


DIANGONGYUANLITJITIFANGFA

夏承铨 王民培編



电工原理解题方法

(电路)

## 电工原理解题方法

夏承铨 王民培 编

责任编辑 胡章顺

\*

山西人民出版社出版 (太原并州北路十一号)

山西省新华书店发行 山西省七二五厂印刷

\*

850×1168 1/32 印张, 15,375 字数, 365千字

1985年4月第1版 1985年4月山西第1次印刷

印数: 1—19,200册

\*

书号 7088·1118 定价 2.55

## 序 言

《电工原理》通常是由〈电路〉和〈电磁场〉两大部分组成的。目前，在我国也有部分高等工科院校把〈电路〉和〈电磁场〉分为两门独立的课程开设。

《电工原理》这门课程，对于电气、自控、无线电通信以及计算机等专业的学生来说，是十分重要的。它不仅为后续课程提供了必要的基础知识，而且对于学生毕业后的实际工作能力也会产生深远的影响。那么，怎样才能学好这门课程呢？经验证明，只靠“读”是不行的，还须认真做好实验和习题。因此在教学过程中，不仅需要有一本好的教科书，一个比较现代化的实验室，而且还需要一本合适的习题集。为了引导学生开阔思路，熟练掌握解题方法，我们编写了《电工原理解题方法》这本书。书中结合《电工原理》课程的主要内容，编排了例题与习题解答。在重点习题的解答后面还附有简短的讨论，并对典型的或富有思考性的题目介绍了多种解法。

本书包括例题58道，习题255道，共313道。难度较大的题目，均标有“\*”号，以供读者参考。关于题目的来源，主要选自以下四个方面：

- ①二十余年来，我们在西安交大从事《电工原理》教学实践中，所积累的思考题、讨论题、习题课例题以及考试题目；
- ②美国和日本等国最新出版的教材和习题集；

③近年来，国内各高等工科院校招收研究生的入学试题；

④国内新近出版的《电工原理》教材。

本书强调掌握基本概念和正确的解题格式；着重解题的思路引导；注意培养学生的逻辑推理与抽象思维能力；取材力求新颖、立足于现代。我们希望读者能够做到精读例题、掌握方法、吃透技巧；解题时须独立思考、认真演算，不要忙于看题解，更不要照抄。

本书由太原工学院王锦华、张金宝二同志审阅并提出宝贵意见。在此，深表谢意。

由于作者水平有限，错误之处在所难免，请读者批评指正。

**作 者**

1983年6月

于西安交通大学

## 目 录

1—0—0	电阻电路	( 1 )
1—1—0	内容提要	( 1 )
1—1—1	欧姆定律	( 1 )
1—1—2	K CL和KVL	( 2 )
1—1—3	电压源和电流源	( 3 )
1—1—4	功率	( 4 )
1—1—5	电阻的串联与并联	( 4 )
1—1—6	欧拉公式	( 5 )
1—1—7	2 b 方程	( 5 )
1—1—8	网络图的树	( 5 )
1—1—9	回路电流方程式	( 7 )
1—1—10	虚回路电流	( 7 )
1—1—11	节点电压方程式	( 7 )
1—1—12	虚节点电压	( 8 )
1—1—13	对偶性质	( 8 )
1—1—14	线性性质	( 8 )
1—1—15	叠加原理	( 9 )
1—1—16	替代定理	( 9 )
1—1—17	倒置定理	( 10 )
1—1—18	最大功率传递定理	( 11 )

1—1—19	$\Delta$ —Y 等值互换 .....	( 11 )
1—1—20	受控源 .....	( 12 )
1—1—21	代维宁定理和诺顿定理 .....	( 13 )
1—2—0	例题 ( 1—2—1 ~ 1—2—17 ) ...	( 15 )
1—3—0	习题及解答 ( 1—3—1 ~ 1—3—72 ) ...	( 46 )
2—0—0	正弦交流电路的稳态分析 .....	( 145 )
2—1—0	内容提要 .....	( 145 )
2—1—1	电路元件 .....	( 145 )
2—1—2	正弦波形 .....	( 147 )
2—1—3	平均值、有效值及常用因数 .....	( 148 )
2—1—4	功率 .....	( 149 )
2—1—5	RLC单个元件中电压和电流的关系 .....	( 150 )
2—1—6	R—L—C串联电路 .....	( 151 )
2—1—7	符号法 .....	( 152 )
2—1—8	阻抗的串联和并联 .....	( 153 )
2—1—9	正弦交流电路的计算 .....	( 154 )
2—1—10	复功率 .....	( 154 )
2—2—0	例题 ( 2—2—1 ~ 2—2—23 ) ...	( 155 )
2—3—0	习题及解答 ( 2—3—1 ~ 2—3—115 ) ...	( 186 )
3—0—0	谐振和互感 .....	( 318 )
3—1—0	内容提要 .....	( 318 )
3—1—1	串联谐振电路 .....	( 318 )
3—1—2	并联谐振电路 .....	( 321 )
3—1—3	互感 .....	( 321 )
3—2—0	例题 ( 3—2—1 ~ 3—2—7 ) .....	( 324 )
3—3—0	习题及解答 ( 3—3—1 ~ 3—3—25 ) .....	( 336 )
4—0—0	三相电路 .....	( 377 )

4—1—0	内容提要 .....	( 377 )
4—1—1	对称三相电路 .....	( 377 )
4—1—2	对称分量法 .....	( 382 )
4—2—0	例题( 4—2—1 ~ 4—2—7 ) .....	( 383 )
4—3—0	习题及解答( 4—3—1 ~ 4—3—22) ...	( 396 )
5—0—0	非正弦波周期电流电路 .....	( 433 )
5—1—0	内容提要 .....	( 433 )
5—1—1	傅里叶级数 .....	( 433 )
5—1—2	波形对称性与傅里叶系数的关系 .....	( 433 )
5—1—3	平均值、有效值、畸变系数 .....	( 434 )
5—1—4	功率 .....	( 434 )
5—1—5	非正弦波周期电流电路的计算 .....	( 434 )
5—1—6	对称三相电路中的高次谐波 .....	( 435 )
5—2—0	例题( 5—2—1 ~ 5—2—4 ) .....	( 435 )
5—3—0	习题及解答( 5—3—1 ~ 5—3—20) ...	( 444 )

## 1—0—0 电阻电路

### 1—1—0 内容提要

#### 1—1—1 欧姆定律

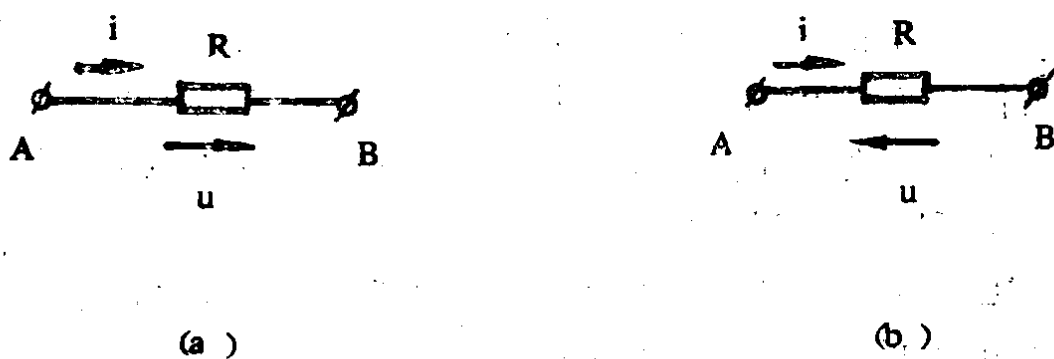


图 1—1—1

在线性电阻中，电压和电流成正比；若电压 $u$ 和电流 $i$ 的正方向如图1—1—1(a)所示，则有

$$u = Ri \quad (1-1-1a)$$

称做**欧姆定律**。

欧姆定律适用于线性电阻，但不适用于非线性电阻。在线性电阻的情况下，不论电流按什么规律变化，电压总可以按式(1—1—1a)计算。换句话说，欧姆定律适用于一切电压波



形和电流波形，唯一的条件是线性电阻。

如果 $u$ 和 $i$ 的正方向如图(b)所示，则欧姆定律有如下形式

$$u = -Ri \quad (1-1-1b)$$

如果用 $G = 1/R$ 表示电导，欧姆定律又可表示为

或

$$\left. \begin{aligned} i &= Gu \quad (\text{图(a)}) \\ i &= -Gu \quad (\text{图(b)}) \end{aligned} \right\} (1-1-1c)$$

### 1-1-2 KCL和KVL

**基尔霍夫电流定律 (KCL)** 和 **基尔霍夫电压定律 (KVL)** 是电路中的两条公理，它表明了电路中电流和电压所必须满足的约束条件。换句话说，KCL和KVL是电路联结的约束条件，它与元件特性无关，即不论是线性电路还是非线性电路都适用。KCL和KVL可分别叙述如下。

**KCL** 对于任何集总参数电路中的任一节点来说，在任一时刻，流出该节点的全部支路电流的代数和总等于零。用公式表示，即

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0 \quad (1-1-2a)$$

**KVL** 对于任何集总参数电路中的任一回路来说，在任一时刻，沿着该回路的全部支路电压的代数和总等于零。用公式表示，即

$$\sum_{k=1}^m u_k = 0 \quad (1-1-2b)$$



$$I_s = U/R_i$$

(1-1-3c)

$$G_i = 1/R_i$$

### 1-1-4 功率

电阻吸收的功率为

$$P = UI = I^2R = U^2G$$

(1-1-4a)

电源发出的功率为

$$P = UI$$

(1-1-4b)

其中U和I的正方向如图

1-1-3所示。

在图1-1-3所示的情况下，电源吸收的功率为

$$P = -UI$$

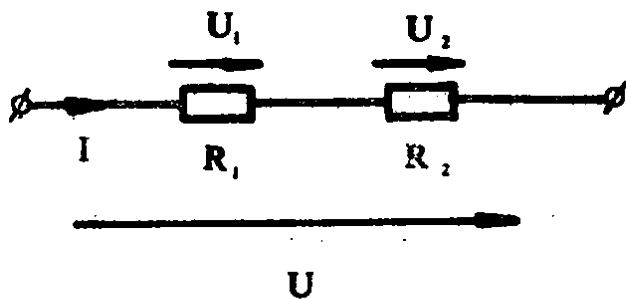
(1-1-4c)

P的单位为瓦(W)。

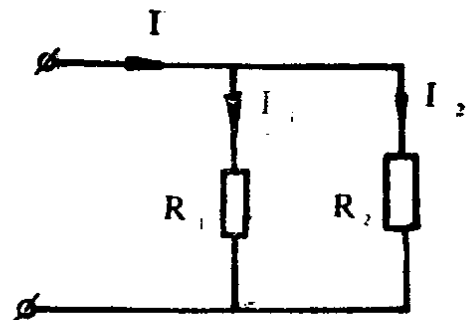
### 1-1-5 电阻的串联与并联

串联  $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

并联  $G = G_1 + G_2 + \dots + G_n$



(a)



(b)

图1-1-4

两个电阻串联时，如图 1—1—4 (a) 所示。分压公式为

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U \quad U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U \quad (1-1-5a)$$

两个电阻并联时，如图 (b) 所示。分流公式为

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I \quad (1-1-5b)$$

### 1—1—6 欧拉公式

$$l = b - n + 1$$

(1-1-6)

式中  $l$ —独立回路数  $b$ —支路数  $n$ —节点数

### 1—1—7 2b 方程

网络中共有  $2b$  个未知量，就是  $b$  个支路电流和  $b$  个支路电压。

支路关系方程数 =  $b$

独立 KCL 方程数 =  $n - 1$

独立 KVL 方程数 =  $l$

故方程总数为

$$b + n - 1 + l = 2b$$

(1-1-7)

### 1—1—8 网络图的树

联结所有节点，但又不构成闭合回路的子图称为网络图的树。例如，图 1—1—5 中 (a) 所示电路的图为图 (b)。至于树则有很多种选法，图 (c) 和图 (d) 都是树，当然还有其它的树。

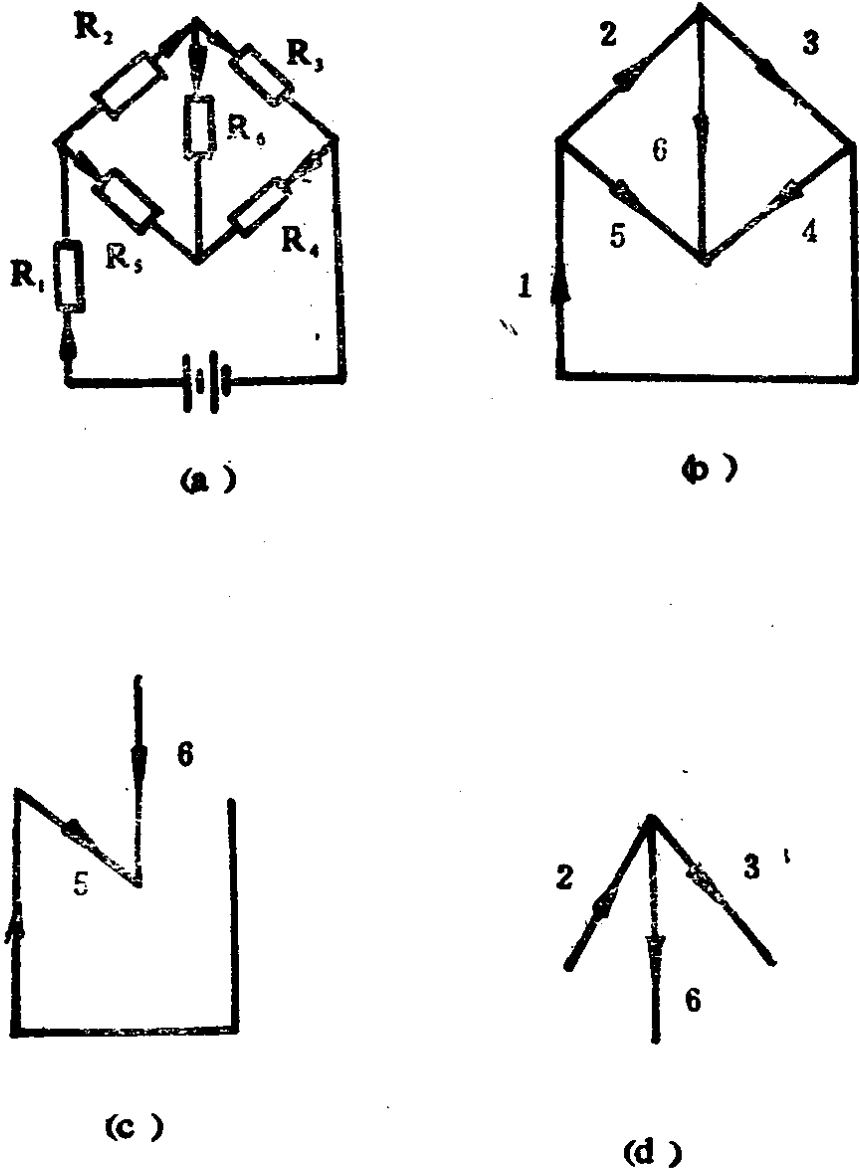


图 1-1-5

属于某一树上的支路称为**树支**，树支以外的支路称为**连支**。每接通一连支都构成一个新的独立回路。所以连支数也就是独立回路数。

网络中全部支路电流都可以用连支电流表示；网络中全部支



式中

$G_{kk}$ ——节点K的自导（自导总是正的）

$G_{jk}$ ——节点j与节点K间的互导（互导总是负的）

$I_{kk}$ ——流入节点K的电源电流（流入的为正值，流出的为负值）

### 1—1—12 虚节点电压

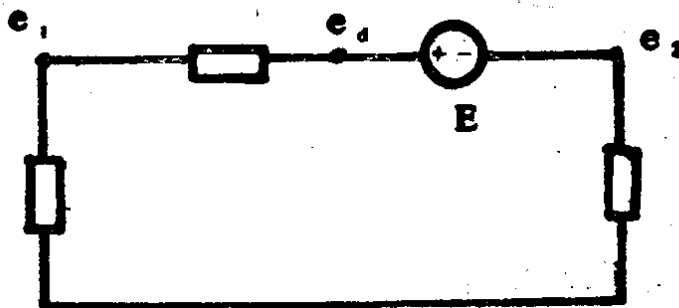


图 1—1—7

见图 1—1—7。约束方程式为

$$e_d = e_2 + E \quad (1-1-11)$$

节点电压  $e_d$  和  $e_2$  互不独立，故其中之一为虚节点电压。

### 1—1—13 对偶性质

对偶变换如下

电流  $i \rightleftharpoons$  电压  $e$

电阻  $R \rightleftharpoons$  电导  $G$

电感  $L \rightleftharpoons$  电容  $C$

串联  $\rightleftharpoons$  并联

开路  $\rightarrow$  短路

网孔电流  $\rightleftharpoons$  节点电压

### 1—1—14 线性性质

在只含有一个电源的线性电路中，电路的响应直接与激励成

正比。

对于电压源来说，有

$$E_o = K_1 E_s \quad \text{或} \quad I_o = K_2 E_s \quad (1-1-12a)$$

式中  $E_s$  —— 电源激励  $E_o$  —— 输出电压响应

$I_o$  —— 输出电流响应  $K_1$  —— 无量纲的常数

$K_2$  —— 具有电导量纲的常数

对于电流源来说，有

$$E_o = K_3 I_s \quad \text{或} \quad I_o = K_4 I_s \quad (1-1-12b)$$

式中  $I_s$  —— 电源激励  $E_o$  —— 输出电压响应

$I_o$  —— 输出电流响应

$K_3$  —— 具有电阻量纲的常数

$K_4$  —— 无量纲的常数

### 1-1-15 叠加原理

在线性电路中，对于两个或多个同时作用的电源的总响应，等于每个电源单独作用时的分响应之代数和。即

$$\left. \begin{aligned} E_o &= K_1 I_1 + K_2 E_1 + \dots \\ I_o &= K_a I_1 + K_b E_1 + \dots \end{aligned} \right\} \quad (1-1-13)$$

式中  $E_o$  —— 输出电压响应

$I_o$  —— 输出电流响应

$I_1$  —— 电流源激励

$E_1$  —— 电压源激励

$K_1$  —— 具有电阻量纲的常数  $K_2$  —— 无量纲的常数

$K_a$  —— 无量纲常数

$K_b$  —— 具有电导量纲常数

### 1-1-16 替代定理

在电路中，若某一支路的电压和电流为  $U_k$  和  $I_k$ ，则不论这个支路的组成情况如何，都可以用下列元件之一替代它。即：

①  $U = U_k$  的独立电压源；

②  $I = I_k$  的独立电流源；

③  $R = U_k / I_k$  的电阻元件



这样替代后，电路的其余各支路的电压和电流不会改变。

1—1—17 倒置定理

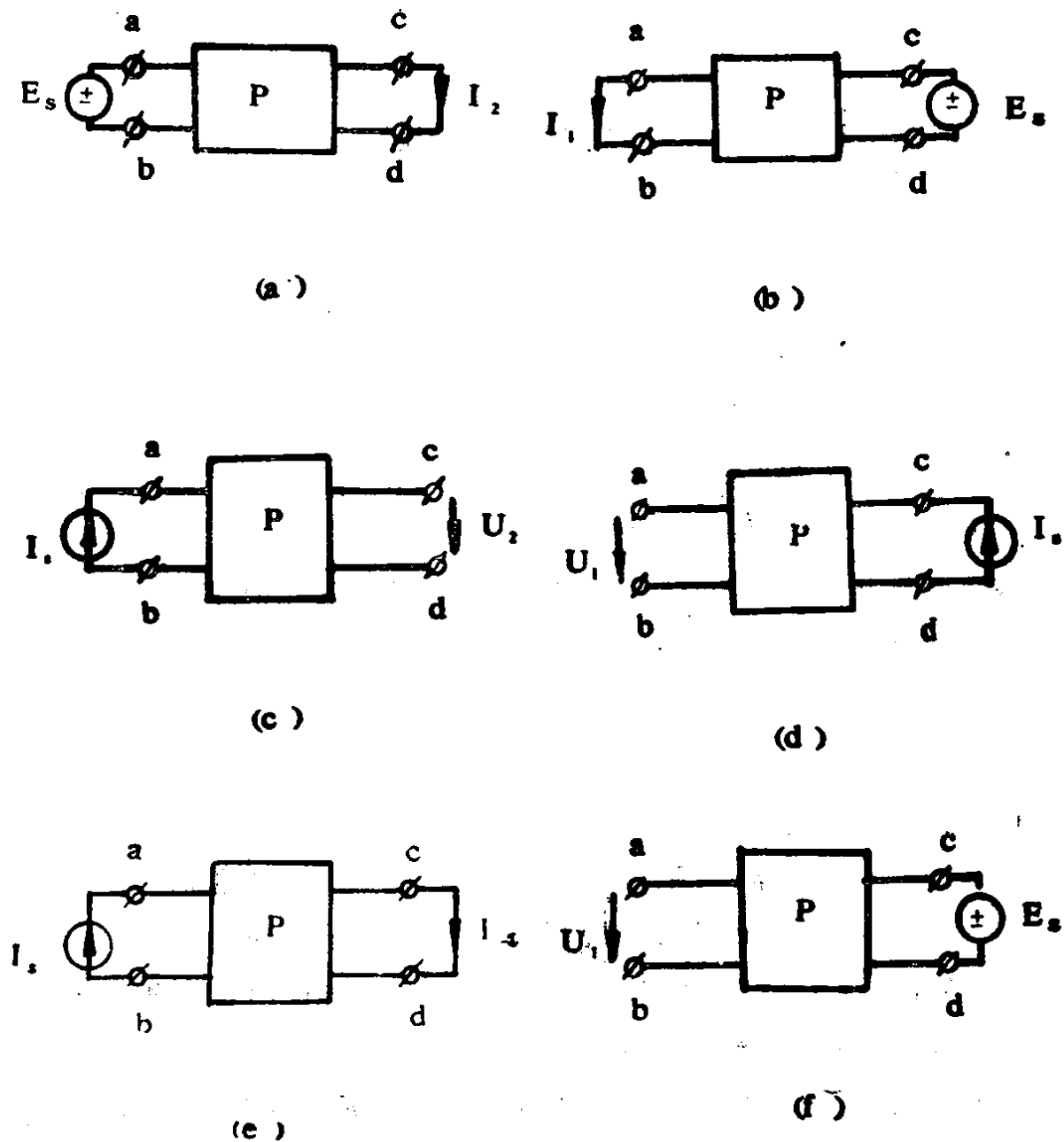


图 1—1—8

见图 1—1—8。

在图 (a) (b) 所示情况下， $I_1 = I_2$