

线性电路习题指南

王宝锐 编著

人民邮电出版社

内 容 简 介

本书较系统地归纳了线性电路的基本理论和各种计算方法，以及这些理论和方法在解题中的应用。内容包括稳态与暂态、直流与交流、正弦与非正弦、单相与三相、含受控源电路的计算等，并列举了大量的典型计算题。为使读者熟练地掌握电路的分析和计算方法，对某些题目给出了多种解法；同时还指出了学习中容易出现的一些错误，以便使读者注意。每章末附有复习思考题，读者通过自我检验，可以巩固学过的基本概念，并加深理解。

本书可供大专院校、电视大学、函授大学、中等专业学校电类专业 的 师生，工程技术人员阅读。

线 性 电 路 习 题 指 南

王宝锐 编著

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：850×1168 1/32 1985年4月第 一 版
印张：18 12/32 页数：294 1985年4月河北第一次印刷
字数：490 千字 印数：1—18,000 册

统一书号：15045·总2942—有5381

定价：3.50元

目 录

第一章 直流电阻电路的计算	(1)
一、本章要点	(1)
二、学习本章用到的数学知识	(11)
三、本章的基本要求	(11)
四、习题的分析与计算	(11)
五、复习思考题	(69)
第二章 正弦电路的稳态计算	(71)
一、本章要点	(71)
二、学习本章用到的数学知识	(80)
三、本章的基本要求	(80)
四、习题的分析与计算	(80)
五、复习思考题	(155)
第三章 线性电路过渡过程的计算	(158)
一、本章要点	(158)
二、学习本章用到的数学知识	(169)
三、本章的基本要求	(169)
四、习题的分析与计算	(169)
五、复习思考题	(276)
第四章 含有受控源的线性电路的计算	(278)
一、本章要点	(278)
二、学习本章用到的数学知识	(280)
三、本章的基本要求	(281)
四、习题的分析与计算	(281)
五、复习思考题	(380)

第五章 三相电路的稳态计算.....	(382)
一、本章要点.....	(382)
二、学习本章用到的数学知识.....	(392)
三、本章的基本要求.....	(393)
四、习题的分析与计算.....	(393)
五、复习思考题.....	(440)
第六章 非正弦周期波的傅里叶分析及非正弦交流电路的 稳态计算.....	(442)
一、本章要点.....	(442)
二、学习本章用到的数学知识.....	(450)
三、本章基本要求.....	(453)
四、习题的分析与计算.....	(453)
五、复习思考题.....	(580)

第一章 直流电阻电路的计算

一、本章要点

(一) 基本概念

1. 电路的物理量及其参考方向。

(1) 电压 U 、电流 I 是电路的基本物理量。电位 φ 和功率 P 是电路常用的物理量。

电位是相对量。它与参考点的选择有关。电路中某点的电位是指该点到参考点间的电压。参考点变了，该点电位也随着变。

两点间的电位差称为两点间的电压。电压是绝对量，它与参考点的选择无关。

(2) 参考方向。

一个电路，特别是复杂网络，在未具体计算出各支路电流、各点电位时，有时很难判断电流的真实流向、电位的真实高低。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。按参考方向列方程计算。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。

电流的参考方向用箭头表示，电压的参考方向（即电位降方向，又称参考极性）用“+”、“-”表示。若在电路图中未标出电压、电流的参考方向，计算结果的正、负值没有意义。这是初学者应注意的。

为了方便，通常选择电流的参考方向与电压的参考方向相同，称为两者取关联参考方向。否则称为取非关联参考方向。

选关联参考方向的好处是：在电路图中仅标出一个物理量的参考方向，就不言而喻知道另一个物理量的参考方向了。今后若无特

8610025

• 1 •

殊声明均取关联参考方向。

2. 支路、回路、节点的定义。

支路：电路中流过同一电流的电流流通过径称为支路。

回路：电路中任何一个闭环路径称为回路。

独立回路：电路中的回路至少包含一条新支路是其它回路没有的，称这种回路为独立回路。电路中的网孔是独立回路，但独立回路不一定全是网孔。一个平面电路的独立回路数等于网孔数。

节点：3条或3条支路以上的连接点称为节点。

独立节点：电路中的节点至少连接一条新支路是其它节点没有的，称这种节点为独立节点。一个电路的独立节点数=该电路的全部节点数-1。

关系：支路数=独立回路数+独立节点数。或支路数=网孔数+(电路的全部节点数-1)

(二) 分析与计算直流电路的基本依据

1. 欧姆定律(即电阻元件的性能方程)

$$\text{在取关联参考方向时: } I = \frac{U}{R}$$

$$\text{在取非关联参考方向时: } I = -\frac{U}{R}$$

单位： I —安培(A)， U —伏特(V)， R —欧姆(Ω)

$G = \frac{1}{R}$ 称为电导，其单位为西门子(S)或姆欧($\mathcal{U}$)

2. 基尔霍夫定律

(1)基尔霍夫电流定律： $\sum I = 0$ 。它表明：在任一时刻，在任意一个节点处电流的代数和恒等于零。式中若流出节点的电流取正号，则流入节点的电流取负号；或者相反。这是人为规定的。

$\sum I = 0$ ，实质是电流连续性的表现形式，可推广应用于虚节点即闭合包围面。

(2) 基尔霍夫电压定律: $\sum U = 0$ 。

它表明: 在任一时刻, 沿任意闭合回路电压降的代数和为零。式中与回路绕行方向一致的电压降取正号, 与绕行方向相反的电压降取负号。

此定律是电路中两点间的电压与所选择路径无关这一性质的表现形式。应用时不限于具体的闭合回路, 可推广应用于假想的闭合路径。

今后电路的分析、计算及推导出的各种方法其基本依据就是元件的性能方程和基尔霍夫定律。

(三) 直流电路的功率 P

定义: $P = UI$ 即单位时间内电路 (或电阻元件) 获得的电能, 称为功率。其单位是瓦特 (W)。〔其中 U 、 I 分别取 伏特 (V) 和安培 (A) 为单位。〕

当 UI 取关联参考方向时, 称 P 为电路的输入功率。

当 UI 取非关联参考方向时, 称 P 为电路的输出功率。

对于电阻元件而言, 实属输入功率又称消耗功率。可用 $P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ 来表示。

(四) 网络分析、计算的一般方法

已知电路结构、元件参数 (或特性)、外激励 (即独立电源)。求电路物理量 U 、 I 、 P 称为网络分析。由电路基本定律推导出的各种方法适用于任何线性网络 (或称线性电路), 故称为网络分析的一般方法。分析方法如下:

1. 支路分析法

首先假设各支路电流的参考方向。以支路电流为求解对象, 应用基尔霍夫两个定律列完整方程组求解的方法, 称为支路分析法。

∴ 支路数 = 独立回路数 + 独立节点数,

∴ 用基尔霍夫两个定律列的独立方程数恰好等于未知的支路电

流数。

2. 回路分析法

首先假设各独立回路电流的参考方向，以独立回路电流为求解对象，应用基尔霍夫电压定律列完整方程组求解的方法，称为回路分析法。

完整方程组数=独立回路数。

对平面电路而言，独立回路数=网孔数。

若有 n 个独立回路，则方程组的一般规律是：

$$R_{11}I_1 + R_{12}I_2 + R_{13}I_3 + \cdots + R_{1n}I_n = \sum U_{11}$$

$$R_{21}I_1 + R_{22}I_2 + R_{23}I_3 + \cdots + R_{2n}I_n = \sum U_{22}$$

$$R_{31}I_1 + R_{32}I_2 + R_{33}I_3 + \cdots + R_{3n}I_n = \sum U_{33}$$

.....

$$R_{n1}I_1 + R_{n2}I_2 + R_{n3}I_3 + \cdots + R_{nn}I_n = \sum U_{nn}$$

其中：

R_{11} 、 R_{22} 、 R_{33} 、 $\cdots$ 、 R_{nn} 分别表示各独立回路电阻的和，称为各独立回路的自电阻，永取正号

$R_{12}=R_{21}$ 表示独立回路 1 和独立回路 2 公共支路的电阻和，称为该两回路的互电阻。

同理 $R_{ij}=R_{ji}$ 表示独立回路 i 和 j 的互电阻。互电阻可正、可负。视两个相邻回路电流的参考方向而定，若相同，取正号，若相反，取负号。

$\sum U_{s11}$ 、 $\sum U_{s22}$ 、 $\sum U_{s33}$ 、 $\cdots$ 、 $\sum U_{snn}$ 分别表示各独立回路电源电压的代数和。若电源电压升的方向与回路电流参考方向相同取正号；若相反取负号。

用回路电流取代支路电流实质是应用了基尔霍夫电流定律。

3. 节点分析法

首先选择电路的参考节点，令参考节点电位为零。（一个电路仅能选一个参考节点）。以节点电位为求解对象，应用基尔霍夫电流定律列完整方程组求解的方法称为节点分析法。

完整方程组数=独立节点数。

若有 n 个独立节点，则方程组的一般规律是：

$$g_{11}\varphi_1 + g_{12}\varphi_2 + g_{13}\varphi_3 + \cdots + g_{1n}\varphi_n = \Sigma I_{s11}$$

$$g_{21}\varphi_1 + g_{22}\varphi_2 + g_{23}\varphi_3 + \cdots + g_{2n}\varphi_n = \Sigma I_{s22}$$

$$g_{31}\varphi_1 + g_{32}\varphi_2 + g_{33}\varphi_3 + \cdots + g_{3n}\varphi_n = \Sigma I_{s33}$$

.....

$$g_{n1}\varphi_1 + g_{n2}\varphi_2 + g_{n3}\varphi_3 + \cdots + g_{nn}\varphi_n = \Sigma I_{snn}$$

其中：

g_{11} 、 g_{22} 、 g_{33} g_{nn} 分别表示与各独立节点相连接的各支路电导的和，分别称为各支路的自电导，永取正号。

$g_{12}=g_{21}$ 表示独立节点 1 和独立节点 2 之间各公共支路电导的和，称为节点 1 和节点 2 的互电导。互电导前永取负号。

同理 $g_{ii}=g_{ji}$ 表示独立节点 i 和独立节点 j 的互电导。

ΣI_{s11} 、 ΣI_{s22} 、 ΣI_{s33} ΣI_{snn} 分别表示与各独立节点相连接各电源支路电流的代数和。若该电流流入节点取正号，若流出节点取负号。

用节点电位表示各支路电流实质是应用了基尔霍夫电压定律。

4. 网络的等效变换法

(1) 无源网络的等效变换法

① 串并联等效变换法

对于无源电阻网络，凡是能通过电阻串并联等效变换关系，求其等效电阻，把多网孔电路变成单网孔电路，然后应用欧姆定律和电流、电压分配关系求电路物理量的方法，称为串并联等效变换法。

这种方法也是判断一个电路是简单电路还是复杂电路的依据。能够实行这种串并联等效变换的电路称为简单电路。否则，称为复杂电路。

已知两个并联电阻分别为 R_1 和 R_2 ，求等效电阻的关系式是：

$$R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \text{ (其中符号 } // \text{ 表示并联。)}$$

已知两个并联电阻的总电流 I ，求各支路电流的关系式是：

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2} \text{ 即并联支路的电流与其电阻成反比。}$$

②星形(Y)电阻和三角形(Δ)电阻的等效变换法

对于呈Δ形或Y形连接的无源电阻网络，不能用串并联等效变换法求其等效电阻（称为复杂电路），可通过Δ-Y电阻的等效变换法求其等效电阻。

若已知Δ形连接的三个电阻分别为 R_{12} 、 R_{23} 、 R_{31} 如图 1-1 所示。求其Y形连接的等效电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 （图 1-1 虚线所示）。其关系式是：

$$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_2 = \frac{R_{23} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_3 = \frac{R_{31} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

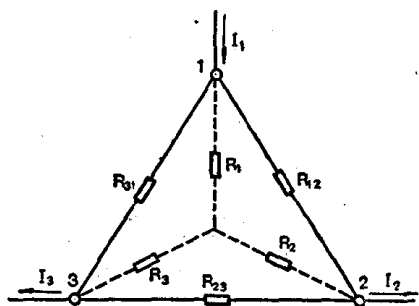


图 1-1

若已知Y形连接的三个电阻分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 如图 1-1 虚线所示。求其Δ形连接的等效电阻 R_{12} 、 R_{23} 、 R_{31} 。其关系式是：

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

$$R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 \cdot R_1}{R_2}$$

请读者注意各电阻下标的规律性，以便于记忆。注意：所谓等效变换是指变化前后外节点 1、2、3 的电流关系、电压关系不变。称为对外等效。而对内不等效。以下同。

(2) 有源网络的等效变换法

① 电压源和电流源的等效变换法

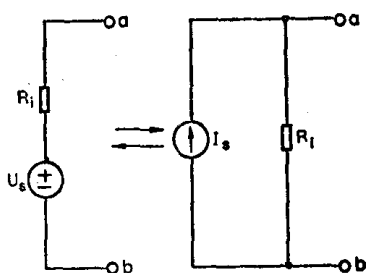


图 1-2

电路如图1-2。其变化关系是：

$$\text{大小：电流 } I_s = \frac{U_s}{R_i} \text{ 或电压 } U_s = R_i I_s$$

方向：电流源方向与电压源的电位升方向一致。即从电源的低电位指向高电位。

电压源是电压 U_s 和内阻 R_i 串联。电流源是电流 I_s 和内阻 R_i 并联。两者内阻值相等。

注意：若电压源的内阻 $R_i = 0$ 或电流源的内阻 $R_i = \infty$ 称为理想电源。两种理想电源间不能进行等效互换。

② 代维南定理(法)

任何一个线性含源二端网络 N ，就其端钮 ab 对外电路来说，总可以用一个等效的电压源 U_s ——电阻 R_i 的串联支路（又称代维南支路）来代替。

电压源电压 $U_s =$ 含源二端网络的开路电压 U_o

串联电阻 $R_i =$ 令该网络中所有独立源为零值时，其 ab 端的等效电阻（又称入端电阻） R_o 如图 1-3 所示。

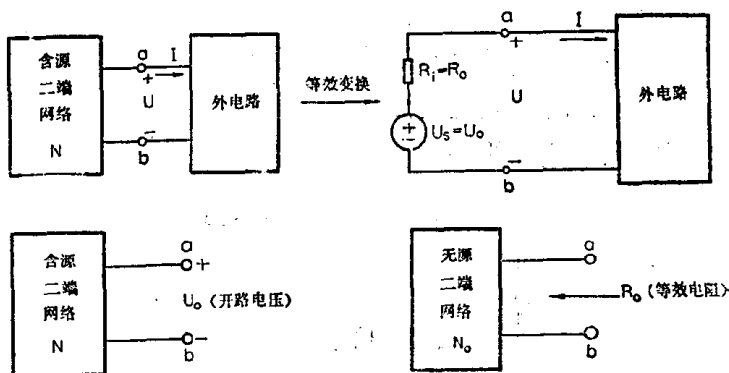


图 1-3

等效电阻 R_o 可用以下各方法求出：

- 1) 无源网络的等效变换法（同上）
- 2) 欲求入端外接电源法

首先令含源二端网络内部独立源值为零（电压源相当于短路，电流源相当于开路）。

然后在 ab 端外加电压源 U ，获得端电流 I （令 U 、 I 取关联参考方向，如图 1-4）。则 $R_o = \frac{U}{I}$

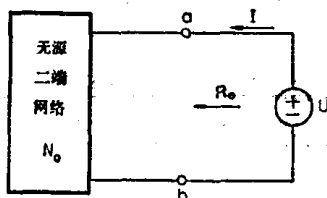


图 1-4

- 3) 欲求端开路、短路法

求含源二端网络 ab 端的开路电压 U_o 和短路电流 I_{sc} ，若 U_o 和 I_{sc} 取

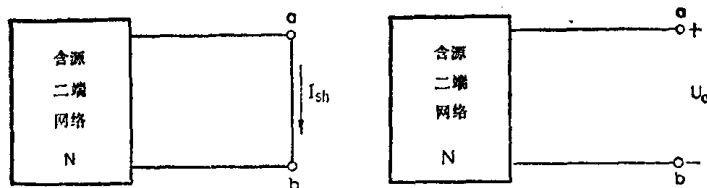


图 1-5

关联参考方向, 如图1-5则 $R_o = \frac{U_o}{I_{sh}}$ 。否则 $R_o = -\frac{U_o}{I_{sh}}$

4) 欲求端外接电阻法(又称实验法)

在含源二端网络的 ab 端外接电阻 R_L , 获得其上电压 U_L 。 ab 端空载时获得 ab 端开路, 电压 U_o 。则 $R_o = \left(\frac{U_o}{U_L} - 1 \right) R_L$ 。(注意: U_L 和 U_o 参考方向应相同) 此法适于通过实验求解。用直流电压表分别测出 ab 端空载电压 U_o 和外接电阻 R_L 后的电压 U_L , 然后代入公式: $R_o = \left(\frac{U_o}{U_L} - 1 \right) R_L$ 即可。故又称实验法。

③ 诺顿定理(法)

任何一个线性含源二端网络 N , 就其端钮 ab 对外电路来说, 总可以用一个等效的电流源 I_s ——电阻 R_i 的并联支路(又称诺顿支路)来代替。如图1-6

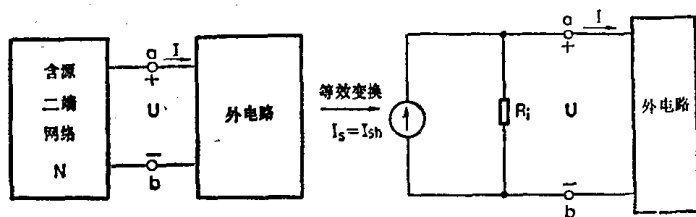


图 1-6

电流源电流 $I_s =$ 含源二端网络 ab 端短路的电流 I_{sh} 。如图1-5
并联电阻 R_i 与代维南支路的串联电阻求法相同。

5. 迭加定理(迭加法)

在线性电路中, 任一支路的电流(或电压)都是电路中各个独

立电源（又称外激励）单独作用时在该支路中产生的电流（或电压）的代数和。

迭加定理是线性电路的重要特性。

注意：

（1）每个独立电源单独作用时，其它独立源应为零值。对电压源讲，相当于短路。对电流源讲，相当于开路。

（2）迭加时以原电路的支路电流（或电压）的参考方向为准。每个独立电源单独作用时在该支路产生的电流（或电压）的参考方向与原电路参考方向相同时，取正号。相反时，取负号。

（3）功率不能迭加。

6. 互易定理（互易法）

在线性网络中，若只有一个独立电源（外激励）作用于电路时：

（1）若独立电压源 U_s （激励）作用于支路1，在支路2产生电流 I （响应），等于把此电压源 U_s 移至支路2中作用，将在支路1中产生相同的电流 I ，即电压源 U_s 与电流 I 位置互易。如图1-7所示。

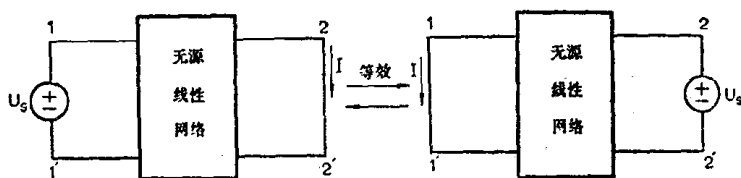


图 1-7

（2）若独立电流源 I_s （激励）作用于支路1，在支路2产生电压 U （响应），等于把此电流源 I_s 移到支路2中作用，将在支路1中产生相同的电压 U 。即电流源 I_s 和电压 U 位置互易。如图1-8。

注意：

①激励和响应必须一个是电压另一个是电流才能互相易位。若两者同是电压或电流没有互易性。

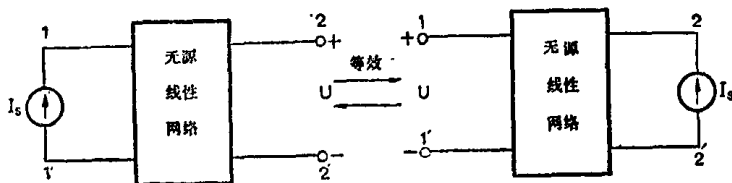


图 1-8

②互易时激励和响应的参考方向要对应一致。如图 1-7 和图 1-8。

③互易定理是线性网络的一个性质。应用它有时可以简化电路的计算。

二、学习本章用到的数学知识

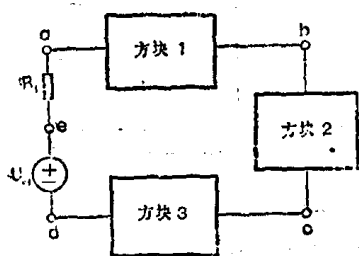
多元一次代数方程组的各种解法，如加减消元法、代入消元法、行列式法等。

三、本章的基本要求

1. 正确理解电路的基本概念和基本定律。
2. 熟练掌握回路分析法、节点分析法和代维南定理（法）。一般掌握其它方法。
3. 能够针对电路特点，正确选用方法分析和计算电路问题。

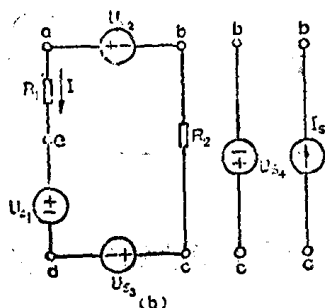
四、习题的分析与计算

1-1 电路如题图 1-1(a) 所示，已知 $U_{11}=1V$ ， $R_1=4\Omega$ ， $\varphi_1=5V$ ， $\varphi_2=3V$ ， $\varphi_3=5V$ ， $\varphi_4=0$ ，试问每个方块中应是什么元件？每个方块是输入功率还是输出功率？



(a)

题图 1-1(a)



题图 1-1(b)

解:

$$\because \varphi_d = 0, U_{11} = 1V$$

$$\therefore \varphi_c = 1V$$

$$\because \varphi_a = 5V$$

$$\therefore U_{12} = \varphi_a - \varphi_b = 5 - 1 = 4V$$

$$\therefore I = \frac{U_{12}}{R_1} = \frac{4}{4} = 1A \text{ (真实方向如题图 1-1(b))}$$

$$\because U_{13} = \varphi_c - \varphi_d = 1 - 0 = 1V, \text{ 且顺着电流方向是电位升。}$$

$\therefore$ 方块 1 中不能是电阻元件, 可以是电压源, 其值 $U_{12} = 2V$, 其真实极性是 a 正、b 负。也可以是电流源其值和方向同 I。

$$\because U_{14} = \varphi_c - \varphi_b = 1 - 3 = -2V, \text{ 且顺着电流方向是电位升。}$$

$\therefore$ 方块 3 可以是电压源, 其值 $U_{13} = 5V$, 真实极性是 c 正、d 负。(或是电流源其值和方向同 I)

$$\because U_{15} = \varphi_c - \varphi_b = 1 - 3 = -2V, \text{ 且沿电流方向是电位降。}$$

根据 U_{15} 和 I 的大小和真实方向来分析, 方块 2 可以是电阻, 也可以是电源。

$$\text{若是电阻 } R_2, \text{ 其值 } R_2 = \frac{U_{15}}{I} = \frac{2}{1} = 2\Omega.$$

若是电压源 U_{14} , 其值 $U_{14} = U_{15} = 2V$, 真实极性是 c 正 b 负。

若是电流源 I_s , 其值 $I_s = 1A$ 。如题图 1-1(b)

$\because$ 方块 1 中 U_{12} 和 I 方向相反,

∴ 方块 1 是输出功率 $P_1 = U_{12}I = 2 \times 1 = 2W$ 。

∴ 方块 2 中 U_{cb} 和 I 方向相同,

∴ 方块 2 是输入功率 $P_2 = U_{cb}I = 2 \times 1 = 2W$ 。

∴ 方块 3 中 U_{13} 和 I 方向相反,

∴ 方块 3 是输出功率 $P_3 = U_{13}I = 5 \times 1 = 5W$ 。

∴ $U_{ad} = 5V$ 和 I 方向相同,

∴ ad 段是输入功率 $P_4 = U_{ad}I = 5 \times 1 = 5W$ 。

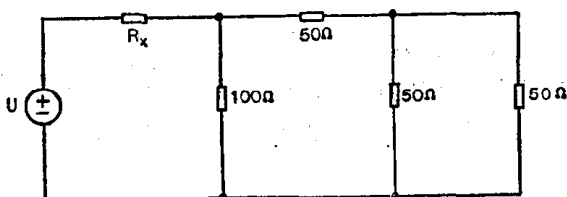
由上述功率计算可知:

电路的总输出功率是 $P_1 + P_3 = 2 + 5 = 7W$

电路的总输入功率是 $P_2 + P_4 = 2 + 5 = 7W$

电路的总输出功率等于总输入功率, 即电路的功率平衡。

1-2 电路如题图 1-2 所示, 已知 $U = 200V$ 其输出功率 $P = 400W$ 。求 $R_x = ?$



题图 1-2

解:

∴ 电源的输出功率 $P =$ 电路电阻消耗的功率, 设电路的等效电阻为 R

$$\therefore P = \frac{U^2}{R}$$

$$\therefore R = \frac{U^2}{P} = \frac{200^2}{400} = 100\Omega$$

$$\text{而 } R = R_x + \frac{\left(\frac{50}{2} + 50\right) \times 100}{\left(\frac{50}{2} + 50\right) + 100} = 100\Omega$$

$$\therefore R_x = 100 - 42.9 = 57.1\Omega$$