0 \\ 0 & 4 & -1 \end{vmatrix} = 1 \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 3 \\ 0 & 1 & 4 \end{vmatrix} = -11$$

$$\text{得 } i_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{10}{3}\text{A}, i_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{1}{3}\text{A}, i_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = -\frac{11}{3}\text{A}$$

i_4, i_5 的结果同(1),即 $i_4 = 1\text{A}, i_5 = 13\text{A}$

1.13 在题图 1.14 所示电路中,已知 $u_{12} = 2\text{V}, u_{23} = 3\text{V}, u_{25} = 5\text{V}, u_{37} = 3\text{V}, u_{67} = 1\text{V}$,尽可能多地确定其他各元件的电压。

【逻辑推理】 尽可能多地找到图中的闭合回路并利用 KVL 求出各元件的电压。

【解题过程】 已知 $u_b = u_{12} = 2\text{V}, u_d = u_{23} = 3\text{V}, u_c = u_{25} = 5\text{V}, u_j = u_{67} = 1\text{V}$,选取回路列 KVL 方程。