# 电路及电磁場试题分析

陶炯光
陈崇源 编演
张文灿

華中工学院

# 前　　言

为适应“四化”建设的需要，从加速培养科学技术人才的目标出发，我们编印了本书。

书中收集了国内外有关最新教材上的一些题目，七八，七九两届部分电工基础研究生入学试题，讲述了解题技巧，提供了许多解题方法，其中有些定理的证明和解题方法是编演者给出的，此外还汇编了十一个有参考价值的表格。

本书选题广泛，具有一定的深度和广度，外加具有实用价值的表格，可作为大学生、研究生学习电工理论的辅助读物，也可供大学教师和科学技术人员参考。

戴旦前同志提供了部分资料，支持了这一工作的进行，杨惠芳同志协助描绘了全部图形，谨此表示感谢。

由于希望为七七届学生报考研究生提供参考，故本书是在匆忙中赶出的，加上编者水平有限，错误之处敬希读者指正。

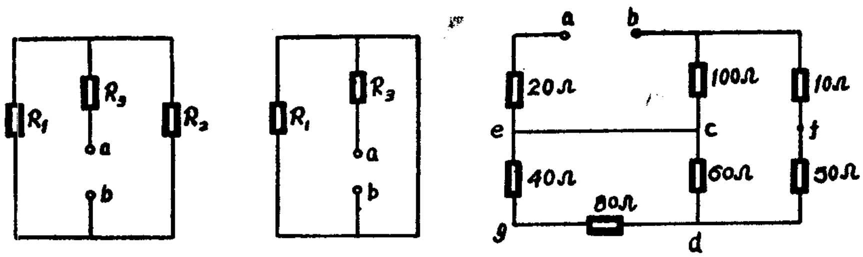
编　者

一九八一年二月于华中工学院

# 目　　录

# 一、直 流 电 路

**1—1.** 求下列图示网络的入端电阻 $R_{ab}$




a)　　　　b)　　　　c)

图 1—1

［**解**］ 对 (a) 图而言 $R_{ab}=R_3+R_1//R_2$。

对 (b) 图而言 $R_{ab}=R_3$

对 (c) 图而言 $R_{ab}=R_{ae}+[(R_{eg}+R_{gd})//R_{cd}+R_{df}+R_{fb}]//R_{bc}$

$=70\Omega$。

从这三个网络入端电阻的求解过程中，说明看清网络中电阻的串并联关系是重要的。它的要点是，在端口处加电压，从端口看进去，若两元件上的电压相等则为“并”；若两元件上的电流相等则为“串”，顺藤摸瓜，跟踪追击，并注意不要被一些短接线所迷惑。

**1—2.** 求下列图示一端口网络的等效电路。

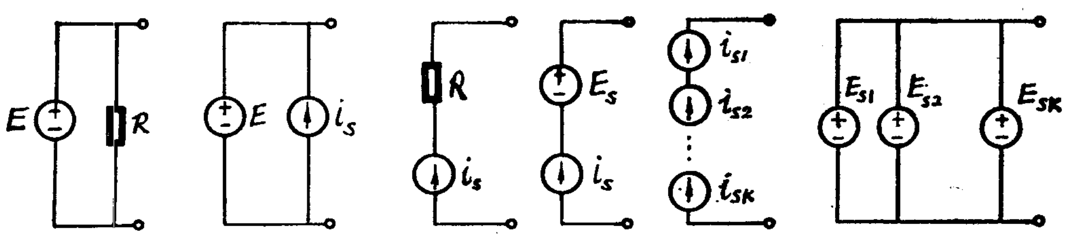



图 1—2

［**解**］ 此题说明了这样的一些概念：

1. 任何一个无耦合的元件与电流源串联，对外电路来说，就等于这个电流源，因为电流源强使该支路电流为电流源所确定的电流。

2. 任何一个无耦合的元件与电压源并联，对外电路来说，就等于这个电压源，因为电压源强使该支路两端的电压，为电压源所确定的电压。

3. 电流源串联的条件是所有的电流源必须相等，否则违反 $KCL$。对外电路来说，它就等效于其中任何一个电流源。

4. 电压源并联的条件是所有的电压源必须相等，否则违反 $KVL$。对外电路来说，它

就等效于其中任何一个电压源。

**1—3.** 求无限长链形网络的入端电阻 $R_{ab}$，已知分路电阻为 $R_p$，串联电阻为 $R_s$

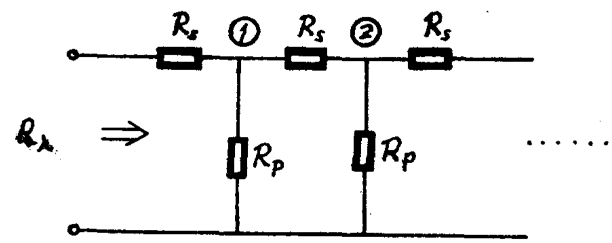



图 1—3

［解］ 由于是无限长链形网络，所以首端去掉一链后，它仍然是无限长链形网络，其入端电阻也应该是 $R_{ab}$。则有

$$R_{ab}=R_s+R_p//R_{ab}$$

$$R_{ab}^2-R_sR_{ab}-R_sR_p=0$$

解之得
$$R_{ab}=\frac{R_s\pm\sqrt{R_s^2+4R_sR_p}}{2}$$

因为 $R_s$，$R_p$ 为正电阻，所以 $R_{ab}>0$

故
$$R_{ab}=\frac{R_s+\sqrt{R_s^2+4R_sR_p}}{2}$$

进一步问，若欲使 $\frac{u_1}{u_2}=n$， 则 $\frac{R_p}{R_s}$ 等于多少？

$\because$
$$\frac{u_1}{u_2}=\frac{R_{ab}}{R_{ab}-R_s}$$

$\therefore$
$$\frac{R_{ab}}{R_{ab}-R_s}=n \quad R_{ab}=\frac{n}{n-1}R_s$$

即
$$\frac{R_s}{2}\left[1+\sqrt{1+4\frac{R_p}{R_s}}\right]=\frac{n}{n-1}R_s$$

解之得
$$\frac{R_p}{R_s}=\frac{n}{(n-1)^2}$$

上式说明，若欲使前一点的电压是后一点电压的 $n$ 倍，则 $R_p$ 与 $R_s$ 的比值应满足上面所列的关系式。

**1—4.** 求图 1—4 (*a*) 所示网络的入端电阻 $R_{ab}$。

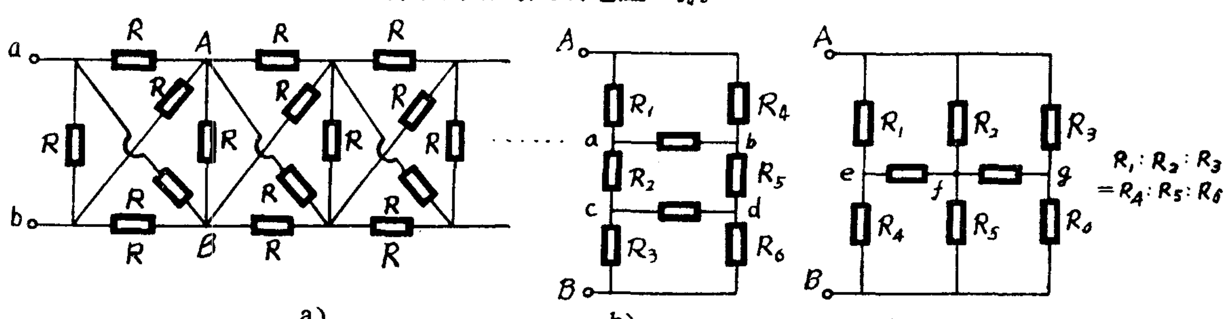



图 1—4

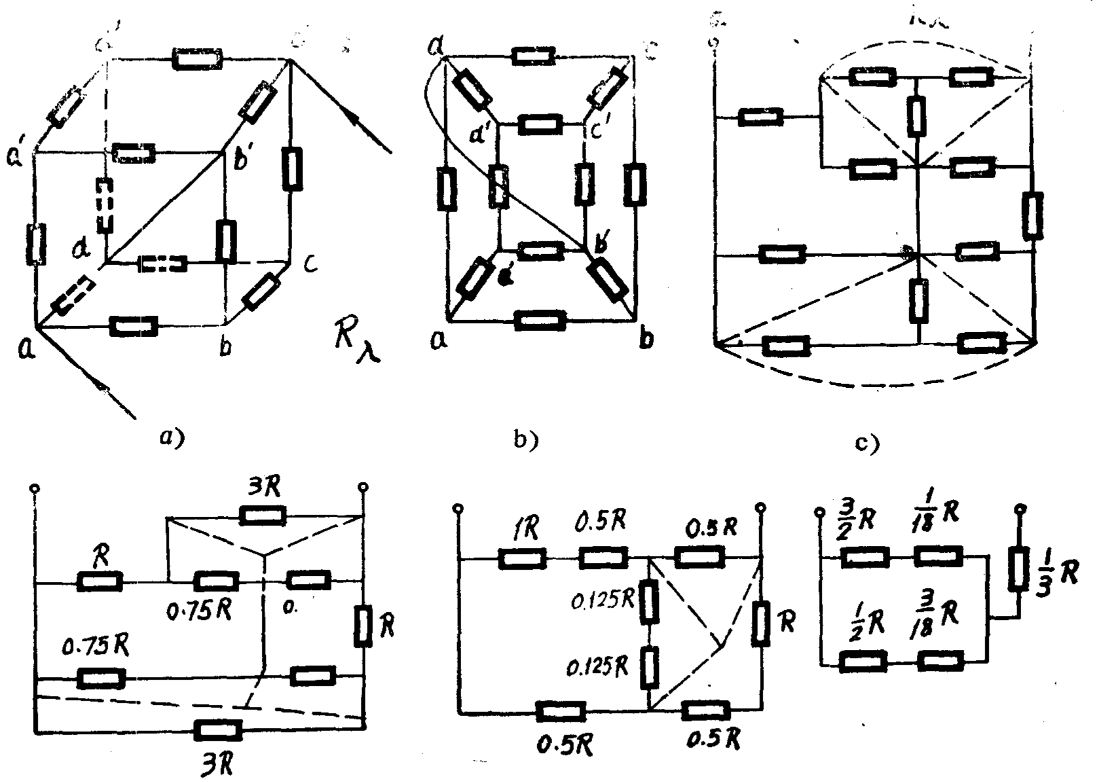
〔解〕 根据电桥平衡的原理，图1—4$a$)中 $A$、$B$ 两点是等电位点，故可以将 $AB$ 两点短接，也可以将 $AB$ 两端所形成的支路从电路中断开，求得

$$R_{ab}=\frac{1}{2}R$$

又，图 1—4$b$ 及 1—4$c$ 中，可以分析出 $a$ 与 $b$ 及 $c$ 与 $d$， $e$、$f$ 与 $g$ 均是等电位点，都可以把这些等电位点短接，或把等电位点间的支路断开，然后再计算入端电阻。

如何判断电路中那些点是等电位点呢？这是需要小心求证的，千万不可粗枝大叶想当然地判定。除了电桥平衡原理外，一般采用试探法，将可能是等电位点间的支路断开，分析一下断开后这两点间的电压是否为零，若为零，则这两点是等电位点，否则就不是。

**1—5.** 求图 1—5 ($a$) 所示网络的入端电阻 $R_\lambda$，每个元件的电阻都是 $R$。(79 年南京工学院研究生入学试题)。




a) b) c)

d) e) f)

〔解〕 对于图示网络垂直向下压扁，得到如图1—5 ($b$)，($c$) 所示的网络，对该网络进行三次 $Y/\Delta$变换，如图1—5 ($d$)，($e$)，($f$) 所示。可求得 $R_\lambda=0.8R$。

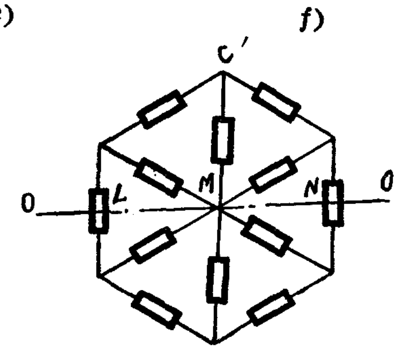



图 1—5 g)

又，如果沿着对角线 $db'$ 压扁：得到图 1—5（g）所示的网络。此网络是平衡对称网络，所谓平衡对称，系指垂直于端口的垂直平分线能将该网络平分成上下两半完全一样的网络，例如图中所示的 0 0 轴线就将该网络平分成上下两半，而且交点 $L$、$M$、$N$ 为等电位点，可以短接。得

$R_{入}=2\times[(1//0.5+1)//(1//0.5+1)//1]R=0.8R$，如图 1—5（g）。

**1—6.** 求图 1—6 所示网络的入端电阻。图中每个电阻的值为 $1\Omega$。

［**解**］ 根据平衡对称网络的概念，$E$、$O'$、$O$ 为自然等电位点，可以短接。所以

$$R_{入}=2\times[1+1//1//0.5]//1=\frac{10}{9}\Omega。$$

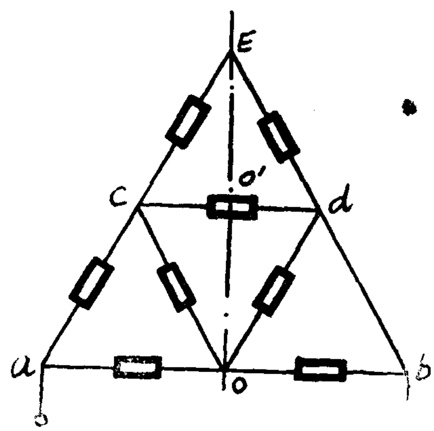
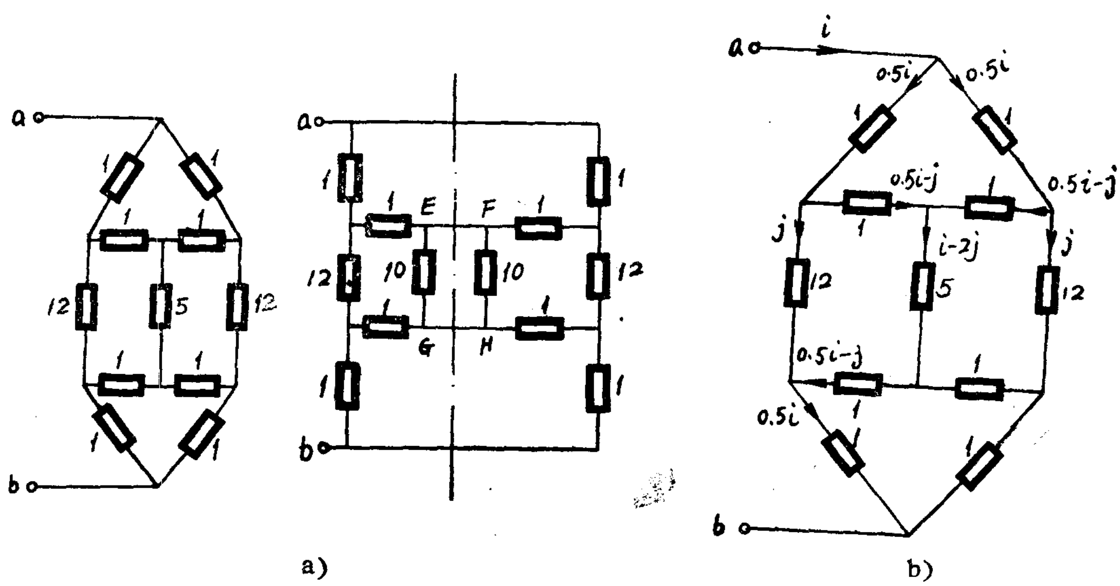



图 1—6

**1—7.** 求图 1—7 所示网络的入端电阻。




a)　　　　b)

图 1—7

〔**解**〕 此题如果按平衡对称网络的概念来求解，占不到很大的便宜。如若将中间5Ω的支路看成是两个10Ω支路的并联，则过端头 $a$、$b$ 的直线可将该网络劈成左右两个完全相等的部分。这样的网络称为传递对称网络，因为该网络从端口的左侧和右侧看进去是完全一样的，即将该网络沿着过 $a$ $b$ 端头的轴线旋转180°后，网络的图形完全一样。传递对称网络有这样的一个特点，与劈线相交的支路电流为0，如图1—7 (b) 中的 $EF$ 支路与 $GH$ 支路。所以 $R_入=\frac{1}{2}[1+12//(1+10+1)+1]=4\Omega$。

此题还可以用电流分布系数法求解。根据网络结构的特点，令各支路电流分布如图1—7 (b) 所示。则由网孔迴路方程有

$$12j=\frac{1}{2}i-j+5\ (i-2j)\ +\frac{1}{2}i-j$$

$$\Rightarrow 12j=6i-12j$$

$$\therefore \qquad j=\frac{1}{4}i$$

由此端口电压

$$u=\frac{1}{2}i+\frac{1}{4}i\times 12+\frac{1}{2}i=4i$$

$$\therefore \qquad R_入=\frac{u}{i}=4\Omega。$$

**1—8.** 求图示网络的入端电阻。

〔**解**〕 根据电路结构的特点，求得各支路电流的分布如图1—8所示。由此得

$$u=\frac{1}{3}iR+\frac{1}{6}iR+\frac{1}{3}iR=\frac{5}{6}iR$$

$$\therefore \qquad R_入=\frac{u}{i}=\frac{5}{6}R$$

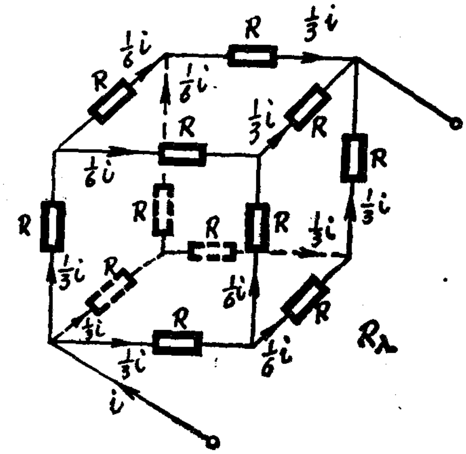


图 1—8

**1—9.** 求图示无限网络的入端电阻，图中每个电阻为 $R$。

〔**解**〕 由于是无限网络，所以无穷远点是一点，如果我们把这张平面网络投影到球面上去，则无穷远点对应着球面上的北极，而入端处的一点对应着球面上的南极。如果我们在端口处的两个端头与北极间接两个电流大小相等方向相反的电流源，然后再运用叠加原理，则根据网络结构的特点和电流分布系数的概念，有

$$i_1'=\frac{1}{4}i \qquad i''_1=\frac{1}{4}i \qquad i_1=i_1'+i_1''=\frac{1}{2}i$$

$$\therefore \qquad u=\frac{1}{2}iR \qquad \therefore \qquad R_入=\frac{u}{i}=\frac{1}{2}R。$$

又解，我们在端口处并一电流源 $i$，该电流源的电流有一部分流入端口的电阻支路 $R$ 上，设为 $i_1$，另一部分从节点处，沿着三条支路流出，设为 $i_2$。则这三条支路上的电流为$\frac{1}{3}i_2$，并依次类推。如图 1—9 (*b*) 所示。根据电路结构特点，有下列两个方程式

$$\begin{cases} i_1 + i^{\infty} = i & \cdots\cdots \quad (1) \\ i_1 R = 2\sum\limits_{k=1}^{\infty}\left(\frac{1}{3}\right)^k i_2 R & \cdots\cdots \quad (2) \end{cases}$$

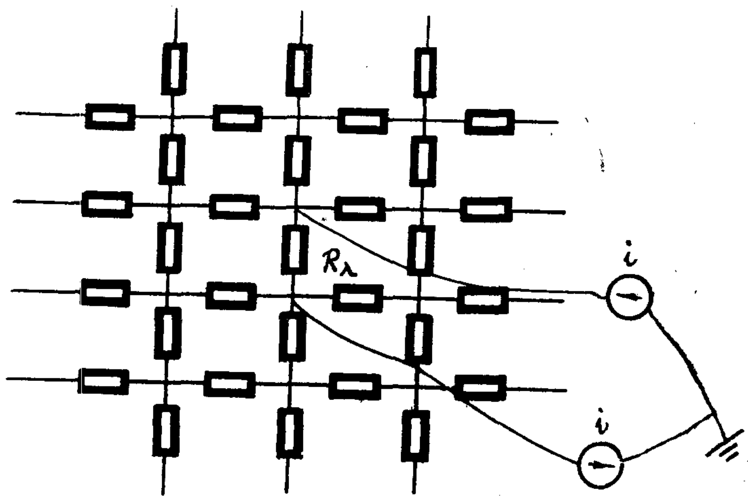



图 1—9 *a*)

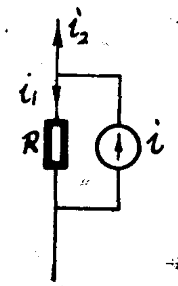



图 1—9 *b*)

由 (2) 求得

$$i_1 = \frac{2\times\frac{1}{3}i_2}{1-\frac{1}{3}}$$

$$i_1 = i_2$$

$$\therefore \quad i_1 = \frac{1}{2}i$$

$$u = i_1 R = \frac{1}{2}iR$$

$$\therefore \quad R_\lambda = \frac{u}{i} = \frac{1}{2}R$$

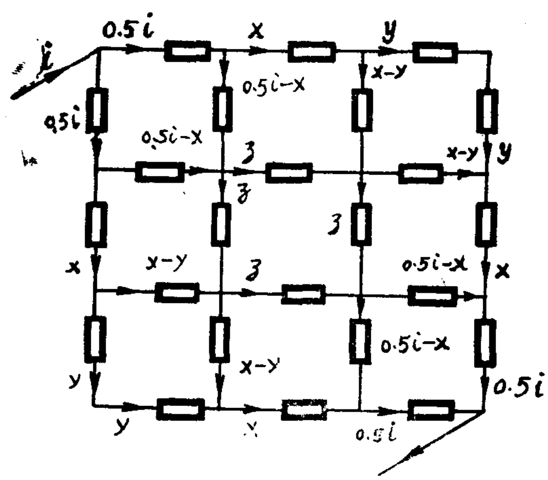



图 1—10 *a*)

**1—10.** 求图示有限网络的入端电阻（所有支路的电阻为$R$）

［解］ 根据电路结构的特点，各支路电流分布的情况如图 1—10 (*a*) 所示。然后再列出电路中两个独立网孔迴路方程，和一个独立节点方程。

$$z = 0.5i - x$$

$$\begin{cases} 0.5i - x + z = 2x - y \\ 2y = 2x - 2y \end{cases}$$

解之得 $$x=\frac{2}{7}i,\quad y=\frac{1}{7}i$$

$$\therefore \qquad u=2\times(0.5+x+y)\,iR=\frac{13}{7}i$$

$$\therefore \qquad R_i=\frac{u}{i}=\frac{13}{7}R$$

电流分布系数法求入端电阻的要点是，根据电路结构的对称情况，决定网络中一些支路的电流分布系数，而不能决定的一些支路的电流分布系数则以未知数代替。各支路的电流分布系数规定以后，网络中有一些网孔迴路方程和节点方程自然满足，因此它们就不再是独立的方程了，只需列出剩下的独立节点方程和独立回路方程来求解待确定的支路电流分布系数。应该说这些独立方程的个数与待确定支路电流分布系数未知量的个数一样。所以电流分布系数法的实质是支路法求解电路的灵巧运用，各支路电流的分布系数确定以后，则不难求出端口电压及入端电阻。

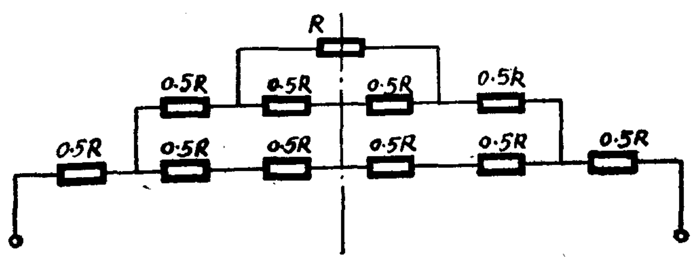



图 1—10 b)

此题还可以根据等电位点的概念，得到如图 1—10 (b) 所示的网络，再利用平衡对称网络的概念，求得

$$R_i=2\times[0.5+1//(0.5+0.5//0.5)]R=\frac{13}{7}R$$

**1—11.** 求有 $n$ 个节点的完全图网络，将其中一条支路切断形成一个端口，求该端口的入端电阻及转移电阻，如图 1—11 所示。

［**解**］ 设每一条支路的电导为 $g$

则 $$(n-1)g\phi_1-g\phi_2-\cdots\cdots-g\phi_{n-1}=E_sg \tag{1}$$

$$-\phi_1 g+(n-1)g\phi_2\cdots\cdots-g\phi_{n-1}=0 \tag{2}$$

$$\cdots\cdots$$

$$-\phi_1 g-\phi_2 g-\cdots\cdots+(n-1)g\phi_{n-1}=0 \tag{n-1}$$

将 $n-1$ 个方程相加，得 $$\sum_{k=1}^{n-1}\phi_k=E_s$$

注：所谓完全图系指图中每两个节点间有一条支路且仅有一条支路的图形，即图中汇集在每一个节点上的支路数为n—1。

由方程（1）得 $$n\phi_1-\sum_{k=1}^{n-1}\phi_k=E_s$$

∴ $$\phi_1=\frac{2}{n}E_s$$

由第 $j$ 个方程得

$$n\phi_j-\sum_{k=1}^{n-1}\phi_k=0$$

∴ $$\phi_j=\frac{1}{n}E_s$$

由此得 $$j_1=\frac{E_s-\phi_1}{R}=\frac{n-2}{nR}E_s$$

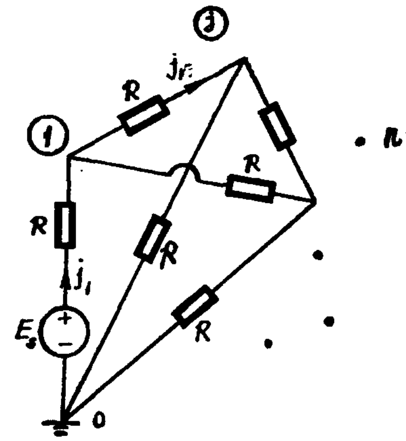



图 1—11

$$j_{1j}=\frac{\phi_1-\phi_j}{R}=\frac{1}{nR}E_s$$

∴ $$R_\lambda=\frac{E_s}{j_1}=\frac{n}{n-2}R;\qquad R_{1j}=\frac{E_s}{j_{1j}}=nR$$

又解，根据电流分布系数的概念，

$$j_{1j}=\frac{1}{n-2}j_1;\qquad j_{j0}=\frac{1}{n-2}j_1$$

列包括 0 1 $j$ 三点的网孔回路方程，得

$$E_s=j_1R+j_{1j}R+j_{j0}R=\frac{n}{n-2}j_1R$$

∴ $$j_1=\frac{E_s}{nR}(n-2)$$

$$j_{1j}=\frac{E_s}{nR}$$

∴ $$R_\lambda=\frac{E_s}{j_1}=\frac{n}{n-2}R;\qquad R_{1j}=\frac{E_s}{j_{1j}}=nR$$

**1—12.** 求图 1—12 所示的特性曲线的电阻网络。

［**解**］ 这是已知一端口电阻网络的特性曲线，求该电阻网络的结构的问题，可以说是求入端电阻的逆命题。

如何将电阻性元件组合起来，使它们具有特定的二端网络特性曲线呢，这个问题很有点象幼儿园的小朋友进行“搭积木”的游戏。只不过这里所用的是一些电阻元件的基本单元，并根据 $KCL$，$KVL$ 两大原则进行“拼凑”。为此我们提出电阻网络综合的基本单元。

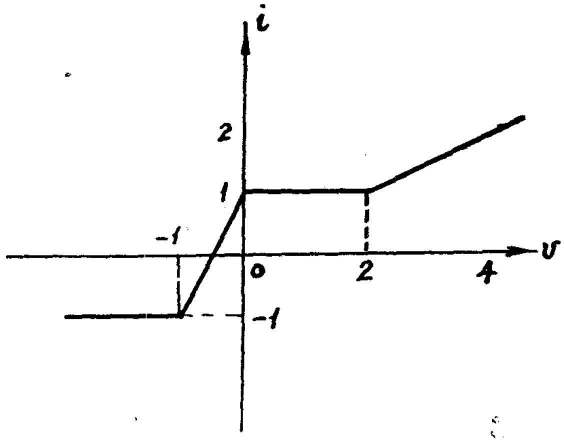



图 1—12

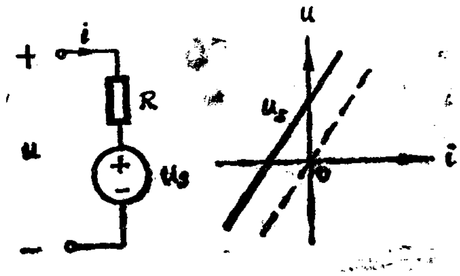



图 1—12 a)

1. 特性曲线的平移

独立电压源与元件串联，使特性曲线沿 $V$ 轴方向平移。当 $u_s>0$ 时使特性曲线沿 $V$ 轴正方向平移；当 $u_s<0$ 时使特性曲线沿 $V$ 轴负方向平移。如图 1—12 ($a$) 所示。

独立电流源与元件并联，使特性曲线沿 $i$ 轴方向平移。当 $i_s>0$ 时使特性曲线沿 $i$ 轴正方向平移；当 $i_s<0$ 时使特性曲线沿 $i$ 轴负方向平移。如图 1—12 ($b$)

注意 $u_s$，$i_s$ 与 $i$ 的正向规定一致。

2. 特性曲线的截取

理想二极管与元件正向相串，将元件的特性曲线在负 $i$ 平面的线段拉向负 $V$ 轴；而理想二极管与元件反向相串，则将元件的特性曲线在正 $i$ 平面的线段拉向正 $V$ 轴。如图 1—12 ($c$)、($d$) 所示。

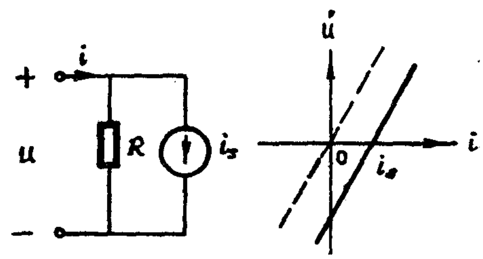



图 1—12 $b$)

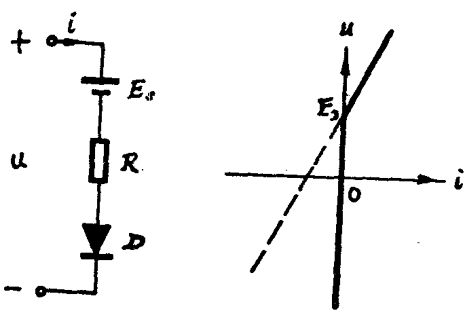



图 1—12 c)

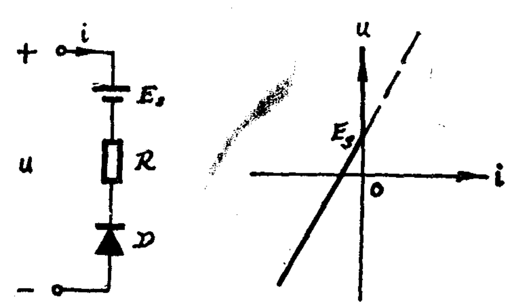



图 1—12 d)

同理，理想二极管与元件正向相并，将元件的特性曲线在正 $V$ 平面的线段拉向正 $i$ 轴；而理想二极管与元件反向相并，则将元件的特性曲线在负 $V$ 平面的线段拉向负 $i$ 轴。如图 1—12 ($e$) ($f$) 所示。

3. 特性曲线的转折

理想二极管与独立电流源顺向相并再与元件串联，（所谓顺向相并系指二极管的极性与端口电压一致。）则将特性曲线的 $i<i_s, V<i_sR$ 部分转折成一条平行于 $V$ 轴的直线，而与 $V$ 轴的距离为 $i_s$。（$i_s$ 与 $i$ 方向一致数值为正，相反数值为负。）如图 1—12 (g) 所示。若理想二极管与独立电流源反向相并，再与元件串联，特性曲线的转折如图 1—12 (h) 所示。

而理想二极管与独立电压源串联后再与元件并联，使特性曲线的转折如图 1—12(i)，(j) 所示。

有了这些基本单元，不难得到该题的解答，如图 1—12(k)。

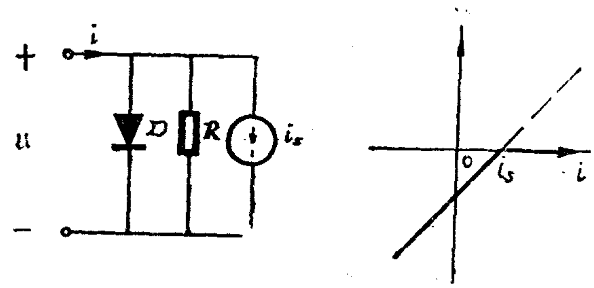



图 1—12 e)

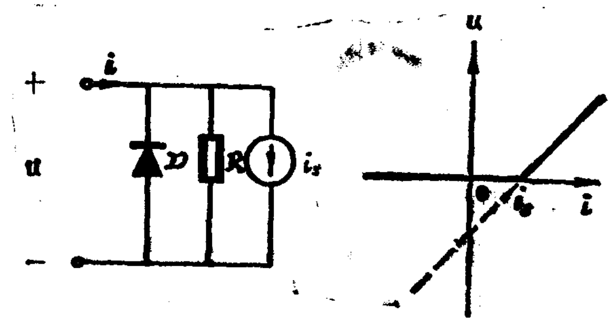



图 1—12 f)

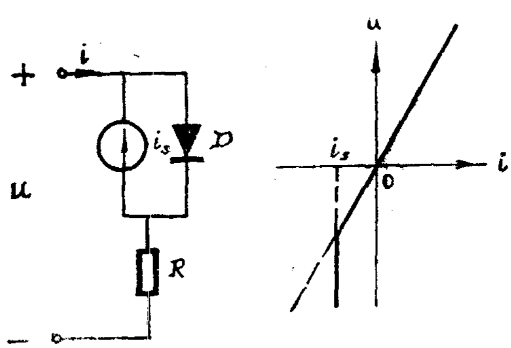



图 1—12 g)

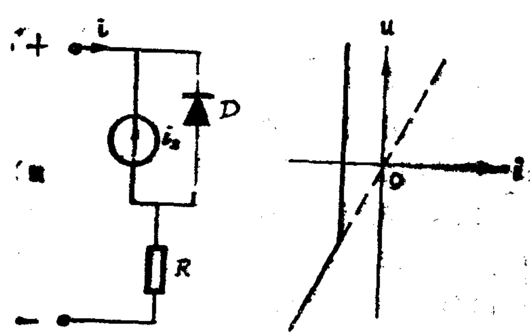



图 1—12 h)

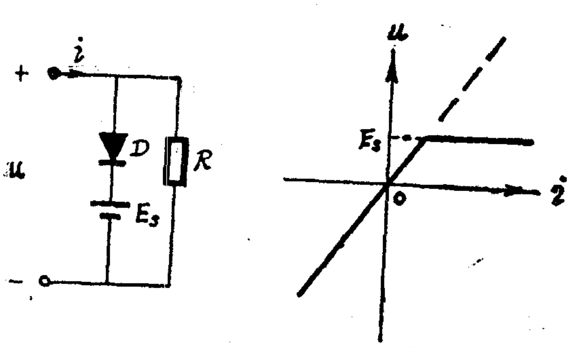



图 1—12 i)

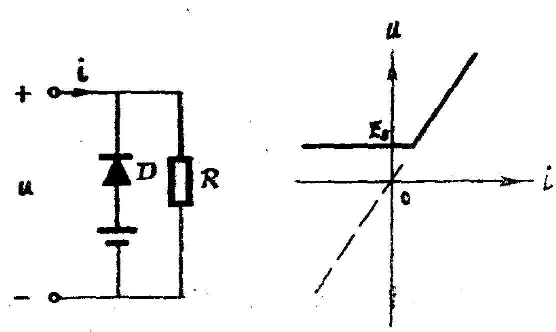



图 1—12 j)

需要说明的是，电阻网络综合的解答不是唯一的。因为满足同一特性曲线的一端口网络是多种的，电阻的串并联则是这个问题的鲜明例证。限于篇幅关系，这里只介绍这一些基本概念。

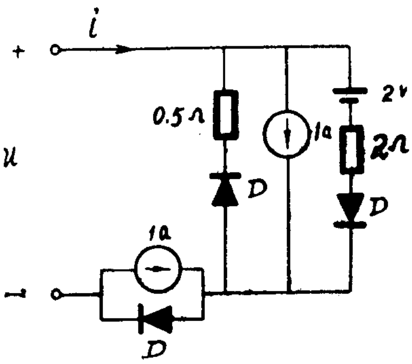



图 1—12 k)

**1—13.** 图示电路，已知电势源电势 $E=100$ 伏，电流源电流 $I_5=1$ 安，各电阻 $R_2=R_3=R_4=50$ 欧。求此两电源各自发出的功率（79 届华工研究生入学试题）

〔解〕 用叠加原理求。

$E$ 单独作用

$$i_1'=\frac{E}{R_2}+\frac{E}{R_3+R_4}=3a$$

$$V_5'=\frac{E}{R_3+R_4}R_4=50V$$

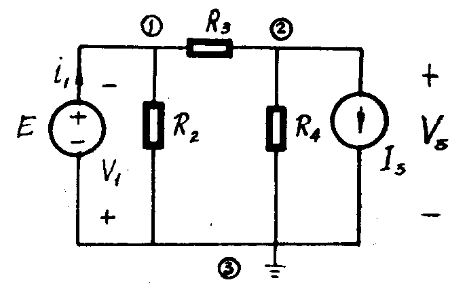



图 1—13

$I_5$ 单独作用

$$i_1''=I_5\frac{R_4}{R_3+R_4}=0.5a。$$

$$V_5''=-I_5R_3//R_4=-25V。$$

由此求得

$$i_1=i_1'+i_1''=3.5a$$

$$V_5=V_5'+V_5''=25V。$$

∴

$$P_E=Ei_1=350W$$

$$P_{I5}=V_5I_5=25W。$$

故电势源 $E$ 发出 $350W$ 的功率而电流源 $I_5$ 消耗 $25W$ 的功率。从此题的功率计算中，我们知道功率的计算有两套公式，$P=Ei$；$p=Vi$，这两个公式都有一个前提，即 $E$ 与 $i$ 及 $V$ 与 $i$ 的正向规定必须一致。在这里需要提请读者注意的是，电势 $E$ 的正向规定是由负端指向正端，而电压 $V$ 的正向规定是由正端指向负端；由 $p=EI$ 计算出来的结果是发出功率，当然若计算出来的数值为负的话，可以理解为是发出负功率，即消耗正功率。而由 $p=VI$ 计算出来的结果是消耗功率，当然若计算出来的数值为负的话，可以理解为消耗负功率，即发出正功率。如果 $E$ 与 $i$ 及 $V$ 与 $i$ 的正向不一致的话，则在公式前面都必须冠一负号，而计算出来的结果含义不变。

例如 $P_E$ 若用第二个公式计算，则有

$$P_E = V_1 i_1 = -E i_1 = -350W$$

同样可以得出结论说，$E$ 发出 350$W$的功率。

此题还可以用节点法来计算，若以节点③作为参考点，则节点①的电位为 $E$，这样只需列节点②一个方程就可以求解。

$$\frac{\varphi_2}{R_4} + \frac{\varphi_2 - E}{R_3} = -I_5.$$

解之得 $\varphi_2 = 25V$.

$$i_1 = \frac{E}{R_2} + \frac{E - \varphi_2}{R_3} = 3.5a \text{ 结果同前。}$$

1—14. 求图示电路的各支路电流、并计算电压源 $E_s$ 和电流源 $I_s$ 的输出功率（79届东北工学院研究生入学试题）。

〔解〕 此题因为要求各支路电流，看来用节点法求解比较方便，只须列节点③的一个方程（以节点①作参考点）即可。

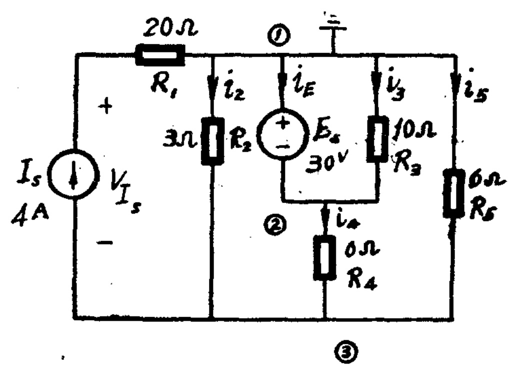



图 1—14

$$\frac{\varphi_3}{R_2} + \frac{\varphi_3}{R_5} + \frac{\varphi_3 + E_s}{R_4} = -I_s$$

解之得 $\varphi_3 = -13.5V$

$$i_1 = I_s = 4a; \quad i_2 = -\frac{\varphi_3}{R_2} = 4.5a \qquad i_3 = \frac{E_s}{R_3} = 3a$$

$$i_4 = \frac{-\varphi_3 - E_s}{R_4} = -2.75a \quad i_5 = -\frac{\varphi_3}{R_5} = 2.25a$$

$$i_E = i_4 - i_3 = -5.75a$$

$$V_{IS} = i_1 R_1 - \varphi_3 = 93.5V$$

∴ $p_{IS} = -I_s V_{IS} = -374W$ 电流源发出 $374^W$ 功率

$p_{ES} = -E_s i_E = 172.5W$ 电压源发出 $172.5^W$ 功率。

从此题的解题过程中，可以看出假定正向是很重要的，弄得不好，往往容易在符号上搞错，这是读者要特别小心和注意的。此外，在用节点法解题时，含源支路的欧姆定律必须掌握得比较熟练。对含源支路的欧姆定律来说，若电势 $E$、电压 $u$ 的正向与电流 $i$ 的正向一致时为"加"，反之为"减"。

**1—15.** 图示电路中电势源 $E_{s1}=50$ 伏，$E_{s2}=5$ 伏，电流源 $I_{s1}=1$ 安，$I_{s2}=2$ 安，试求各支路中的电流，以及各电源输出的功率(79 届南工研究生入学试题)。

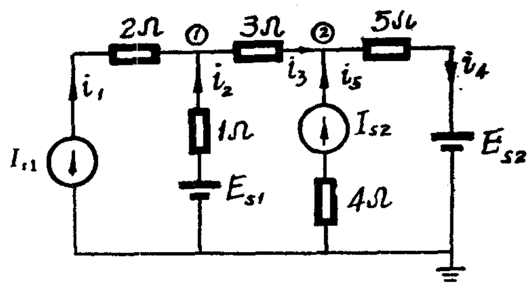



图 1—15 *a*)

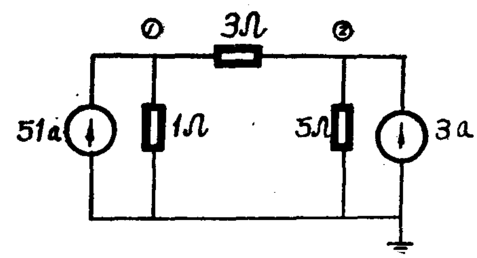



图 1—15 *b*)

〔解〕 用节点法进行求解，并将电势源与电阻串联的支路等效变换成电流源与电阻并联，同时将电流源进行合并，得图 1—15(*b*) 的电路。

列节点方程 $\frac{4}{3}\varphi_1-\frac{1}{3}\varphi_2=51$

$$-\frac{1}{3}\varphi_1+\frac{8}{15}\varphi_2=3.$$

解之得 $\varphi_1=47V$； $\varphi_2=35V$.

∴ $i_1=I_{s1}=1a$； $V_{IS1}=\varphi_1+i_1\cdot 2=49V$

$i_2=\frac{50-\varphi_1}{1}=3a$； $V_{IS2}=\varphi_2+i_5\cdot 4=43V$

$i_3=\frac{\varphi_1-\varphi_2}{3}=4a$； $I_{ES1}=i_2=3a$

$i_4=\frac{\varphi_2-E_{s2}}{5}=6a$； $I_{ES2}=i_4=6a$

$i_5=I_{s2}=2a$

∴ $P_{IS1}=-V_{IS2}\cdot i_1=-49W$； $P_{IS2}=-V_{IS2}\cdot i_5=-86W$

$P_{ES1}=E_{s1}\cdot i_2=150W$； $P_{Es2}=-E_{s2}\,i_4=-30W$.

所以电流源 $I_{s1}$，$I_{s2}$ 及电势源 $E_{s1}$ 分别发出功率 49$W$，86$W$及 150$W$；而电势源 $E_{s2}$ 则消耗30$W$的功率。

**1—16.** 图示电路，试求左边电流源 (3*a*) 的端电压。(图中的电阻单位为欧姆) (79 届华中工学院研究生入学试题)

〔解〕 本题若从电流源激励的两个端口看，是一平衡对称与传递对称的网络，若两电流源相等则该网络为正对称网络，若两电流源数值相等方向相反，则为反对称网络。为此我们将端口的电流源看作是两个电流源 $I_1$ 与 $I_2$ 的叠加，其中

$$I_1=\frac{1}{2}[I_{s1}+I_{s2}]$$

$$I_2=\frac{1}{2}[I_{s1}-I_{s2}]$$

则
$$I_{s1}=I_1+I_2$$
$$I_{s2}=I_1-I_2$$

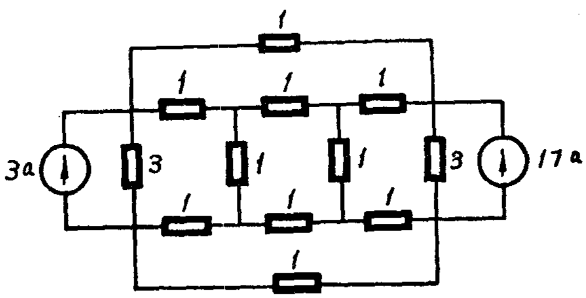



图 1—16 a)

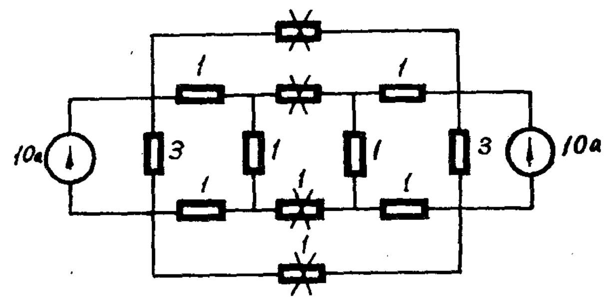



图 1—16 b)

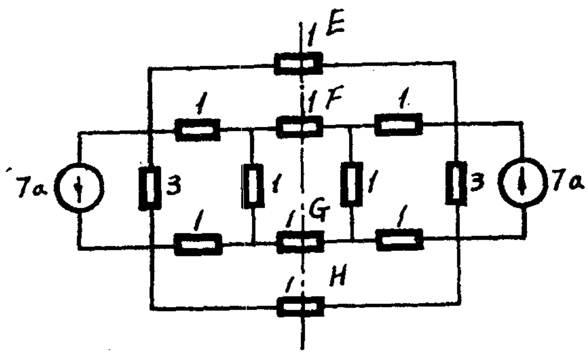



图 1—16 c)

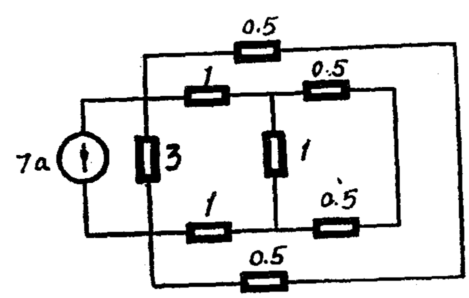



图 1—16 d)

这样，图 1—16($a$) 的解就分解为图 1—16($b$) 的解与图 1—16($c$) 的解的代数和。对图1—16($b$) 来说，不难用叠加原理证明中间打“×”的支路的电流为零。所以 $V'=10\times3//3=15^V$；对图 1—16($c$) 来说，不难用叠加原理证明 $E$、$F$、$G$、$H$ 为等电位点，分别将它们短接如图 1—16($d$) 所示。所以

$$V''=-7\times3//2.5//1=-\frac{52.5}{13}V。$$

$$\therefore \qquad V=V'+V''=\frac{142.5}{13}V。$$

**1—17.** 图示电路中，已知：电阻 $R_1=R_2=1\,\Omega$，$R_4=\frac{1}{2}\Omega$，非线性电阻 $R_5$ 的伏安特性为$U_5=i_5^2$；直流电压源 $E_3=1V$，$E_4=\frac{1}{2}V$；直流电流源 $I_6=1\,a$。求：电阻 $R_5$ 中的电流。(79 届哈工大研究生入学试题)