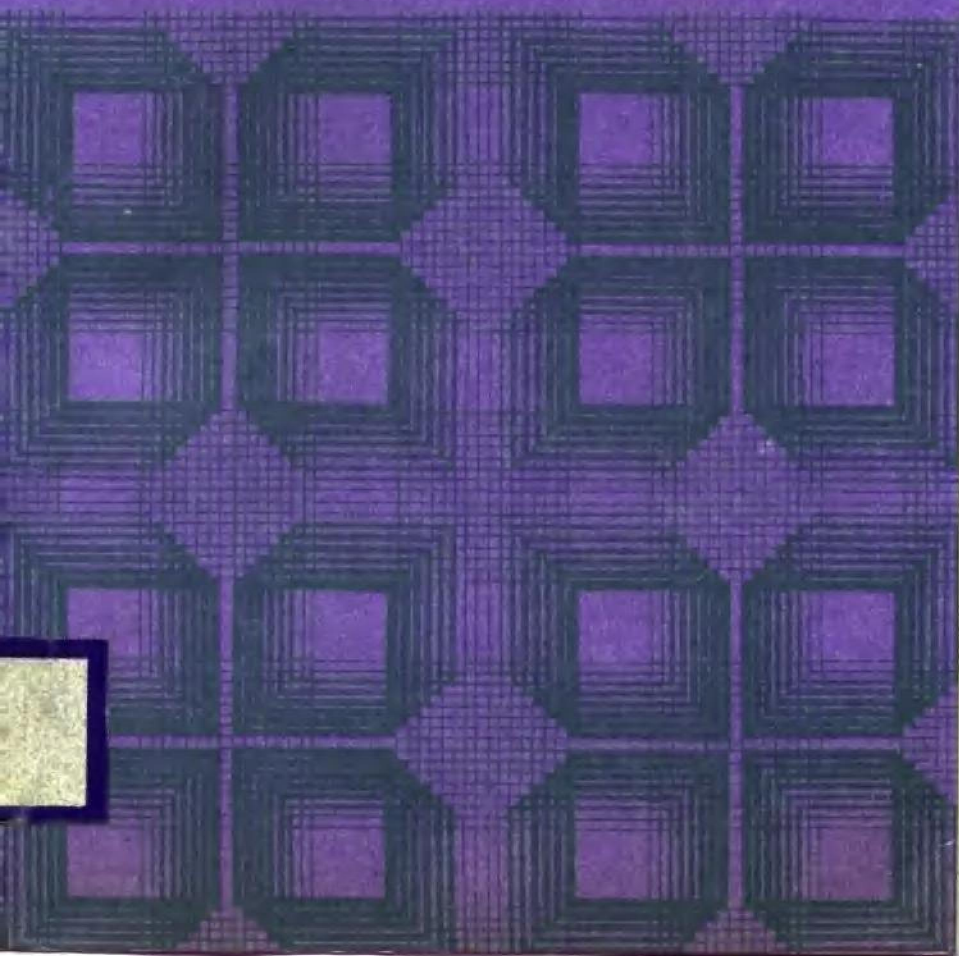


电路计算指导

刘 润 主编

哈尔滨工业大学出版社



内 容 提 要

本书按照国家教委规定的电路课程的基本要求,结合硕士研究生入学考试复习及其它需要,选择和设计了260多个例题,旨在指导如何提高电路计算能力。全书共分八章,包括基本分析方法、正弦交流电路计算、非正弦周期电流电路、动态电路分析、网络图论和网络方程、二端口网络、分布参数电路、非线性电路。

本书可作为高等院校学生学习电路课程的参考书,对报考硕士研究生者也是很好的复习资料。

电 路 计 算 指 导

刘 润 主编

*

哈尔滨工业大学出版社出版
新华书店 首都发行所发行
哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张13.375 字数296 000

1988年6月第1版 1988年6月第1次印刷

印数1—5 000

ISBN 7-5603-0072-3/TM·2 定价2.10元

前 言

本书的书名就是本书的目的。其愿望是，对如何提高电路计算能力给予具体指导，以使读者收到事半功倍的效果。为此，本书在取材于各高等院校历年硕士研究生入学考试电路试题的基础上，根据国家教委规定的电路课程的基本要求和本科生的学习难点，精心选择和设计了260多个例题（包括26个范例）。全书共分八章，每个范例尽量包括每种方法的常规步骤和特殊难点，每题都给出启发式的解答，供读者领会概念，探讨方法，提高能力。

电路题之所以难解，是由于每个题中的概念覆盖面很宽，题中的概念集合决定本题的计算方法。为了引导读者全面地正确地领会教科书中的所有概念，本书各章均未附概念摘要。希望读者配合教科书阅读，做到使概念、问题和方法融会贯通。

本书的前三章由李友福执笔，后五章由陈希有执笔，范例均由刘润执笔。另外，高象贤对本书的编写提供了大量资料并提出了许多宝贵意见，王有琨对本书部分内容进行了认真地校对。

本书可作为高等院校学生学习电路课程的参考书，对报考硕士研究生者也是很好的复习资料。

由于水平有限加之时间仓促，书中难免存在疏漏，希望读者给予指正。

刘 润

1987年12月于哈工大

目 录

第一章	基本分析方法.....	(1)
第二章	正弦交流电路计算.....	(88)
第三章	非正弦周期电流电路.....	(159)
第四章	动态电路分析.....	(196)
第五章	网络图论和网络方程.....	(299)
第六章	二端口网络.....	(331)
第七章	分布参数电路.....	(371)
第八章	非线性电路.....	(390)

第一章 基本分析方法

本章通过直流电阻电路，介绍对所有电路计算都具有普遍意义的基本分析方法。

一、电源等效变换

范例1 已知电路如图 1-1 所示， $R_1 = 4\Omega$ ， $R_2 = 2\Omega$ ， $R_3 = 3\Omega$ ， $R_4 = 6\Omega$ ， $R_5 = 5\Omega$ ， $R_6 = 6\Omega$ ， $U_S = 12V$ ， $I_S = 4A$ 。试求 a 、 b 两点间的电压 U_{ab} 。

解法 根据基尔霍夫第一定律，图 1-1 中两电流源相当于串联，因此电阻 R_1 和 R_2 也相当于串联，图 1-1 可以等效变换为图 1-2。

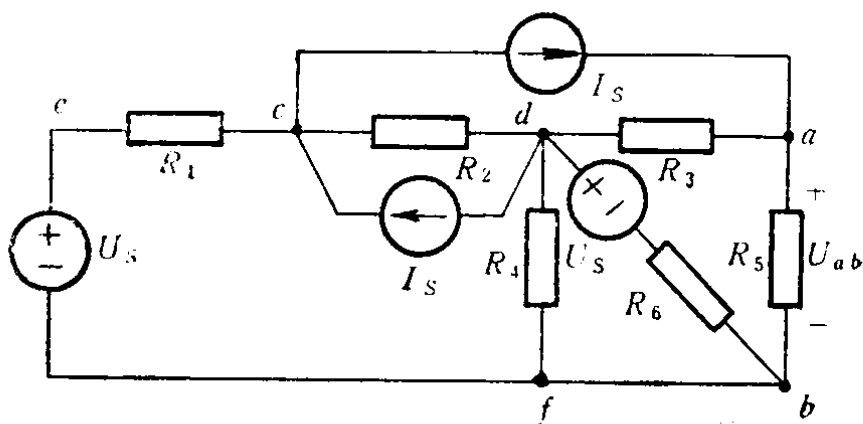


图 1-1

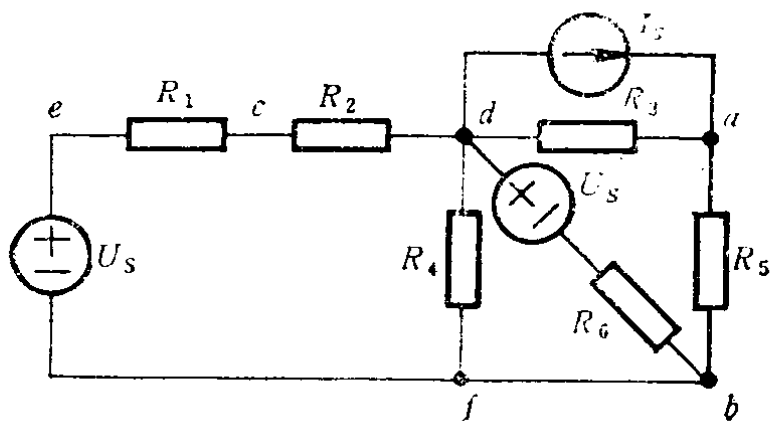


图 1-2

根据基尔霍夫第二定律，再将图1-2等效变换为图1-3。

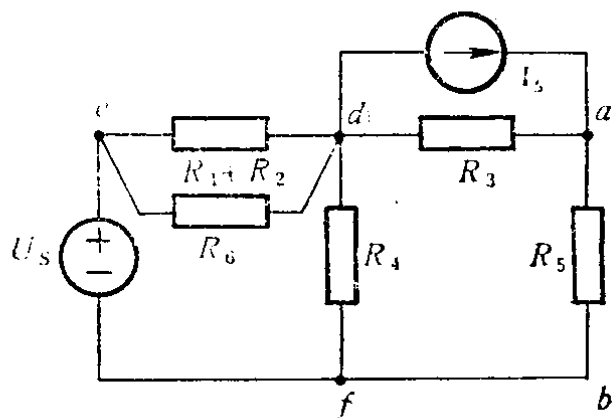


图 1-3

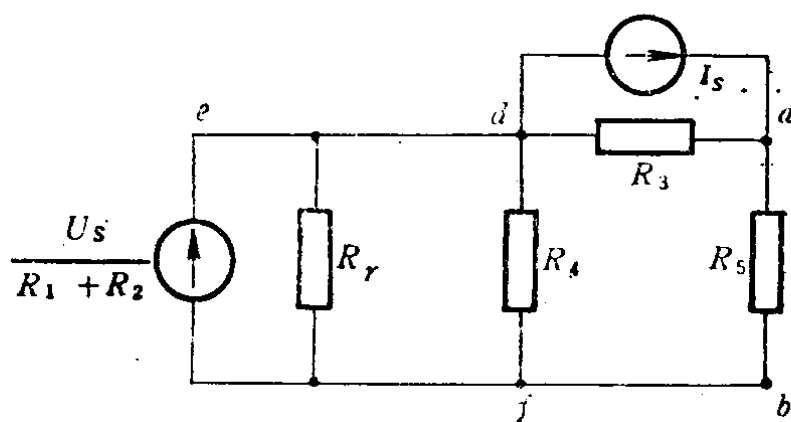


图 1-4

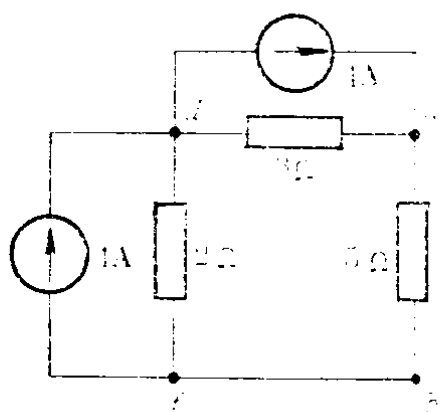


图 1-5

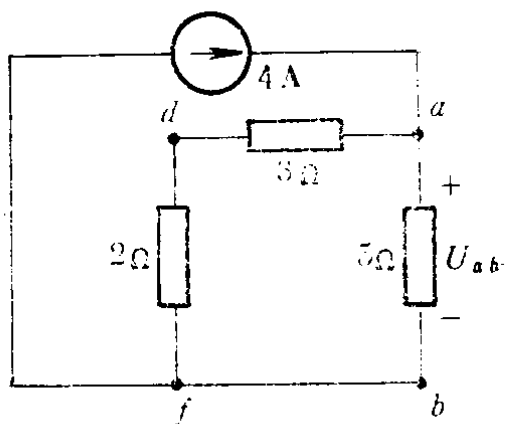


图 1-6

将电压源支路变换为电流源支路（图 1-4）， $R_r = \frac{(R_1 + R_2)R_6}{R_1 + R_2 + R_6}$ 。代入已知数据得到图 1-5。最后由等效的图 1-6 求得

$$U_{ab} = 10V$$

基本要点：

理想电流源的缩减（图1-7等效为图1-8）

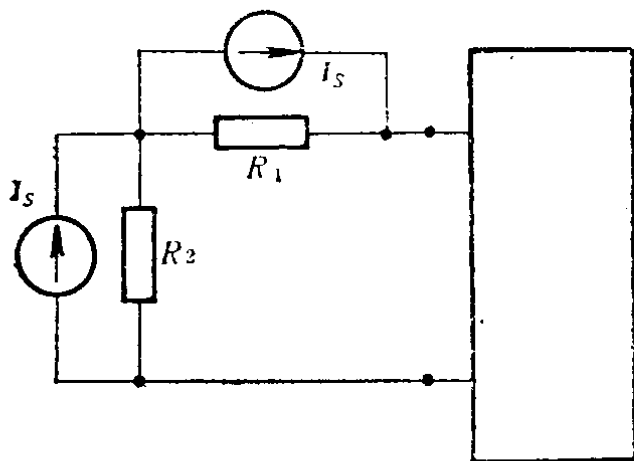


图 1-7

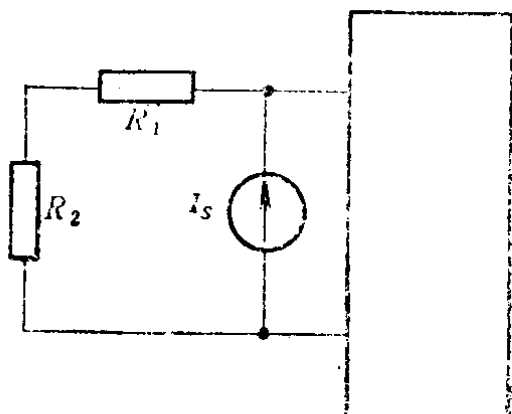


图 1-8

理想电压源的缩减 (图1-9等效为图1-10)

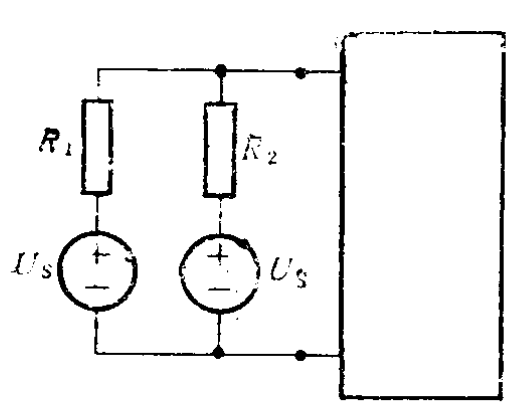


图 1-9

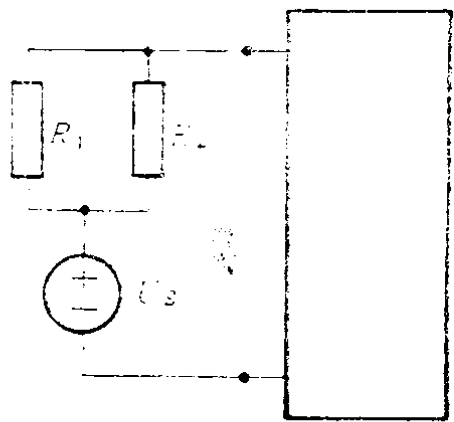


图 1-10

电压源变换为电流源

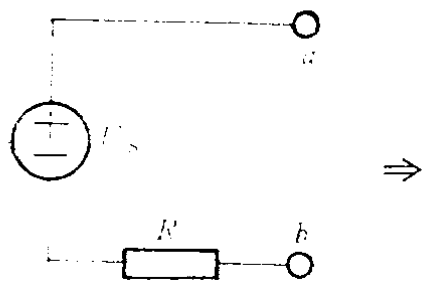


图 1-11

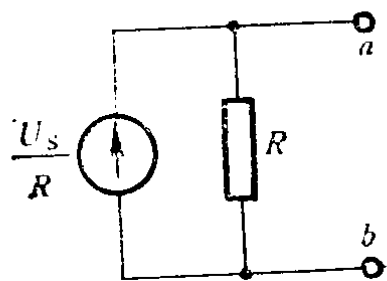


图 1-12

电流源变换为电压源

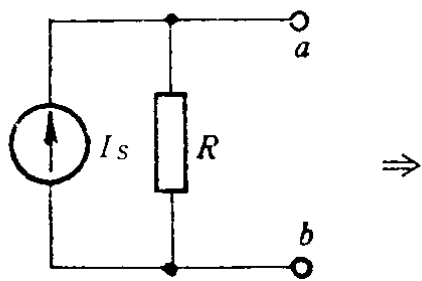


图 1-13

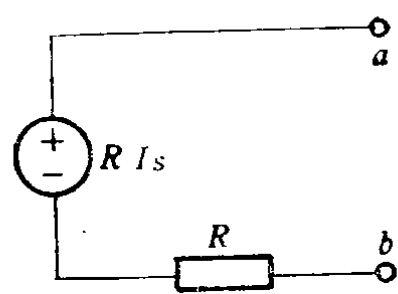


图 1-14

范例2 已知电路如图 1-15 所示， $R_1 = 1\Omega$ ， $R_2 = 2\Omega$ ， $R_3 = 3\Omega$ ， $I_S = 5\text{A}$ 。试求电流 I_1 。

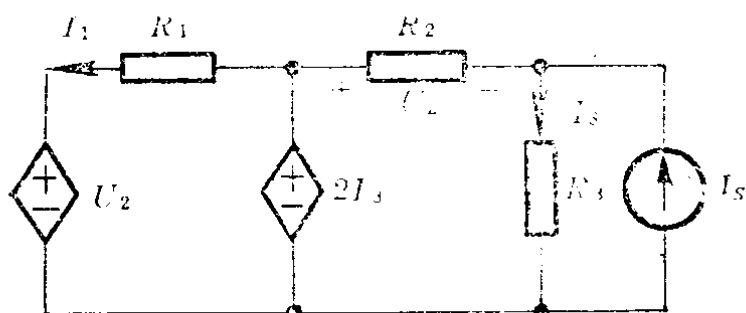


图 1-15

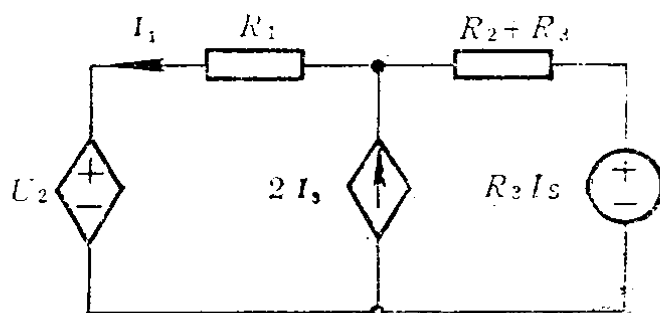


图 1-16

解法 将图1-15等效变换为图1-16，再变换为图1-17。将其中的电流源合并为一个电流源，并等效变换为电压源，得图1-18。在图1-15中，根据基尔霍夫第一定律有

$$I_1 = \frac{U_2}{R_2} + 2I_3$$

$$I_S = \frac{U_2}{R_2} + I_3$$

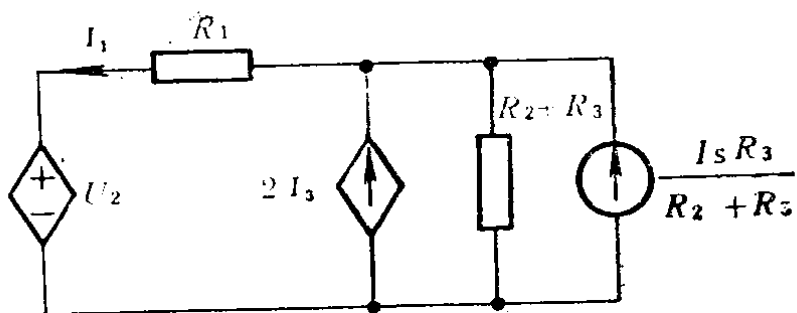


图 1-17

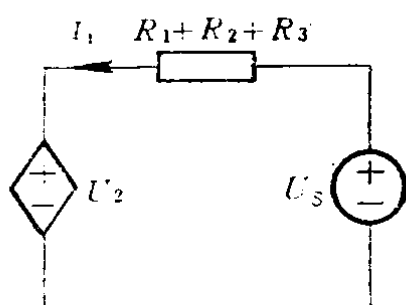


图 1-18

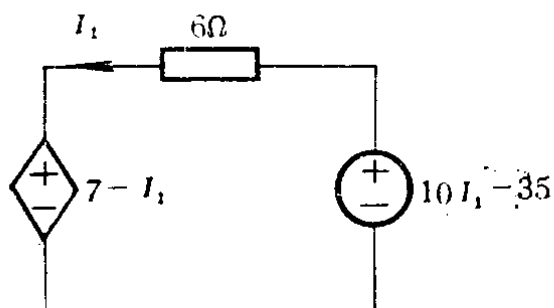


图 1-19

所以

$$I_3 = I_1 - I_S$$

$$U_2 = 2R_1 I_S - R_1 I_1$$

用此结果代换图1-18中受控源的控制量，并代入已知数据，得到图1-19，所以

$$6I_1 + 7 - I_1 - 10I_1 + 35 = 0$$

$$I_1 = 8.4\text{A}$$

说明：对受控源进行等效变换时，必须代换其控制量。

二、星角联接的等效变换

范例3 已知电路如图 1-20 所示， $R_1 = 1\Omega$ ， $R_2 = 2\Omega$ ， $R_3 = 3\Omega$ ， $R_4 = 4\Omega$ ， $R_5 = 5\Omega$ ， $r_1 = 4\Omega$ ， $r_2 = 5\Omega$ ， $r_3 = 6\Omega$ ， $I_S = 4\text{A}$ ， $U_S = 12\text{V}$ 。试求电流 I 。

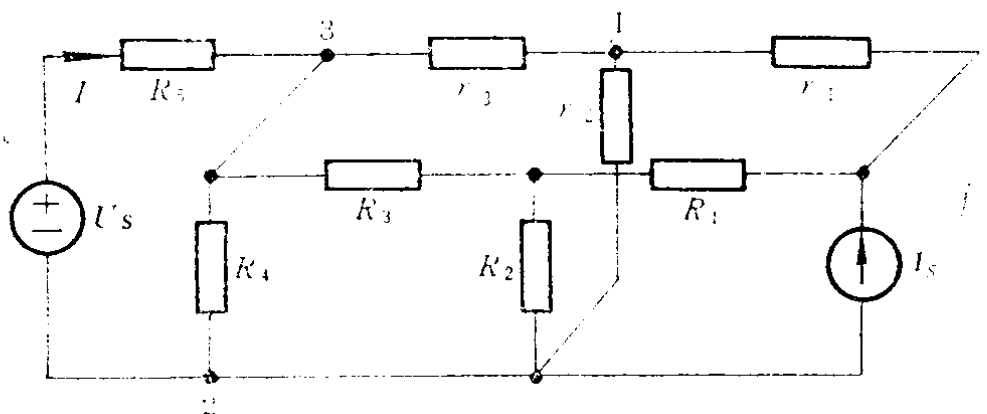


图 1-20

解法 先将图1-20中的两个星接分别变换为角接，如图1-21所示。

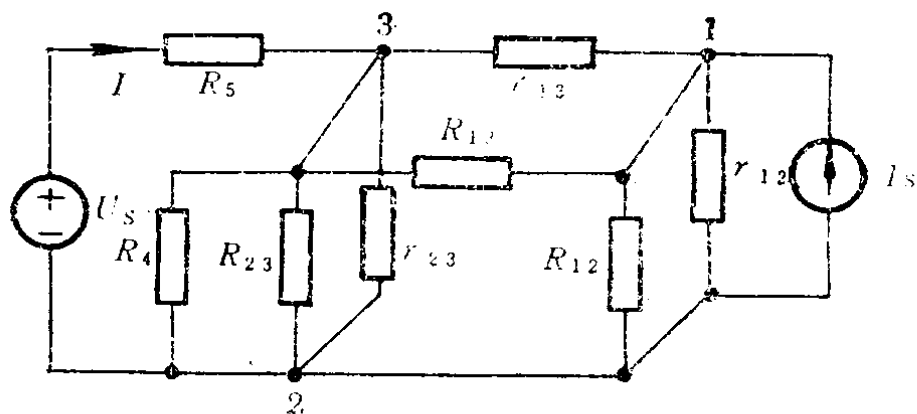


图 1-21

$$r_{12} = \frac{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1}{r_3} = \frac{4 \times 5 + 5 \times 6 + 6 \times 4}{6}$$

$$= \frac{74}{6} = 12.3 \Omega$$

$$r_{23} = \frac{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1}{r_1} = \frac{74}{4} = 18.5 \Omega$$

$$r_{13} = \frac{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1}{r_2} = \frac{74}{5} = 14.8 \Omega$$

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = \frac{1 \times 2 + 2 \times 3 + 3 \times 1}{3}$$

$$= \frac{11}{3} \Omega$$

$$R_{23} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = \frac{11}{1} = 11 \Omega$$

$$R_{13} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = \frac{11}{2} = 5.5 \Omega$$

再应用串并联化简法将图1-21化简为图1-22。

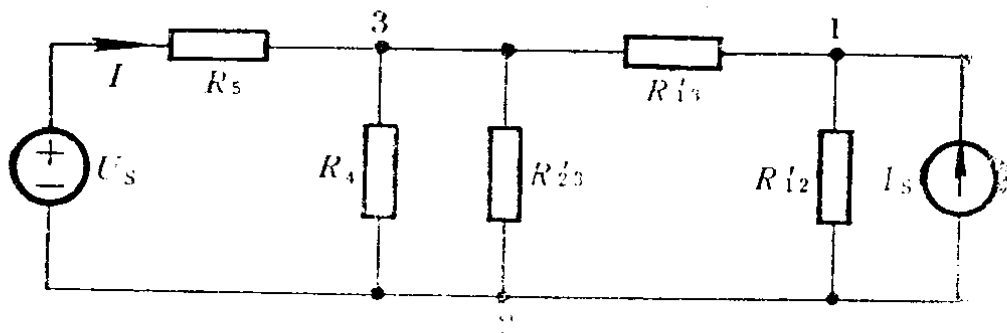


图 1-22

$$R'_{13} = \frac{r_{13}R_{13}}{r_{13} + R_{13}} = 4\Omega$$

$$R'_{12} = \frac{r_{12}R_{12}}{r_{12} + R_{12}} = 2.82\Omega$$

$$R'_{23} = \frac{r_{23}R_{23}}{r_{23} + R_{23}} = 6.9\Omega$$

$$R'_{234} = \frac{R_4 R'_{23}}{R_4 + R'_{23}} = 2.53\Omega$$

将图1-22中的角接变换为星接，如图1-23所示。

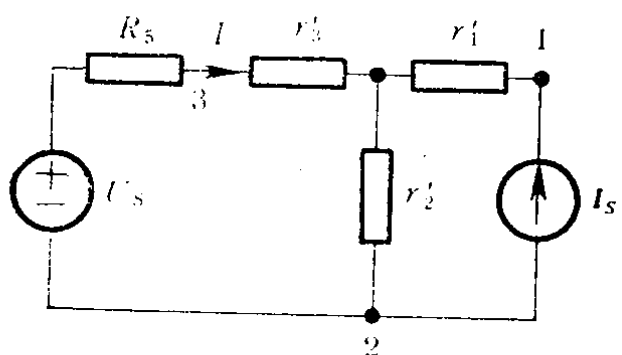


图 1-23

$$r'_1 = \frac{R'_{12}R'_{13}}{R'_{12} + R'_{234} + R'_{13}} = 1.18\Omega$$

$$r'_2 = \frac{R'_{12}R'_{234}}{R'_{12} + R'_{234} + R'_{13}} = 0.763\Omega$$

$$r'_3 = \frac{R'_{13}R'_{234}}{R'_{12} + R'_{234} + R'_{13}} = 1.08\Omega$$

由图1-23求得

$$I = \frac{U_S - r'_2 I_S}{R_5 + r'_3 + r'_2} = \frac{12 - 0.763 \times 4}{5 + 1.08 + 0.763} = 1.3A$$

基本要点:

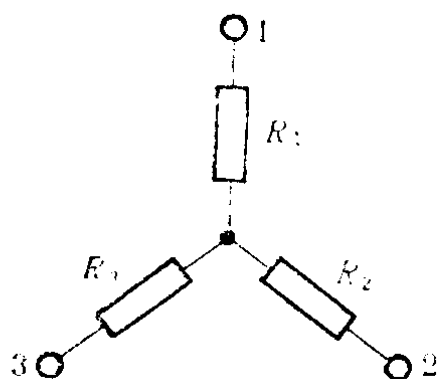


图 1-24

$\Rightarrow$

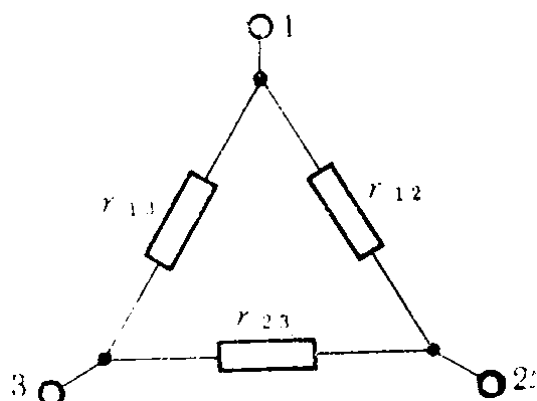


图 1-25

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_3} > R_1 \text{ 和 } R_2$$

$$R_{23} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_1} > R_2 \text{ 和 } R_3$$

$$R_{13} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_2} > R_1 \text{ 和 } R_3$$

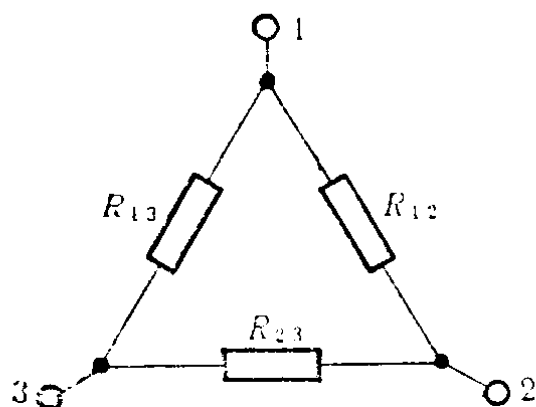


图 1-26

$\Rightarrow$

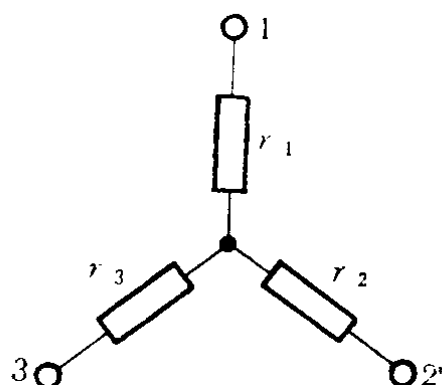


图 1-27

$$r_1 = \frac{r_{12}r_{13}}{r_{12} + r_{23} + r_{13}} < r_{12} \text{ 和 } r_{13}$$

$$r_2 = \frac{r_{23}r_{12}}{r_{12} + r_{23} + r_{13}} < r_{23} \text{ 和 } r_{12}$$

$$r_3 = \frac{r_{13}r_{23}}{r_{12} + r_{23} + r_{13}} < r_{13} \text{ 和 } r_{23}$$

(注：可用大于或小于的概念判断计算结果的正误。)

范例4 已知电路如图1-28所示，试求 a 、 b 端的入端等值电阻 R_{ab} 。

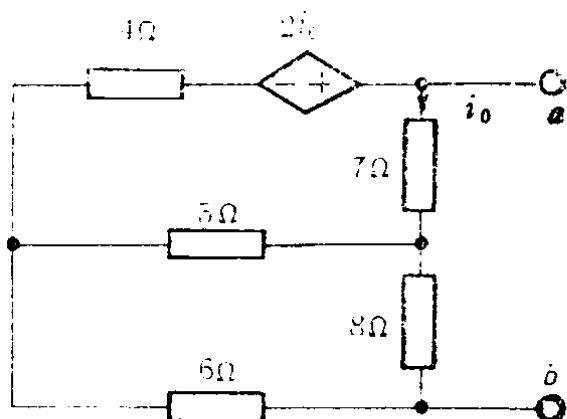


图 1-28

解法 将角接变换为星接，如图1-29所示。再应用电源等效变换法将图1-29变为图1-30。

$$R_1 = \frac{5 \times 6}{5 + 6 + 8} = 1.58\Omega$$

$$R_2 = \frac{5 \times 8}{5 + 6 + 8} = 2.1\Omega$$

$$R_3 = \frac{6 \times 8}{5 + 6 + 8} = 2.53\Omega$$

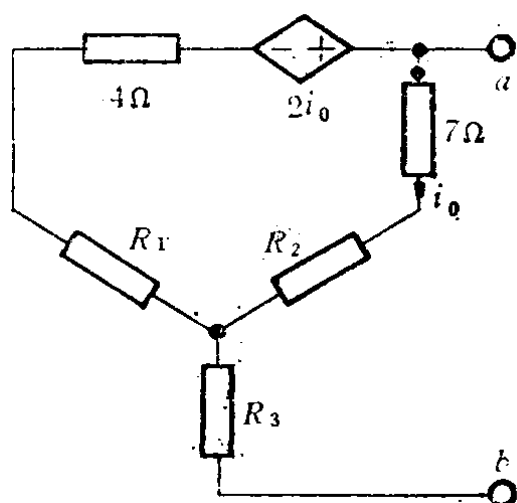


图 1-29

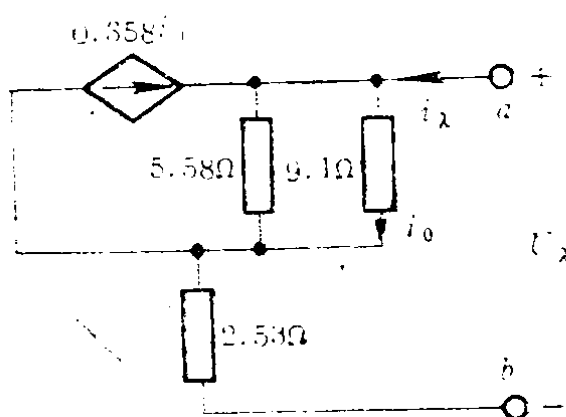


图 1-30

根据基尔霍夫第一定律得

$$i_{\lambda} + 0.358i_0 - i_0 - \frac{9.1i_0}{5.58} = 0$$

$$i_{\lambda} = 2.27i_0$$

根据基尔霍夫第二定律求得

$$9.1 \times \frac{i_{\lambda}}{2.27} + 2.53i_{\lambda} = u_{\lambda}$$

$$R_{ab} = \frac{u_{\lambda}}{i_{\lambda}} = 6.53\Omega$$

三、叠加原理

范例5 已知电路如图 1-31 所示, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 1\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, $R_4 = 1\Omega$, $R_5 = 4\Omega$, $R_6 = 2\Omega$, $I_S = 5A$, $U_S = 33V$ 。试求电流 I 。

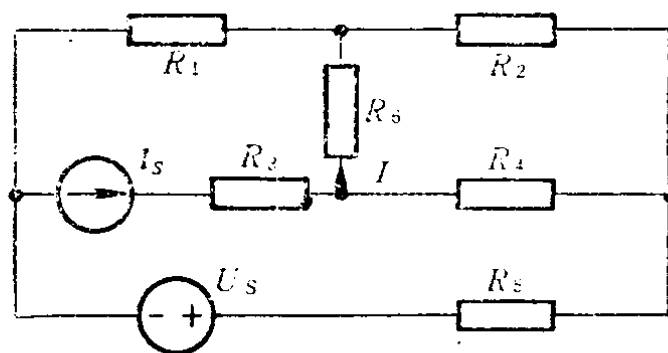


图 1-31

解法 视 U_S 单独作用, 得到图1-32。视 I_S 单独作用, 得到图1-33。根据叠加原理

$$I = I' + I''$$

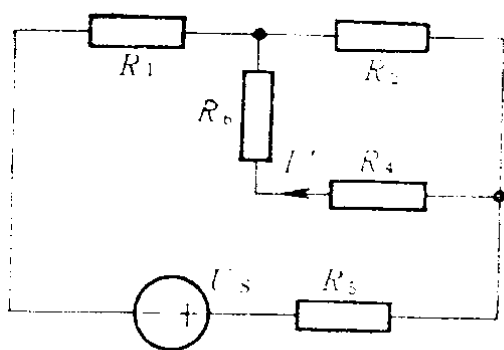


图 1-32

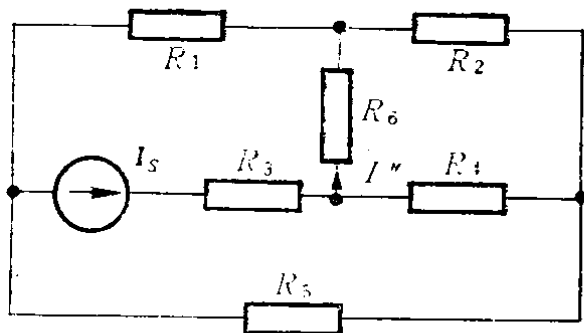


图 1-33

由图1-32求得 $I' = \frac{33}{31} \text{ A}$

将图1-33变换为图1-34, 其中

$$r_1 = \frac{1 \times 4}{3 + 1 + 4} = \frac{1}{2} \Omega$$

$$r_2 = \frac{3}{8} \Omega$$

$$r_3 = \frac{3}{2} \Omega$$

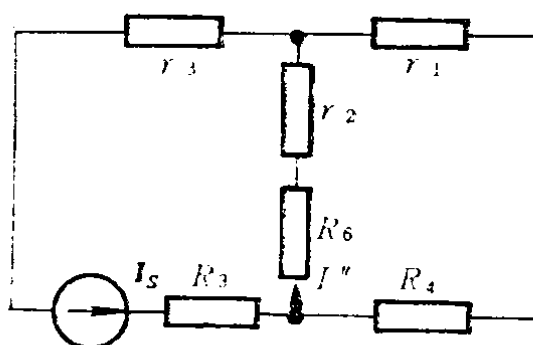


图 1-34

求得

$$I'' = I_s \frac{\frac{1}{2} + 1}{\frac{3}{8} + 2 + \frac{1}{2} + 1} = \frac{60}{31} \text{ A}$$

$$I = I' + I'' = 3 \text{ A}$$

基本要点:

1. 电路中所有独立电源的激励共同产生的响应, 等于各个独立电源单独作用所产生的响应的代数和。

2. 单独作用的电源的激励和联接均保持不变, 其余不

作用的电源，如果是电压源，则视其为短路，如果是电流源，则视其为开路。

范例6 已知电路如图1-35所示，试求电流 I 。

解法一 令图1-35中独立电压源单独作用，电流源不作用，得到图1-36；独立电流源单独作用，电压源不作用，得到图1-37。

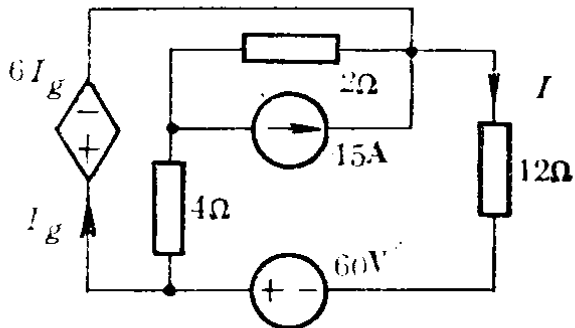


图 1-35

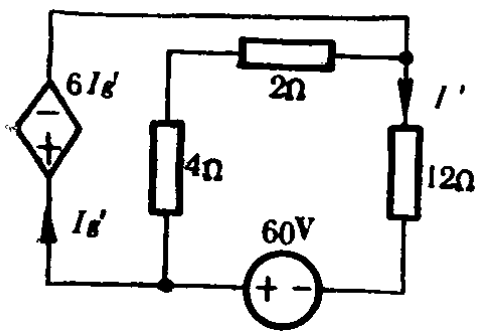


图 1-36

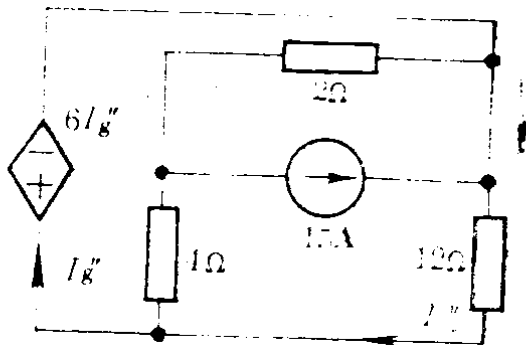


图 1-37

在图1-36中有

$$12I' - 60 + 6I_g' = 0$$

$$6I_g' + 6(I_g' - I') = 0$$

$$I' = 4\text{A}$$

在图1-37中，将电流源变为电压源后，有

$$6I_g'' + 6(I_g'' - I'') + 30 = 0$$

而
$$I'' = \frac{-6I_g''}{12} = -\frac{1}{2}I_g''$$

故
$$I'' = 1\text{A}$$

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