

电路题型解析与 考研辅导

孙玉琴 主编



NEUPRESS
东北大学出版社

94

T/M13
S/8

电路题型解析与考研辅导

孙玉琴 主编

东北大学出版社

内 容 简 介

为帮助学生深入学习《电路》课程,为满足电类硕士研究生入学考试的需要,针对学生做题往往不知如何分析或解题方法不当等问题,编者在多年教学经验的基础上编写了本书。

全书共分五章,每章均侧重于对习题类型的归纳和分析,每种类型题的分析思路、计算方法和步骤,以及解题中应该注意的问题。习题量大,覆盖面宽。

本书可作为大专院校电类专业学生学习指导和考研参考书,以及电路教师授课的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

电路题型解析与考研辅导/孙玉琴主编. —沈阳:东北大学出版社,2001.10
ISBN 7-81054-665-1

I . 电… II . 孙… III . 电路-高等学校-教学参考资料 IV . TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 071718 号

©东北大学出版社出版

(沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 邮政编码 110004)

电话:(024)23890881(社务室) (024)23892538(传 真)

83687331(发行部) 83687332(出版部)

网址:<http://www.neupress.com> E-mail:neuph@neupress.com

沈阳农业大学印刷厂印刷

东北大学出版社发行

开本:787mm×1092mm 1/16 字数:456 千字 印张:18.25

印数:1~3000 册

2001 年 9 月第 1 版

2001 年 9 月第 1 次印刷

责任编辑:刘淑芳

责任校对:米 戎

封面设计:唐敏智

责任出版:杨华宁

定价:28.00 元

前 言

《电路》(或《电工理论基础》等课程)是电类专业一门很重要的技术基础课。这门课程所讲述的基本概念、基本定理、定律和各种分析方法,对学习电类其他课程也是必要的理论基础。能否做到对习题的分析方法得当、计算准确、灵活是学好这门课程关键的一环。为帮助在校学生学好本门课程,进一步提高分析能力和计算能力,为配合电类硕士研究生的入学考试,特编写了本书。

本书共分五章:直流电路;正弦稳态电路;线性电路的时域分析;线性电路的复频域分析和其他。每章内容主要从如下几个方面加以叙述:

1. 基本理论与基本要求

简单明了地对课堂教学中每部分理论知识加以归纳和总结,使读者能用较短的时间回顾、掌握有关内容。

2. 重点及难点

重点是本课程中必须掌握、后续课程中经常用到的内容,抓住重点以使读者明确每章的学习方向和目标;理解、解决难点有助于掌握重点。

3. 题型归纳及分析

首先对每章习题类型进行分类、归纳,然后选取典型例题,对各种类型题的解题方法、分析思路、计算步骤及各类问题在计算中应注意的问题进行了精辟的阐述,使读者学后能做到遇题分析思路明确,解题方法正确、得当。

4. 习题分析及解答

在编者和编者所在教研室多年教学经验基础上,借鉴兄弟院校有关教材,精选了大量习题,并一一做了分析求解。其中包括概念性很强的典型题,融会了多种解题方法和技巧的各类习题,使读者能通过举一反三,达到熟能生巧的程度。

编者力图本书能给读者的学习和考研助一臂之力。

参加编写本书的有孙玉琴教授、吴建华副教授、王安娜副教授、李华副教授、陈宪章副教授,孙玉琴主编。

本书在编写过程中得到了殷洪义教授的大力支持,并审阅了全书。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,请读者及同行给予批评指正。

作 者

2001年5月

目 录

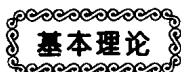
第一章 直流电路	1
第一节 概 述.....	1
一、基本理论与基本要求.....	1
二、重点及难点.....	2
第二节 题型归纳及分析.....	3
第三节 习题分析与解答	18
第二章 正弦稳态电路	45
第一节 正弦稳态电路的分析与计算	45
一、基本理论与基本要求	45
二、重点及难点	47
三、题型归纳及分析	47
第二节 三相电路	54
一、基本理论与基本要求	54
二、重点及难点	55
三、题型归纳及分析	55
第三节 互感与谐振	58
一、基本理论与基本要求	58
二、重点及难点	60
三、题型归纳及分析	60
第四节 周期非正弦电流电路	65
一、基本理论与基本要求	65
二、重点及难点	66
三、题型归纳及分析	67
第五节 习题分析与解答	71
第三章 线性动态电路的时域分析	144
第一节 概 述.....	144
一、基本理论与基本要求.....	144
二、重点及难点.....	147
第二节 题型归纳及分析.....	147
第三节 习题分析与解答.....	156

第四章 线性动态网络复频域分析法	182
第一节 概 述	182
一、基本理论与基本要求	182
二、重点及难点	185
第二节 题型归纳及分析	185
第三节 习题分析与解答	189
第五章 其 他	217
第一节 双口网络	217
一、基本理论与基本要求	217
二、重点及难点	220
三、题型归纳及分析	221
四、习题分析与解答	228
第二节 非线性电阻电路	251
一、基本理论与基本要求	251
二、重点及难点	252
三、题型归纳及分析	252
四、习题分析与解答	257
第三节 均匀传输线	271
一、基本理论与基本要求	271
二、重点及难点	273
三、题型归纳及分析	273
四、习题分析与解答	277
参考文献	285

第一章 直流电路

第一节 概述

一、基本理论与基本要求



(1) 电压、电流、功率等为电路的基本物理量,读者自然已了解,但这里要强调的是,在有些情况下,电压或电流的实际方向很难判断,故引出参考方向概念:为分析电路,先任选某方向为电流参考方向、电压参考方向(或参考极性),而电流或电压的实际方向要由参考方向和其值的正、负一起判断。没有参考方向,计算结果则没有意义。另外,还应由电路元件电流、电压参考方向及功率的正负来确定该元件是吸收还是发出功率。实际上,对一个二端元件或二端网络,其电压、电流实际方向相同时,为吸收功率,二者实际方向相反时为发出功率。

(2) 在电路分析中,为研究方便,常把一个实际电路用它的电路模型来代替。组成电路模型的元件,都是能反映实际电路中元件主要物理特征的理想元件。本章涉及的主要理想元件为:无源元件——电阻;有源元件——电压源和电流源。

电阻元件的电压电流参考方向如图 1-1(a)所示时,其伏安关系满足欧姆定律,即

$$U = RI$$

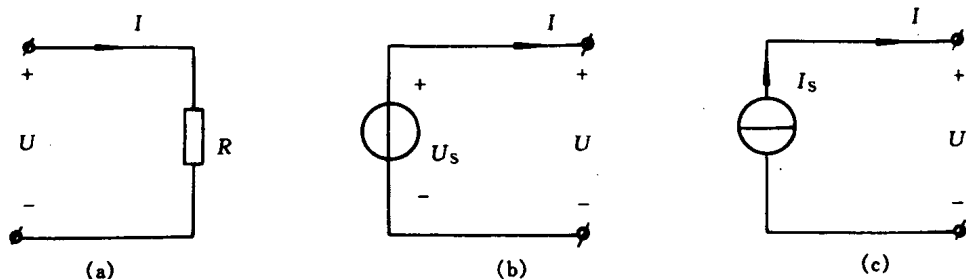


图 1-1

电压源端口电压、电流参考方向如图 1-1(b)所示时,其伏安关系为

$$U = U_s$$

同样图 1-1(c)所示电流源的伏安关系为

$$I = I_s$$

上述电源的参数不受其他支路电压、电流影响,称为独立电源。

(3) 集总参数电路的模型是由若干理想元件联接而成,这样电路中的电压和电流必然受到两类约束:一类是元件本身特性对其电压、电流造成的约束,如欧姆定律;另一类则是元件的联

接给电压、电流带来的约束,这便是基尔霍夫定律。

基尔霍夫第一定律(KCL):在集总电路中,任何时刻流入或流出任一节点的所有支路的电流代数和恒为零,即 $\sum i = 0$ 。

基尔霍夫第二定律(KVL):在集总电路中,任何时刻,沿任一回路所有支路或元件电压的代数和恒为零,即 $\sum u = 0$ 。

(4)用等效变换求解电路。等效概念应用极其广泛。本章涉及的有:

无源二端网络可等效为一电阻(即电阻的串联、并联和混联的计算);

有源二端网络可等效为一独立电源(包括电压源串联的简化、电流源并联的简化、实际电压源和实际电流源的等效变换)。

在等效变换当中,与电压源并联的任意元件,与电流源串联的任意元件对外不起作用。

(5)支路电流法、节点电位法和回路电流法为系统列方程求解电路的方法;替代定理、叠加原理、互易定理和等效电源定理(戴维南定理和诺顿定理)对求解某些电路更为简便、适用。

(6)最大功率传输问题:

图 1-2 是实际电压源为负载 R_L 供电的线路。可以证明,当负载 R_L 等于电阻 R_S 时, R_L 可从电源吸收最大功率,该功率

$$P_m = \frac{U_S^2}{4R_S} = \frac{U_S^2}{4R_L}。$$

(7)参数受某支路电压或电流控制的电源为受控源。上述的基本定律和基本分析方法对含受控源的电路仍然适用。

图 1-3 为四种受控电源:(a)为电压控制的电压源(VCVS);(b)为电压控制的电流源(VCCS);(c)为电流控制的电压源(CCVS);(d)为电流控制的电流源(CCCS),其中 μ, g, r 和 β 为控制量, $\mu u_1, g u_1, r i_1$ 和 βi_1 为受控量。

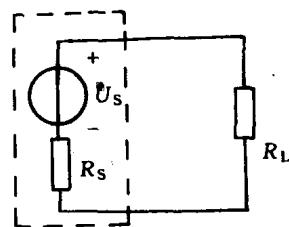


图 1-2

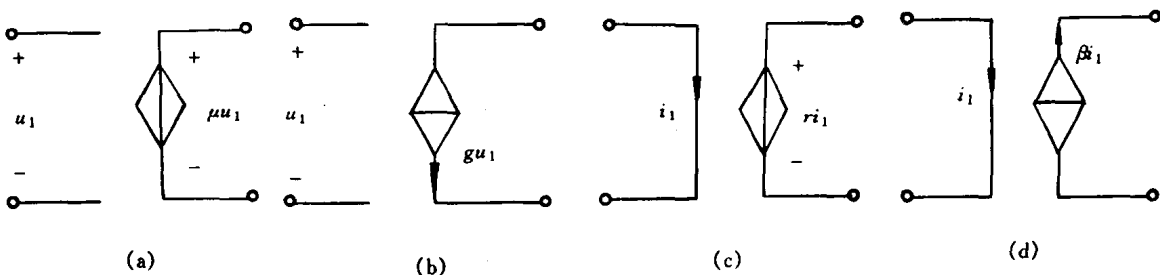


图 1-3

基本要求

(1)理解和运用好参考方向。

(2)牢固掌握基本定律,并能灵活运用基本定律分析计算电路。

(3)对任一种解题方法(或基本定理),要做到以下三点:掌握该方法具体内容和解题步骤;明确该方法适用于求解哪种类型问题;掌握用该方法解题时应注意的问题。

二、重点及难点

重点是灵活运用基本定律;深刻理解“等效”的含义;能熟练、准确地用节点电位法、叠加原

理和等效电源定理等分析求解电路。

难点是如何求解含受控源的电路,以及怎样用几个基本定理,联合分析计算电路结构或元件参数未知的综合性问题。

第二节 题型归纳及分析

一、用等效变换的方法求解电路

1. 无源二端网络简化

例 1-1 求图 1-4(a)中 R_{ab} 。(各电阻单位均为 Ω)

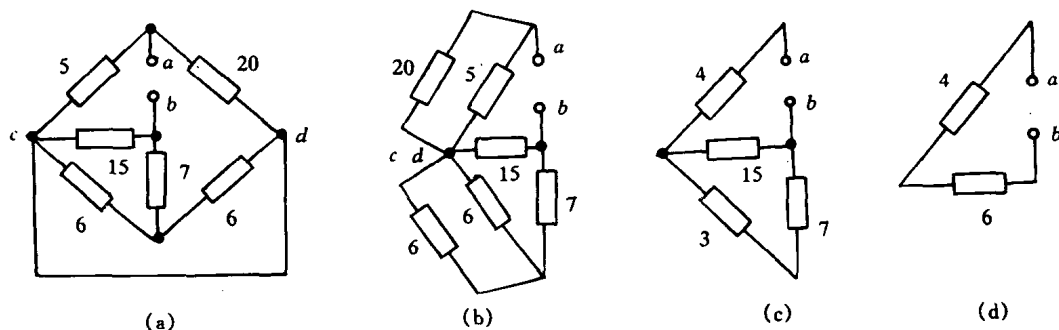


图 1-4

解 图(a)中电阻的串并联关系不易看出,可以在不改变元件联接关系条件下将电路画成比较容易判断的串并联形式,这时无阻线 cd 可缩成一点,电路如图(b)所示;求出图(b)中 20Ω 和 5Ω 并联电阻,两个并联 6Ω 电阻也可简化,等效电路如图(c)所示;这时几个电阻串并联关系显而易见,电路可简化成图(d)形式,最后得出

$$R_{ab} = 4 + 6 = 10\Omega$$

像这样求等值电阻的问题,不必写出每一步的计算步骤,只需依次画出每简化一步得到的电路图便一目了然了。

例 1-2 (1)求图 1-5 中 $U_S = 12V$ 时的 I_0 ; (2)若已知 R_0 的功率 $P = 1.6W$, 求 U_S 。

解 此题为简单直流电路的问题,用电阻串并联简化,

即可求解。

$$R_{ab} = 10 + \frac{30 \times (20 + 40)}{30 + (20 + 40)} = 30\Omega$$

$$I = \frac{12}{30} = 0.4\text{ A}$$

$$I_0 = 0.4 \times \frac{30}{30 + (20 + 40)} \approx 0.133\text{ A}$$

当 R_0 的 $P = 1.6W$ 时, $I_0 = \sqrt{\frac{P}{R_0}} = \sqrt{\frac{1.6}{40}} = 0.2\text{ A}$

$$U_{cb} = (20 + 40)I_0 = 12\text{ V}$$

$$I_2 = \frac{U_{cb}}{30} = 0.4\text{ A}$$

$$U_S = 10I + U_{cb} = 10 \times (0.4 + 0.2) + 12 = 18\text{ V}$$

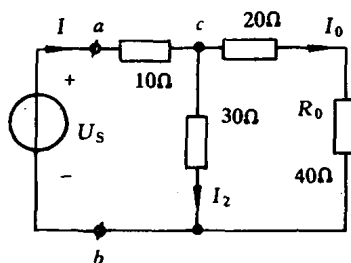


图 1-5

2. 有源二端网络的简化

电压源串联可等效为一个电压源, 等效电压源大小为所有串联电压源代数和; 与等效电压源同极性者取“+”, 反之取“-”; 几个电流源并联可简化为一个电流源, 其大小为所有并联电流源的代数和; 与等效电流源同方向者取“+”, 否则取“-”; 实际电压源由电压源串联电阻构成, 而电流源和电阻并联则为实际电流源的模型; 实际电压源和实际电流源可等效变换。

例 1-3 (1) 求图 1-6(a) 中 a, b 左侧有源二端网络的等效电路; (2) 在 a, b 端接一个 $3A$ 电流源(如图 1-6(a) 中虚线所示)时, 该电流源发出功率 P 为多少?

解 (1) 这种题可从远离 ab 端向 a, b 端一步步简化: 首先二端网络内, 与电流源串联的 4Ω 电阻、与电压源并联的 5Ω 电阻对外不起作用, 4Ω 可短接, 5Ω 断掉, 如图(b); 然后把一步步简化后得到的电路依次画于图(c)、(d)、(e)、(f) 之中, 图(f) 为图(a) 所示电路的等效电路。

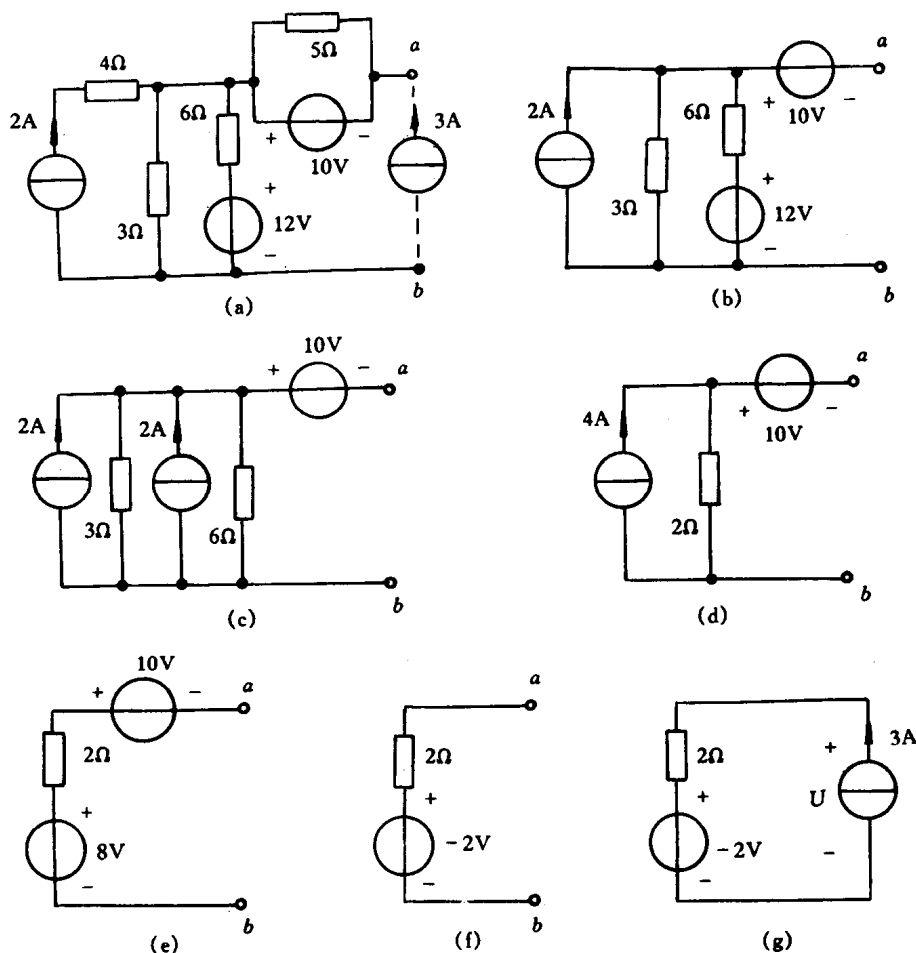


图 1-6

图(g) 为 a, b 端接电流源时等值电路, 电流源端压 $U = 2 \times 3 + (-2) = 4V$ 。

电流源发出的功率 $P = 3 \times 4 = 12W$ 。

这里 $3A$ 电流源的端压和电流参考方向相反, 所以算出的 P 为发出功率。

二、用系统列电路方程法求解电路

前面介绍的等效变换的分析方法, 由于改变了电路原结构, 不利于系统分析, 而且对于某

些电路用起来相当麻烦,因此又引入了几种系统列电路方程的方法。

1. 支路电流法

支路电流法是一种最为直接,具有普遍性的方法。该方法以支路电流为电路变量,应用 KCL 和 KVL 列出与支路数相同的独立方程,从而解出各支路电流。

用支路电流法解题应注意的问题是:在选取独立回路列 KVL 方程时,要避开或适当处理电流源支路,具体分析在回路电流法中介绍。

例 1-4 用支路法求图 1-7 各支路电流。

解 设出各支路电流参考方向。因有 5 条支路,需列出 5 个方程,但由于 $I_2 = 4\text{ A}$, 所以只需列出 4 个独立方程。

先对独立节点 a, b 列 KCL 方程

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ I_3 + I_4 - I_5 = 0 \end{cases}$$

再对两个独立回路(避开电流源)列 KVL 方程

$$\begin{cases} 2I_1 + 2I_3 - 4I_4 = 12 - 8 \\ 4I_4 + 12I_5 = 8 \end{cases}$$

联立求解上述四个方程

$$I_1 - I_3 = -4 \quad (1)$$

$$I_3 + I_4 - I_5 = 0 \quad (2)$$

$$I_1 + I_3 - 2I_4 = 2 \quad (3)$$

$$I_4 + 3I_5 = 2 \quad (4)$$

由式(1)有 $I_1 = -4 + I_3$ 代入式(3)中,得

$$I_3 - I_4 = 3 \quad (5)$$

由式(4)有 $I_5 = \frac{2 - I_4}{3}$ 代入式(2)中,得

$$3I_3 + 4I_4 = 2 \quad (6)$$

联立求式(5)与式(6),有

$$I_4 = -1\text{ A}, \quad I_3 = 2\text{ A}$$

其他支路电流为: $I_1 = -2\text{ A}, \quad I_5 = 1\text{ A}$

2. 回路电流法

回路电流法是以独立回路的回路电流为独立变量,对独立回路列 KVL 方程,从而解出回路电流,再由回路电流求出各支路电压或电流。

本方法适用于回路少的电路,尤其对平面网络较为适宜。

用此方法解题关键要注意处理好电流源。下面举例题说明之。

例 1-5 用回路电流法求例 1-4 电路中各支路电流。

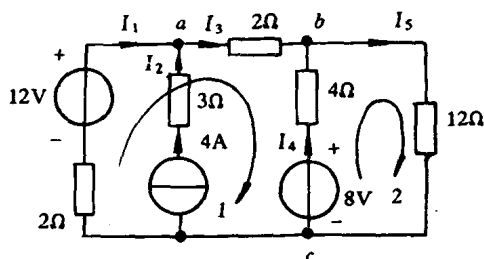


图 1-7

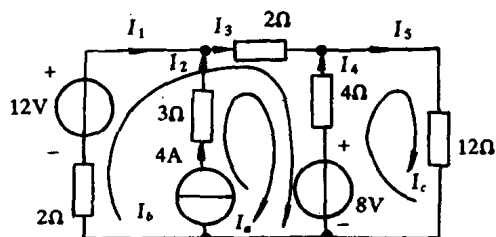


图 1-8

解 设出三个独立回路的回路电流 I_a, I_b 和 I_c (图1-8)。对 4A 电流源支路只设一个回路电流流过它, 所以有

$$I_a = 4$$

这样即避开了对含电流源支路的回路列 KVL, 又减少了方程个数。对另外两个独立回路列 KVL 方程

$$\begin{cases} (2+4)I_a + (2+2+4)I_b - 4I_c = 12 - 8 \\ -4I_a - 4I_b + (4+12)I_c = 8 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3I_a + 4I_b - 2I_c = 2 \\ -I_a - I_b + 4I_c = 2 \\ I_a = 4 \end{cases}$$

解出 $I_b = -2A, I_c = 1A$

所以 $I_1 = I_b = -2A, I_2 = 4A, I_3 = I_a + I_b = 2A, I_4 = I_c - I_a - I_b = -1A, I_5 = I_c = 1A$

对电流源的处理还有其它方法, 如电流源的转移、设其端压为未知量从而当电压源处理等, 请读者参看有关教材。

3. 节点电位法

节点电位法是以独立节点的节点电位为未知量, 列 KCL 方程求解电路。

此方法适用于节点少的电路, 尤其适用于立体网络。用节点电位法一是要正确处理电压源支路, 另外与电流源串联的元件对外不起作用。

例 1-6 对例4中电路, 用节点电位法求各支路电流。

解 设各支路电流参考方向如图 1-9 所示。

取 c 点为参考点, 即 c 点电位 $U_c = 0$, 对独立节点 a, b 列节点电位方程

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) U_a - \frac{1}{2} U_b = \frac{12}{2} + 4 \\ -\frac{1}{2} U_a + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{12} \right) U_b = \frac{8}{4} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2U_a - U_b = 20 \\ -3U_a + 5U_b = 12 \end{cases}$$

解出 $U_a = 16V, U_b = 12V$

各支路电流

$$I_1 = \frac{-U_a + 12}{2} = -2A$$

$$I_2 = 4A$$

$$I_3 = \frac{U_a - U_b}{2} = 2A$$

$$I_4 = \frac{8 - U_b}{4} = -1A$$

$$I_5 = \frac{U_b}{12} = 1A$$

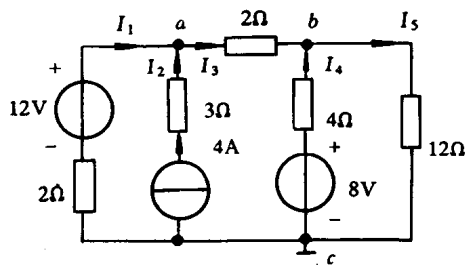


图 1-9

此题为节点法的一般问题, 只是要注意, 和 4A 电流源串联的 3Ω 电阻因为对外不起作用, 所以不能列入自导或互导之中。

例 1-7 用节点法求图 1-10 中 2Ω 电阻吸收的功率。

解 电路中有一电压源支路,对电压源两端不能直接去列写节点电位方程,因为电压源支路电阻为零,电导为无限大。比较好的方法是取电压源一端为参考点,另一端电位则已知,这样既解决了电压源支路问题,又可少列一个方程。

取 $U_2=0$,各独立节点电位方程为

$$\begin{cases} U_1 = 1 \\ -U_1 + \left(1 + \frac{1}{2}\right) U_3 = 1 \\ -U_1 + (1+1) U_4 = -1 \end{cases}$$

解出 $U_3 = \frac{4}{3} \text{ V}$, $U_4 = 0 \text{ V}$

2Ω 电阻功率
$$P = \frac{U_3^2}{2} = \frac{8}{9} \text{ W}$$

有时对含多个电压源支路的电路,这种方法便不能适用,必须采用其他处理方法。

例 1-8 如图 1-11 所示,用节点法求电流 I_2 。

解 取 $U_1=0$,则 $U_2=1\text{V}$,但由于 5V 电压源的存在,也不能对节点④和节点③直接列方程,所以设 5V 电压源支路的支路电流为 I ,方向如图 1-11 所示(参考方向可任设),这样,可把该支路看做大小为 I 的电流源去处理

$$U_2 = 1 \quad (1)$$

$$-U_2 + \left(1 + \frac{1}{2}\right) U_3 = I \quad (2)$$

$$-U_2 + (1+1) U_4 = -I \quad (3)$$

再列一个电压源与节点电位关系的方程

$$U_3 - U_4 = 5 \quad (4)$$

联立求解方程(1),(2),(3),得

$$\frac{3}{2} U_3 + 2 U_4 = 2 \quad (5)$$

联立求解式(4)与式(5)

$$U_3 \approx 3.43 \text{ V}, \quad U_4 = -1.57 \text{ V}$$

$$I_2 = \frac{U_3}{2} = 1.72 \text{ A}$$

对电压源处理还可用电压源转移的方法。

三、用基本定理求解电路

1. 替代(置换)定理

任意线性和非线性、时变和时不变网络,在存在惟一解的条件下,若某支路电压(或支路电

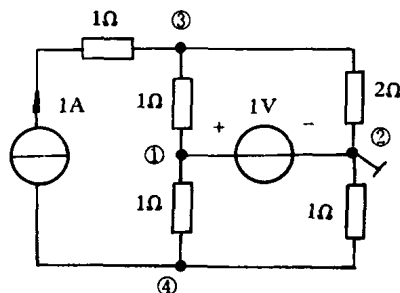


图 1-10

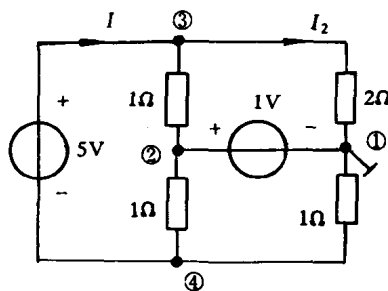


图 1-11

流)已知,那么该支路可以用一独立的电压源(或电流源)替代(电压源等于该支路电压、电流源等于该支路电流),不会影响其他各支路电压和电流。这里不单独举例分析,放在后面综合题中练习。

2. 叠加原理

齐性原理:在线性电路中,当只有一个独立电源作用时,任意支路的电压或电流与电源成正比,即激励和响应成正比。

叠加原理:在线性电路中,当有两个或两上以上独立电源作用时,任意支路的电压或电流,等于各独立电源单独作用时所产生的电压分量或电流分量的代数和。

叠加原理除适用于一般电路外,对电路结构或参数未知的电路也比较适用,经常配合齐性原理或等效电源定理去解综合性难题。

用叠加原理应注意:

- (1)叠加原理只适用于求解线性电路电压、电流,对功率不适用;
- (2)每个独立电源单独作用时,其他独立电源不作用,电压源短接,电流源断开;
- (3)叠加时要注意电压和电流的参考方向,求和时要注意各电压分量和电流分量的正负。

例 1-9 图1-12(a)电路中各电阻单位均为 Ω ,求 I 。

解 从电路的结构可看出此题用叠加原理求解比较简单。把三个电源单独作用的电路图分别画在图 1-12(b)、(c)、(d)中,然后分别求出每个电源单独作用时 I 的分量。

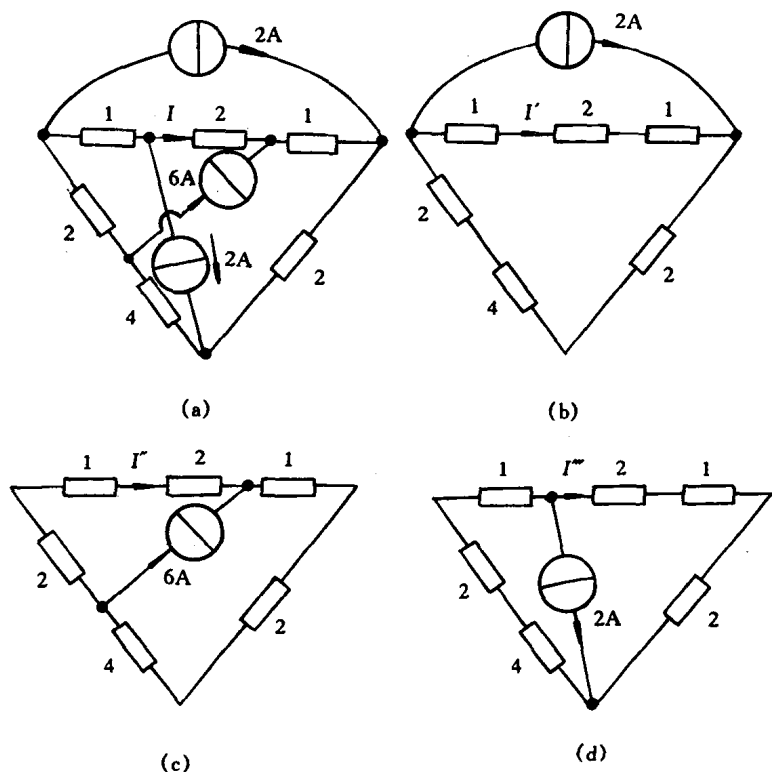


图 1-12

$$I' = -2 \times \frac{(2+4+2)}{(1+2+1)+(2+4+2)} = -\frac{4}{3} \text{ A}$$

$$I'' = -6 \times \frac{(1+2+4)}{(2+1+2)+(1+2+4)} = -\frac{7}{2} \text{ A}$$

$$I''' = -2 \times \frac{(1+2+4)}{(1+2+4) + (1+2+2)} = -\frac{7}{6} \text{ A}$$

所以 $I = I' + I'' + I''' = -\frac{4}{3} - \frac{7}{2} - \frac{7}{6} = -6 \text{ A}$

因为各电流分量的参考方向均设作与合成电流相同,所以叠加时为各分量相加。

例 1-10 图1-13电路中:(1)当 I_{S1} , I_{S2} 均不作用时,毫安表读数为 100mA;(2)当 $I_{S1} = 1\text{A}$, I_{S2} 不作用时,毫安表读数为 150mA;(3)当 $I_{S1} = 1\text{A}$, $I_{S2} = 1\text{A}$ 时,毫安表读数为 100mA。试求 $I_{S1} = 3\text{A}$, $I_{S2} = -5\text{A}$ 时毫安表的读数。

解 据已知,此题可用叠加原理求解。

(1) I_{S1} 和 I_{S2} 均不作用时毫安表读数即为有源网络 A 单独作用的结果,写做

$$I' = 100 \text{ mA}$$

(2)由已知条件(2)可求出 $I_{S1} = 1 \text{ A}$ 时单独作用的电流 I 的分量

$$I'' = 150 - 100 = 50 \text{ mA}$$

(3)据条件(3)可求出 $I_{S2} = 1 \text{ A}$ 单独作用时电流 I 的分量

$$I''' = 100 - 150 = -50 \text{ mA}$$

(4)据齐性原理, $I_{S1} = 3 \text{ A}$ 单独作用时电流 I 的分量

$$I_1 = 3I'' = 3 \times 50 = 150 \text{ mA}$$

$I_{S2} = -5\text{A}$ 单独作用时 I 的分量

$$I_2 = -5 \times I''' = -5 \times (-50) = 250 \text{ mA}$$

所以当 $I_{S1} = 3\text{A}$, $I_{S2} = -5\text{A}$ 时电流 I 应为

$$I = I' + I_1 + I_2 = 500 \text{ mA}$$

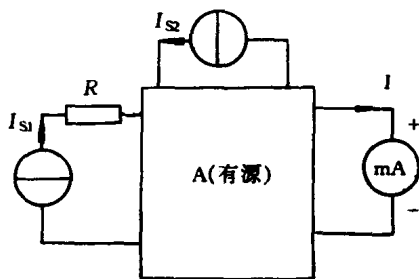


图 1-13

3. 等效电源定理

等效电源定理包括戴维南定理和诺顿定理。

戴维南定理:一线性含源二端网络对外作用可用一个独立电压源串联一电阻等效代替,等值电压源等于该含源二端网络的开路电压,其电阻等于把该含源二端网络内独立电压源短接、独立电流源断开后得到的无源二端网络的等值电阻。

诺顿定理:任何一个含源线性二端网络,对外作用均可用一个独立电流源与一电阻并联等效代替,其等值电流源等于该含源二端网络的短路电流,等值电阻同样为把该含源二端网络化为无源二端网络时的等值电阻。

等效电源定理对以下几种情况比较适用:

- (1)只计算复杂电路中某一支路电压或电流;
- (2)分析电路中某一支路参数变动产生的响应;
- (3)分析含有一个非线性元件的电路;
- (4)电路未知条件过多,不便列方程求解的电路等。

应该注意的问题是:

在二端网络的端头标以字符,以便正确标出等值电压源的极性或等值电流源的方向。

用等效电源定理解题的类型主要有两种:一是只需简化电路,即求等值电路;二是由该定

理(或与其他定理一起)求响应,而求响应的题类型也较多,下面举例说明之。

例 1-11 用戴维南定理和诺顿定理分别求出图1-14(a)所示电路的等效电路。

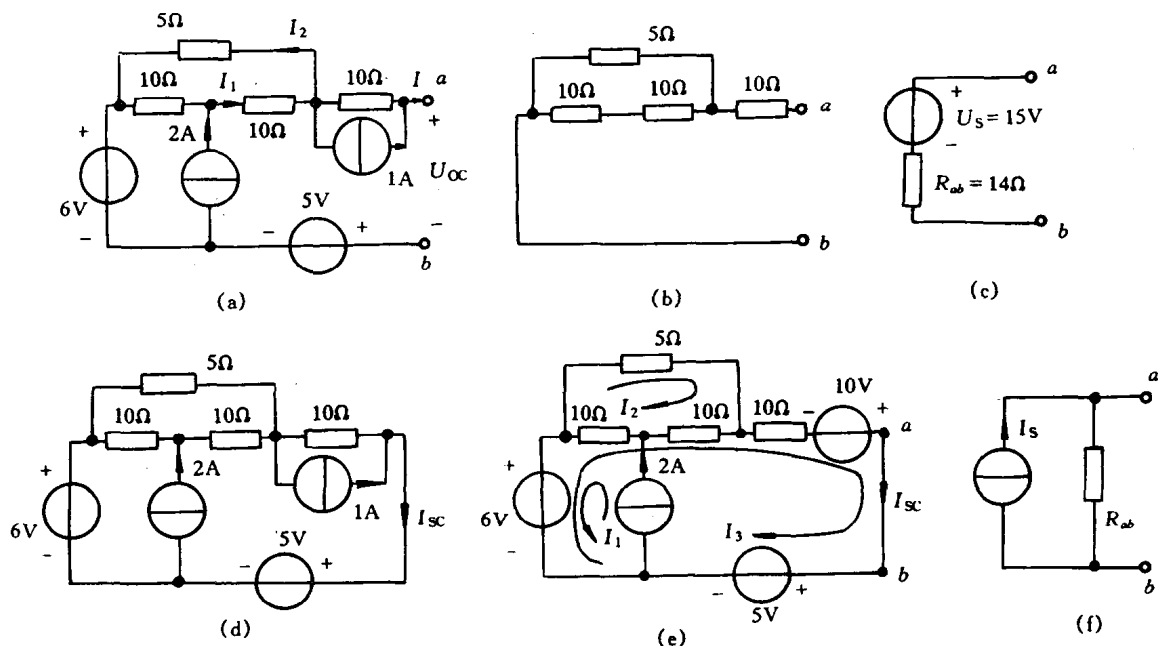


图 1-14

解 (1)求戴维南等值电路。

求开路电压可参考图(a)。

因 a, b 间开路时, $I = 0$, 所以 $I_1 = I_2$, a, b 间开路电压为

$$U_{OC} = 10 \times 1 + 2 \times \frac{10}{10 + (10 + 5)} \times 5 + 6 - 5 = 15 \text{ V}$$

求等值电阻的电路如图(b)所示。

$$R_{ab} = 10 + \frac{20 \times 5}{20 + 5} = 14 \Omega$$

戴维南等值电路如图(c)所示, 和开路电压 U_{OC} 极性一致, 电压源 U_S 的“+”极在 a 端, “-”极在 b 端。

(2)求诺顿等值电路。

求短路电流 I_{SC} 的电路图如图 1-14(d)所示, 先将 1A 电流源与 10Ω 电阻并联变换成实际电压源, 如图(e), 用回路电流法求 I_{SC} 。

$$\begin{cases} I_1 = 2\text{A} \\ 10I_1 + (10 + 10 + 5)I_2 - (10 + 10)I_3 = 0 \\ -10I_1 - (10 + 10)I_2 + (10 + 10 + 10)I_3 = 6 + 10 - 5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5I_2 - 4I_3 = -4 \\ -20I_2 + 30I_3 = 31 \end{cases}$$

解出

$$I_{SC} = I_3 = \frac{15}{14} = 1.07 \text{ A}$$

等值电阻 R_{ab} 上面已求出为 14Ω 。诺顿等值电路见图(f), 等值电流源 I_S 和短路电流 I_{SC} 方向一致, 是在端口外部由 a 流向 b 。

此题仅仅是简化电路。若在 a, b 端接任一元件, 求其电压或电流时, 则解题第一步同上, 先求出 a, b 左侧戴维南等值电路或诺顿等值电路如图(c)和图(f)所示, 然后在图(c)或图(f)中接上 a, b 间元件, 对这样一个单回路很容易求出响应。读者可自行举例分析之。

例 1-12 图1-15(a)电路中, 若 R_L 可变, 问 R_L 多大才能从电路中吸收最大功率? 并求此功率。

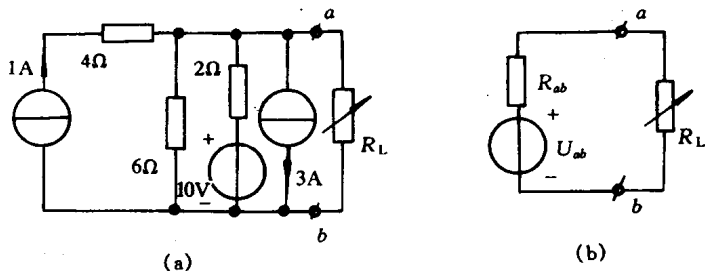


图 1-15

解 此题为最大功率传输问题。先求出除 R_L 外 a, b 左侧有源二端网络的等值电路。开路电压 $U_{OC} = U_{ab}$, 由弥尔曼定理

$$U_{ab} = \frac{1 + \frac{10}{2} - 3}{\frac{1}{6} + \frac{1}{2}} = 4.5 \text{ V}$$

等值电阻

$$R_{ab} = \frac{6 \times 2}{6 + 2} = 1.5 \Omega$$

等效后电路见图(b), 当 $R_L = R_{ab} = 1.5 \Omega$ 时可吸收最大功率, 此最大功率

$$P = \frac{U_{ab}^2}{4R_{ab}} = \frac{4.5^2}{4 \times 1.5} = 3.375 \text{ W}$$

例 1-13 图1-16(a)电路中, 各电阻均为 1Ω , 各电压源均未知, 但知 ab 支路中电流 $I = 5\text{A}$ 。问: 若在 ab 支路中再串联一个 2Ω 电阻, 此时 I 为多大?

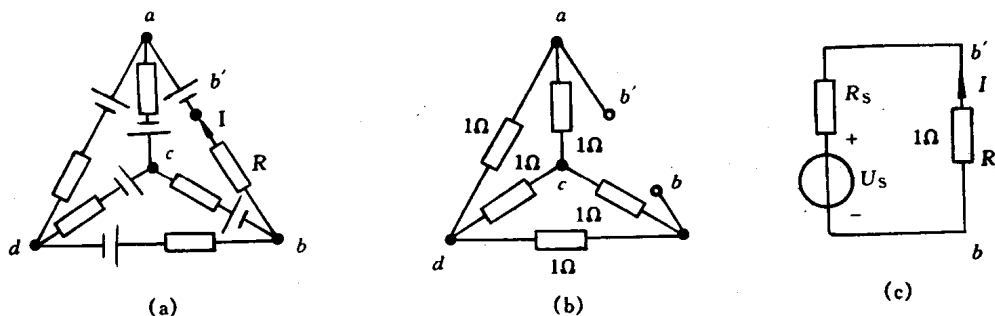


图 1-16

解 此题未知量过多, 不能用系统列方程方法求解, 况且只求 ab 支路电流, 所以用等效电源定理求比较合适。但此题不能直接求出等效后的电路。

先假设除 R 外有源二端网络的戴维南等值电路已求出, 其等值电压源为 U_S , 等值电阻 R_S 。先由图(b)可求出 R_S : 由于 bb' 看进去的电桥平衡, 所以 cd 点等位。

$$R_S = R_{bb'} = 2 \times \frac{1}{2} = 1 \Omega$$