

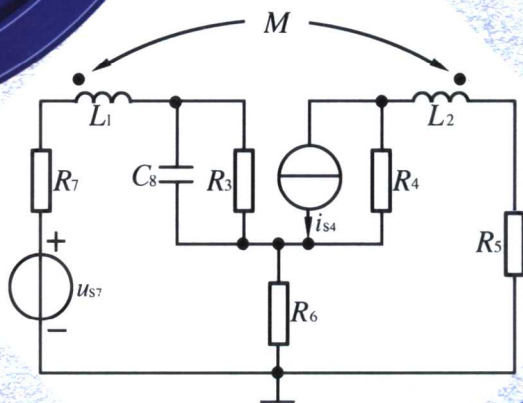


电路

考研指导与真题解析

(第2版)

陈 燕 主编
刘补生 罗先觉 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

TM1/11=5A2

2007

· 西安交大考研 ·

电 路

考研指导与真题解析

(第2版)

陈 燕 主编
刘补生 罗先觉 编著

西安交通大学出版社

内容提要

本书以教育部制订的“高等工科院校电路、电路分析课程基本要求”为依据,内容与邱关源教授主编的《电路》(第四、第五版)同步,同时参阅了国内出版的电路、电路分析最新教材,并大量收集、研究了各院校近年的电路、电路分析课程考研试题后编写而成。本书从应试出发,全面总结、归纳了电路课程的基本内容、基本概念、重点、难点、各种分析和计算方法,以及这些概念和方法在解题中的应用。全书分十五章,每一章包括知识要点和典型题解析两大块,给出了基本概念、解题思路和解题方法;在相关内容之后还有阶段测试题和参考答案。全书最后给出了2000~2003年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试电路试题和参考答案,以及2004~2007年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试电路试题详细分析和解答。

本书可作为报考相关专业硕士研究生的主要复习参考书,也可作为在校大学生学习电路课程的辅导教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

《电路》考研指导与真题解析/陈燕主编;刘补生,罗先觉编著. —2版. —西安:西安交通大学出版社,2007.7
ISBN 978-7-5605-2482-5

I. 电… II. ①陈…②刘…③罗… III. 电路-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(2007)第 088915 号

书 名	电路考研指导与真题解析(第2版)
主 编	陈 燕
编 著	刘补生 罗先觉
出版发行	西安交通大学出版社
地 址	西安市兴庆南路10号(邮编:710049)
电 话	(029)82668357 82667874(发行部) (029)82668315 82669096(总编办)
印 刷	陕西丰源印务有限公司
字 数	409千字
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	17
版 次	2007年7月第2版 2007年7月第1次印刷
书 号	ISBN 978-7-5605-2482-5/TM·69
定 价	27.00元

版权所有 侵权必究

前 言

随着我国经济建设的快速发展和高等教育改革的逐步深入,社会对高素质专业人材的需要更加迫切。时代赋予了我们更多的机遇,同时也向我们提出了新的挑战。大批即将毕业的大学生和已在科研、教学、生产第一线工作数年的工程技术人员及青年教职工将继续学业深造,把攻读硕士学位研究生作为新的追求。为了满足报考相关专业硕士研究生人员进行系统复习的需要,也为在校大学生学习电路时能有一本系统的学习指导书,我们在本书第一版的基础上,对内容进行了全面修订和调整,以全新的面貌奉献给大家。

本书以教育部制订的“高等工科院校电路、电路分析课程基本要求”为依据,内容与邱关源教授主编的《电路》(第四、第五版)同步,同时兼顾国内其他统编教材及其他重点院校的优秀教材。作者在大量收集、研究了各院校近年的电路、电路分析课程考研试题后,积多年教学和考研辅导之经验,从应试出发,归纳了电路课程的基本内容、基本概念、重点、难点、各种分析和计算方法,以及这些概念和方法在解题中的应用。

全书分为两大部分,第一部分为“基础知识及典型题解析”,第二部分为“2000~2007年西安交大考研试题、答案、详解”。

第一部分按电路模型和电路定律、电阻电路的一般分析、正弦稳态电路、三相电路、电路方程的矩阵形式和状态方程、二端口网络等十五章编写,每章内容包括知识要点和典型题解析两大块。知识要点部分尽可能简明扼要,以便读者在较短的时间内掌握最基本的概念;典型题的选取既注重基本要求,又注意典型与新颖的相互渗透。在典型题解析过程中,有分析、有总结,便于读者循序渐进,提高解决综合问题的能力,并进一步达到得心应手、融会贯通的境界。在相关内容之后有阶段测试题和答案,用于读者自我检测。

第二部分给出了2000~2003年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试试题和答案,以及2004~2007年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试试题详细分析和解答。目的是用来检验读者自身综合应用基本概念和应试的能力。

我们希望读者在使用本书时,对书中的例题详解和考研真题详解先不要看解题过程,而是自己动手来解这些题,解完题后再对照书中解题过程,这样有利于发现自己的错误,并能更深刻地体会我们的解题思路 and 技巧,有利于读者运用综合知识能力和应试能力的提高,真正达到我们编写本书的目的。

本书由西安交通大学陈燕、刘补生、罗先觉共同编写,由陈燕统稿。在编写过程中得到了西安交通大学电工电子教学实验中心主任马西奎教授的大力支持,电工原理教研室全体同仁给予了极大的帮助和关注,在此一并表示真诚的谢意。

本书虽是编者竭力之作,但由于水平有限,书中若有错误和疏漏,敬请读者批评指正。

编 者

2007年5月

目 录

第一部分 基础知识及典型题解析

第1章 电路模型和电路定律

- 1.1 知识要点 (1)
- 1.2 典型题解析 (3)

第2章 电阻电路的等效变换

- 2.1 知识要点 (8)
- 2.2 典型题解析 (9)

第3章 电阻电路的一般分析

- 3.1 知识要点 (16)
- 3.2 典型题解析 (16)

第4章 电路定理

- 4.1 知识要点 (24)
- 4.2 典型题解析 (25)

第5章 含有运算放大器的电阻电路

- 5.1 知识要点 (43)
- 5.2 典型题解析 (44)

阶段测试题(一) (53)

阶段测试题(一)答案 (59)

第6章 一阶电路和二阶电路的时域分析

- 6.1 知识要点 (60)
- 6.2 典型题解析 (62)

阶段测试题(二) (79)

阶段测试题(二)答案 (81)

第7章 正弦稳态电路

- 7.1 知识要点 (82)
- 7.2 典型题解析 (91)

第8章 含有耦合电感的电路

- 8.1 知识要点 (104)

8.2 典型题解析	(109)
第9章 三相电路	
9.1 知识要点	(117)
9.2 典型题解析	(120)
第10章 非正弦周期电流电路和信号的频谱	
10.1 知识要点	(127)
10.2 典型题解析	(129)
阶段测试题(三)	(134)
阶段测试题(三)答案	(136)
第11章 拉普拉斯变换	
11.1 知识要点	(137)
11.2 典型题解析	(139)
第12章 网络函数	
12.1 知识要点	(147)
12.2 典型题解析	(148)
阶段测试题(四)	(157)
阶段测试题(四)答案	(157)
第13章 电路方程的矩阵形式和状态方程	
13.1 知识要点	(159)
13.2 典型题解析	(164)
阶段测试题(五)	(173)
阶段测试题(五)答案	(175)
第14章 二端口网络	
14.1 知识要点	(177)
14.2 典型题解析	(181)
阶段测试题(六)	(190)
阶段测试题(六)答案	(193)
第15章 非线性电路	
15.1 知识要点	(194)
15.2 典型题解析	(197)
阶段测试题(七)	(202)
阶段测试题(七)答案	(203)

第二部分 2000~2007 年西安交大考研试题、答案、详解

2000 年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试试题、答案	(204)
2001 年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试试题、答案	(207)
2002 年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试试题、答案	(210)
2003 年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试试题、答案	(213)
2004 年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试试题、详解	(217)
2005 年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试试题、详解	(227)
2006 年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试试题、详解	(240)
2007 年西安交通大学攻读硕士学位研究生入学考试试题、详解	(251)

参考文献

第一部分 基础知识及典型题解析

第 1 章 电路模型和电路定律

1.1 知识要点

1. 电路

实际电路是由电路器件和电路部件相互连接而成的电流通路装置。主要功能有两方面,其一是进行能量的传输、分配与转换;其二是实现信息的传递与处理。

2. 电路模型

实际的电路器件、部件虽然种类繁多,但在电磁性质方面却有许多共同的地方,因此,为了进一步研究实际电路的特性和功能,通常将实际电路器件用理想化的电路元件等效表示。我们把理想电路元件称为实际电路器件的模型,主要有电阻、电感、电容、电压源、电流源等。由理想电路元件或其组合模拟实际电路器件建立的模型称为电路模型,通常电路分析都是针对电路模型进行的。

3. 电路分析的基本变量及参考方向

电压 u 、电流 i 是电路分析的基本变量,功率和能量在电路分析中也十分重要。在直流电路中,电压、电流和功率分别用大写字母 U 、 I 、 P 表示。

一个电路,特别是复杂电路,有时很难判断电压和电流的真实方向。为了计算方便,事先假设一个方向,这个人为假设的方向称为参考方向。按照参考方向对电路进行分析和计算,计算结果若为正值,表示参考方向与实际方向相同,若为负值,表示参考方向与实际方向相反。如果电流的参考方向与电压的参考方向一致,称为关联参考方向,当两者不一致时,则称为非关联参考方向。

4. 电路元件的电压、电流关系

(1) 耗能元件电阻 R

在电压、电流关联参考方向下,线性电阻元件两端电压 u_R 与通过它的电流 i_R 的关系满足欧姆定律,表示为

$$u_R = Ri_R \quad \text{或} \quad i_R = Gu_R$$

其中 $R = \frac{1}{G}$, 电阻 R 的单位为欧姆(Ω), 电导 G 的单位为西门子(S)。

电阻的功率

$$p_R = u_R i_R > 0$$

(2) 储能元件电容 C 、电感 L (在电路第四版中的 § 1-6、§ 1-7, 在电路第五版中的 § 6-1, § 6-2)

在电压、电流关联参考方向下, 线性电容元件 C 两端的电压 u_C 与电流 i_C 的关系为

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

或

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

交换能量的功率为

$$p_C = u_C i_C$$

储存的电场能量为

$$W_C = \frac{1}{2} C u_C^2$$

在电压、电流关联参考方向下, 线性电感元件 L 两端的电压 u_L 与通过它的电流 i_L 的关系为

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

或

$$i_L = i_L(0) + \frac{1}{L} \int_0^t u_L(\xi) d\xi$$

交换能量的功率为

$$p_L = u_L i_L$$

储存的磁场能量为

$$W_L = \frac{1}{2} L i_L^2$$

(3) 独立电源元件

理想电压源 u_s : 电压源的端电压 $u(t) = u_s(t)$, $u_s(t)$ 为给定的时间函数, 与通过它的电流无关。通过电压源的电流大小由外电路决定。

理想电流源 i_s : 电流源发出的电流 $i(t) = i_s(t)$, $i_s(t)$ 为给定的时间函数, 与电流源端电压无关。电流源的端电压由外电路决定。

(4) 受控电源

受控电源是一种双口元件, 又称非独立电源。受控源的电压或受控源的电流受电路中某部分的电压或电流控制。有四种受控源, 分别是:

电压控制电压源 (VCVS) $u = \mu u_1$

电压控制电流源 (VCCS) $i = g u_1$

电流控制电压源 (CCVS) $u = r i_1$

电流控制电流源 (CCCS) $i = \beta i_1$

其中 u_1, i_1 为控制量, u, i 为被控制量, μ, g, r, β 为控制系数。这些系数为常数时, 受控源

为线性受控源。

5. 基尔霍夫定律

电路中每个元件两端的电压与其电流必须满足的关系称为元件的组成关系或电压电流关系,简称 VCR 约束。元件相互连接给支路电流之间和支路电压之间带来的约束关系,有时称为“拓朴”约束,这类约束由基尔霍夫定律体现。

(1) 基尔霍夫电流定律(KCL)

在集总电路中,任何时刻,对任一结点,所有流出结点的支路电流的代数和恒等于零。若流出结点的电流前面取“+”号,流入结点的电流前面取“-”号,则对任一结点有

$$\sum i = 0$$

(2) 基尔霍夫电压定律(KVL)

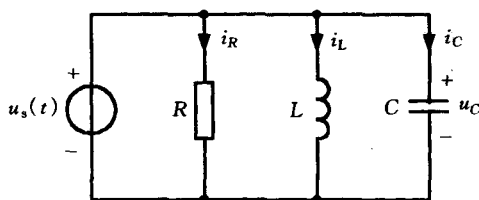
在集总电路中,任何时刻,沿任一回路,所有支路电压的代数和恒等于零。指定回路绕行方向,凡支路电压的参考方向与回路的绕行方向一致者,该电压前面取“+”号,支路电压参考方向与回路绕行方向相反者取“-”号,则对任一回路有

$$\sum u = 0$$

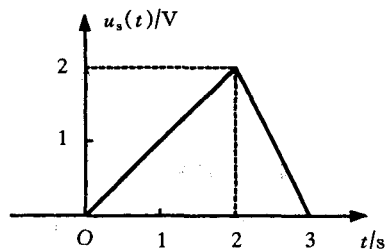
1.2 典型题解析

例 1.1 例 1.1 题图(a)中,已知电源 $u_s(t)$ 的波形如例 1.1 题图(b),电阻 $R=2\ \Omega$, $L=0.5\ \text{H}$, $C=1\ \text{F}$, $u_C(0)=0$, $i(0)=0$,求:

- (1) 电流 i_R 、 i_L 、 i_C ,并画出它们的波形。
- (2) $t=1\ \text{s}$ 时,各元件的功率和能量。



(a)



(b)

例 1.1 题图

解 (1) 根据已知 $u_s(t)$ 的波形写出其函数表达式为

$$u_s(t) = \begin{cases} 0\ \text{V} & t < 0 \\ t\ \text{V} & 0 \leq t < 2\ \text{s} \\ 2(3-t)\ \text{V} & 2 \leq t < 3\ \text{s} \\ 0\ \text{V} & t \geq 3\ \text{s} \end{cases}$$

根据电阻元件的电压、电流关系有

$$u_R = Ri_R$$

$$i_R = \frac{u_R}{R} = \frac{u_s(t)}{R}$$

将 $R=2\ \Omega$ 代入上式,有

$$i_R = \begin{cases} 0\text{ A} & t < 0 \\ \frac{t}{2}\text{ A} & 0 \leq t < 2\text{ s} \\ 3-t\text{ A} & 2 \leq t < 3\text{ s} \\ 0\text{ A} & t \geq 3\text{ s} \end{cases}$$

根据电感元件的 VCR 有

$$u_L = L \frac{di_L}{dt} \quad \text{而} \quad u_L = u_s(t)$$

$$i_L = i_L(0) + \frac{1}{L} \int_0^t u(\xi) d\xi$$

将 $L=0.5\text{ H}$ 代入上式,求上述积分有

$$i_L = \begin{cases} 0\text{ A} & t < 0 \\ t^2\text{ A} & 0 \leq t < 2\text{ s} \quad \text{且} \quad i(2) = 4\text{ A} \\ -2t^2 + 12t - 12\text{ A} & 2 \leq t < 3\text{ s} \quad \text{且} \quad i(3) = 6\text{ A} \\ 6\text{ A} & t \geq 3\text{ s} \end{cases}$$

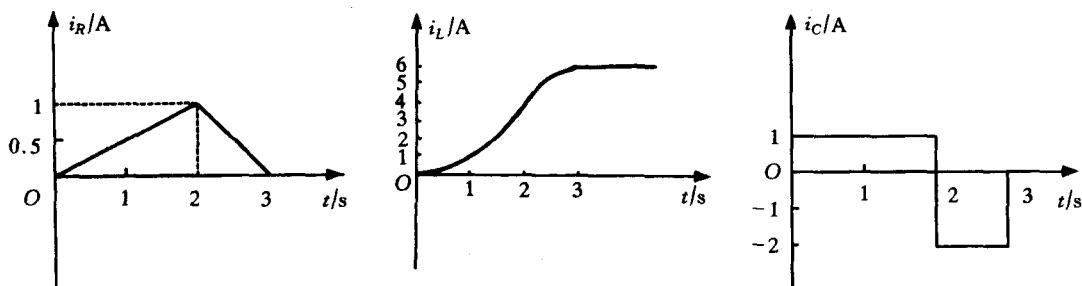
根据电容元件的 VCR 有

$$i_C = C \frac{du_C}{dt} \quad \text{而} \quad u_C = u_s(t)$$

将 $C=1\text{ F}$ 代入上式,有

$$i_C = \begin{cases} 0\text{ A} & t < 0 \\ 1\text{ A} & 0 \leq t < 2\text{ s} \\ -2\text{ A} & 2 \leq t < 3\text{ s} \\ 0\text{ A} & t \geq 3\text{ s} \end{cases}$$

它们的波形如例 1.1 解图所示。



例 1.1 解图

(2) $t=1\text{ s}$ 时

$$p_R = u_R(1)i_R(1) = 1 \times 0.5 = 0.5\text{ W}$$

$$p_L = u_L(1)i_L(1) = 1 \times 1 = 1 \text{ W}$$

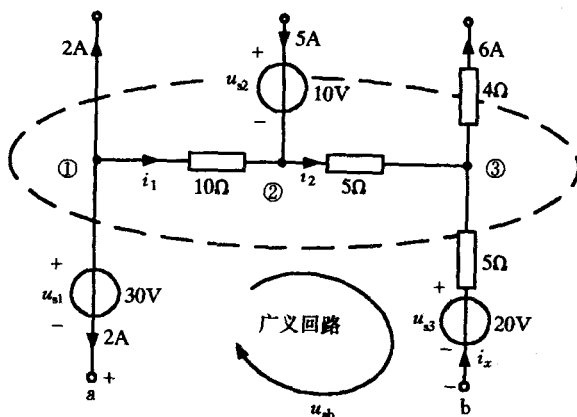
$$p_C = u_C(1)i_C(1) = 1 \times 1 = 1 \text{ W}$$

$$W_R = i_R^2(1) \times R = 0.5^2 \times 2 = 0.5 \text{ J}$$

$$W_L = \frac{1}{2} L i_L^2(1) = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 1 = 0.25 \text{ J}$$

$$W_C = \frac{1}{2} C u_C^2(1) = \frac{1}{2} \times 1 \times 1 = 0.5 \text{ J}$$

例 1.2 例 1.2 题图为某电路中的一部分,试确定其中的 i_x 、 u_{ab} 。



例 1.2 题图

解 求 i_x 。根据 KCL,可按下列步骤求得

对结点① $i_1 = -(2+2) = -4 \text{ A}$

对结点② $i_2 = i_1 + 5 = -4 + 5 = 1 \text{ A}$

对结点③ $i_x = 6 - i_2 = 6 - 1 = 5 \text{ A}$

如果取广义结点如图中虚线所示,则根据 KCL 可直接求得

$$i_x = 2 + 2 + 6 - 5 = 5 \text{ A}$$

求 u_{ab} 时可以设想 a、b 两点间有一条虚拟的支路,该支路两端的电压为 u_{ab} 。这样由结点 a 经过结点①、②、③到结点 b 就构成了一个闭合回路,如图中所示,这个回路有时称为广义回路,对广义回路应用 KVL,可得

$$-u_{s1} + 10i_1 + 5i_2 - 5i_x + u_{s3} - u_{ab} = 0$$

$$u_{ab} = -30 + 10 \times (-4) + 5 \times (1) - 5 \times 5 + 20 = -70 \text{ V}$$

例 1.3 例 1.3 题图所示为某电路的部分电路,求电流 I 、电压 U 、电阻 R 。

解 取广义结点如例 1.3 解图中虚线所示,根据 KCL 得

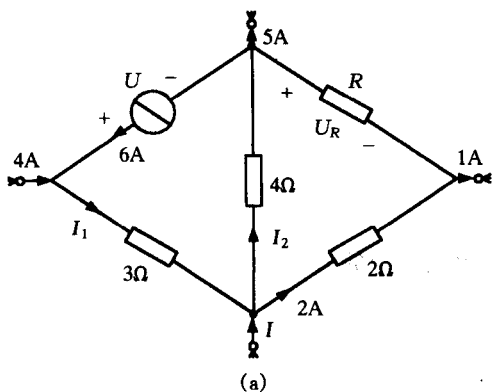
$$I = 5 + 1 - 4 = 2 \text{ A}$$

设电流 I_1 、 I_2 、 I_R 方向如图示

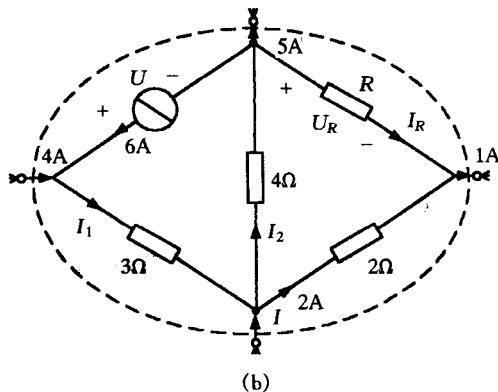
则

$$I_1 = 4 + 6 = 10 \text{ A}$$

$$I_2 = I_1 + I - 2 = 10 + 2 - 2 = 10 \text{ A}$$



例 1.3 题图



例 1.3 解图

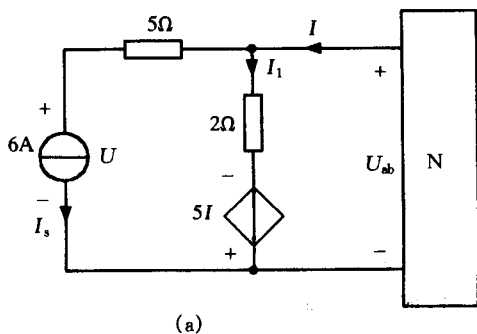
$$I_R = 1 - 2 = -1 \text{ A}$$

$$U_R = -4 \times I_2 + 2 \times 2 = -4 \times 10 + 4 = -36 \text{ V}$$

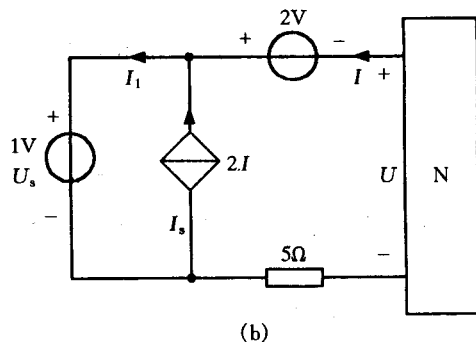
$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{-36}{-1} = 36 \Omega$$

$$U = 3 \times I_1 + 4 \times I_2 = 3 \times 10 + 4 \times 10 = 70 \text{ V}$$

例 1.4 电路如例 1.4 题图所示, (1) 已知在例 1.4 题图(a)中电流 $I = 1 \text{ A}$, 求电压 U_{ab} , 电源 I_s 的功率。(2) 在例 1.4 题图(b)中, 电压 $U = 4 \text{ V}$, 求电流 I 、电压源 U_s 的功率。



(a)



(b)

例 1.4 题图

解 (1) 在图(a)中设 2Ω 与 $5I$ 电压源串联支路的电流为 I_1

$$I_1 = I - I_s = 1 - 6 = -5 \text{ A}$$

$$U_{ab} = 2 \times I_1 - 5I = 2 \times (-5) - 5 = -15 \text{ V}$$

设电流源 I_s 两端电压为 U

$$U = -5I_s + U_{ab} = -5 \times 6 + (-15) = -45 \text{ V}$$

电流源 I_s 的功率

$$P = UI_s = (-45) \times 6 = -270 \text{ W} < 0$$

电流源的电流、电压为关联方向, 乘积小于零, 所以电流源发出功率 270 W 。

(2) 在图(b)中已知 $U=4\text{ V}$

$$U = -2 + 1 + 5 \times I$$

$$I = 1\text{ A}$$

设电压源的电流为 I_1

$$I_1 = 2I + I = 3I = 3 \times 1 = 3\text{ A}$$

电压源 U_s 的功率

$$P = U_s I_1 = 1 \times 3 = 3\text{ W} > 0$$

为吸收功率。

第 2 章 电阻电路的等效变换

2.1 知识要点

1. 电路等效变换的概念

图 2.1 中 N_1 和 N_2 是两个内部结构和参数均不相同的一端电路,在保持端口上 $u-i$ 关系不变的条件下,把电路 N_1 变换为 N_2 ,或者把 N_2 变换为 N_1 ,即称为电路的等效变换。 N_1 和 N_2 对端口 $u-i$ 关系而言互为等效电路,但应注意 N_1 和 N_2 的内部不一定等效。

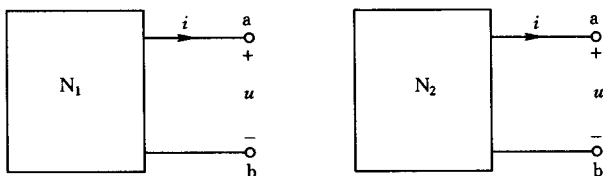


图 2.1

2. 无源电阻网络的等效变换

对于无源电阻网络,可以通过电阻串联、并联或是星形联接与三角形联接的等效变换求出其等效电阻。如果是桥形电路,可判断电路参数是否满足电桥平衡条件从而简化电路的分析和计算;如果电路是对称网络,可判断电路的等电位点,如找出了等电位点,可将等电位点连接从而使复杂网络化为串并联电阻计算。

3. 理想电压源、电流源的串联和并联

n 个理想电压源串联,可以用一个理想电压源等效替代,即

$$u_s = u_{s1} + u_{s2} + \cdots + u_{sn} = \sum_{k=1}^n u_{sk}$$

只有电压相等且极性一致的电压源才允许并联,否则违背 KVL。

n 个理想电流源并联,可以用一个理想电流源等效替代,即

$$i_s = i_{s1} + i_{s2} + \cdots + i_{sn} = \sum_{k=1}^n i_{sk}$$

只有电流相等且方向一致的电流源才允许串联,否则违背 KCL。

4. 实际电源的两种模型及其等效变换

实际电压源可用理想电压源 u_s 和电阻 R 串联组合的电路模型描述,如图 2.2(a)所示。

实际电流源可用理想电流源 i_s 和电导 G 并联组合的电路模型描述,如图 2.2(b)所示。

在保证端子 1-1' 外部电压、电流和功率相同的条件下,实际电压源与实际电流源可以进

行等效变换, 即 $G = \frac{1}{R}$, $i_s = Gu_s$.

同理, 受控电压源与电阻的串联组合, 受控电流源与电导的并联组合也可以用上述方法进行变换。

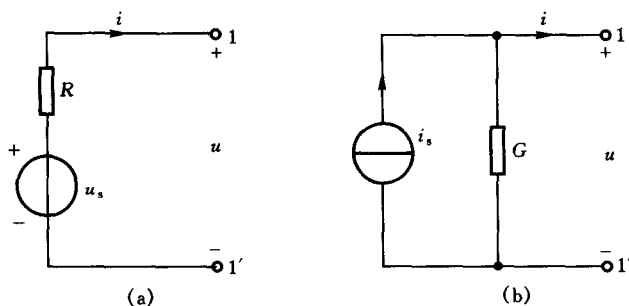


图 2.2

5. 输入电阻

输入电阻是指不含独立源的一端口网络的端口电压 u 与端口电流 i 的比值, 即 $R_{in} = \frac{u}{i}$ 。

端口的输入电阻与端口的等效电阻是相等的。从概念上说, 等效电阻是用来代替此输入电阻的, 一端口的等效电阻可以通过计算输入电阻求得。

求输入电阻的方法一般采用外施电源法或称电压-电流法, 即在端口加以电压源 u_s , 然后求出端口电流 i , 或在端口加以电流源 i_s , 然后求端口电压 u , 则输入电阻 $R_{in} = \frac{u_s}{i}$ 或 $R_{in} = \frac{u}{i_s}$ 。

2.2 典型题解析

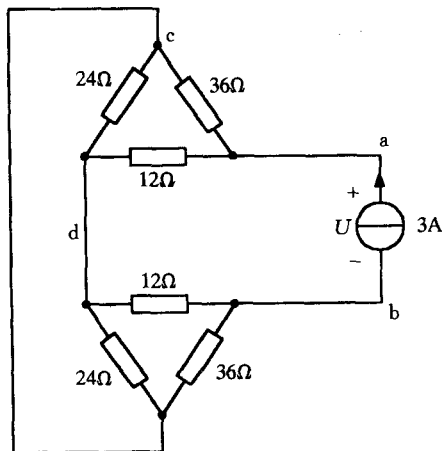
例 2.1 求例 2.1 题图所示电路中的电压 U 。

解 为求出电流源两端的电压, 应求电流源左侧的等效电阻 R_{ab} 。在进行电阻的等效变换过程中, 相应结点上的电阻有串、并联关系的, 用串、并联公式求出其等效电阻, 而未进行等效变换的电阻还必须联在该结点上, 不能在变换过程中将其丢失。观察已知电路图, 两个 $24\ \Omega$ 电阻一端连在结点 d 上, 另一端通过短接线连在结点 c 上, 所以是并联关系, 等效电阻为 $12\ \Omega$, 电路变形为例 2.1 解图 (a)。再将 Y 形联接的 3 个 $12\ \Omega$ 电阻变成 Δ 形联接, 其中 $R_\Delta = 3R_Y = 3 \times 12 = 36\ \Omega$, 得到例 2.1 解图 (b), 再应用串并联等效变换, 得

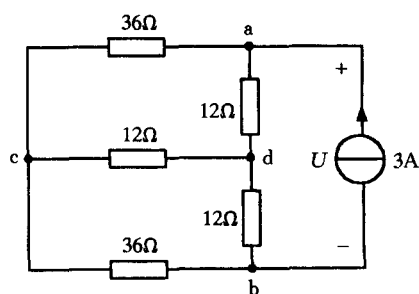
$$R_{ab} = 18\ \Omega$$

电流源两端电压

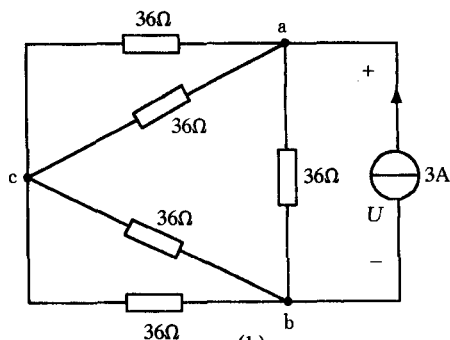
$$U = 18 \times 3 = 54\ \text{V}$$



例 2.1 题图



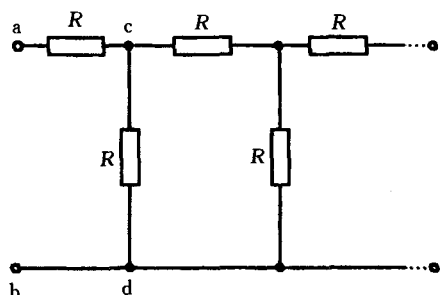
(a)



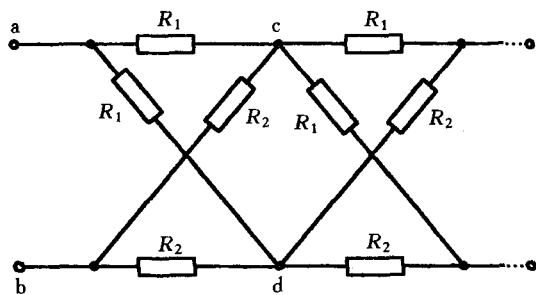
(b)

例 2.1 解图

例 2.2 例 2.2 题图(a)所示电路中,电阻 R 相同,均为 1Ω 。例 2.2 题图(b)所示电路中电阻 $R_1=1\Omega$, $R_2=2\Omega$ 。试分别求端口 ab 的等效电阻 R_{ab} 。



(a)

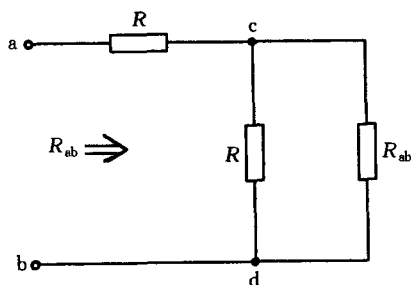


(b)

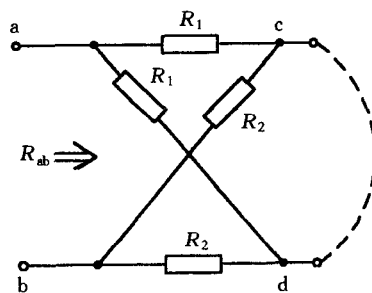
例 2.2 题图

解 对于例 2.2 题图(a)所示电路,由于是无限长链形网络,所以从首端 ab 看进去的等效电阻为 R_{ab} ,首端去掉一个链形环节从 cd 看进去的等效电阻 R_{cd} 仍和 R_{ab} 相等,电路等效为例 2.2 解图(a),有

$$R_{ab} = R + \frac{RR_{ab}}{R + R_{ab}}$$



(a)



(b)

例 2.2 解图

代入 $R=1\Omega$, 解得