

DIANGONGYUANLITJITETIFANGFA

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

(电 路)

夏承铨 王民培 编

山西人民出版社

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

开本: 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元

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	2b 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	Δ —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—28) ...	(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—26) ...	(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

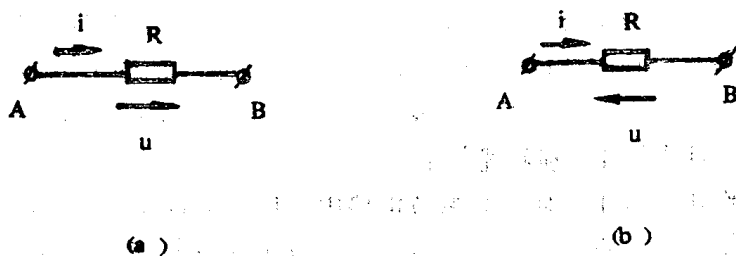


图 1—1—1

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

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

或

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

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

1-1-3 电压源和电流源

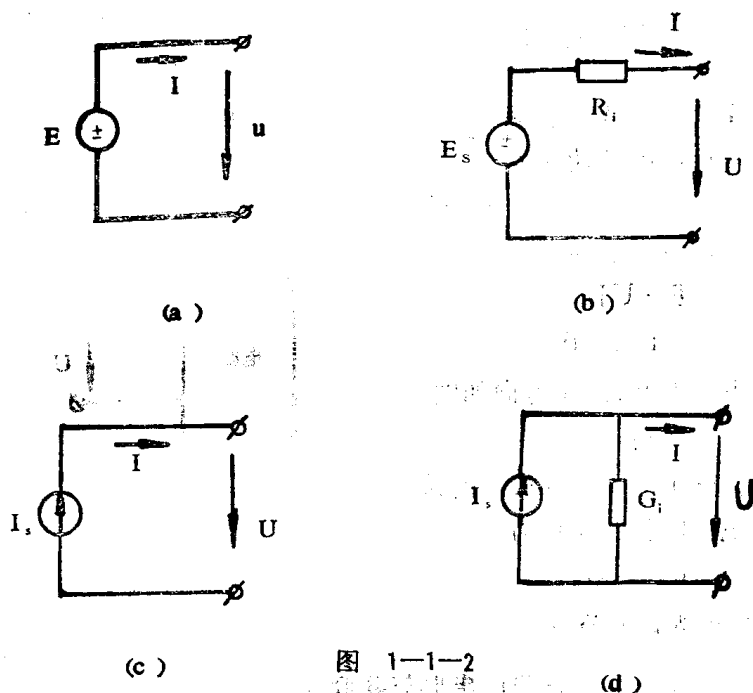


图 1-1-2

理想电压源特性： $U=E$ （由电源确定）， I 不定（须由外电路确定）。见图 1-1-2（a）。

实际电压源接近于图（b）所示的等值电路。特性如下，即

$$U = E_s - R_i I \quad (1-1-3a)$$

理想电流源特性： $I=I_s$ （由电源确定）， U 不定（须由外电路确定）。见图（c）。

实际电流源也可以用图（d）所示的等值电路来表示。特性如下，即

$$I = I_s - G_i U \quad (1-1-3b)$$

电压源和电流源之间的转换关系为

$$I_s = U/R_i$$

(1-1-3c)

$$G_i = 1/R_i$$

1-1-4 功率

电阻吸收的功率为

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

(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

$$P = -UI$$

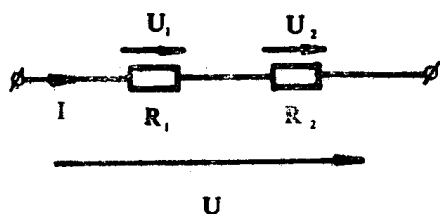
(1-1-4c)

P 的单位为瓦 (W)。

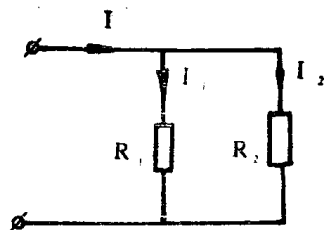
1-1-5 电阻的串联与并联

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

$$l = b - n + 1 \quad (1-1-6)$$

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 = $n - 1$

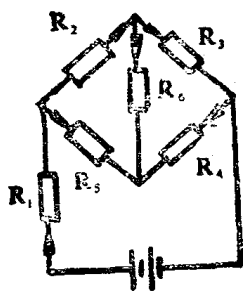
独立 KVL 方程数 = l

故方程总数为 (1-1-7)

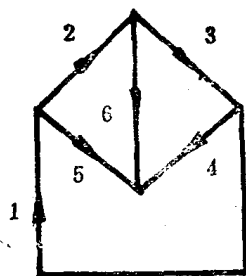
$$b + n - 1 + l = 2b$$

1—1—8 网络图的树

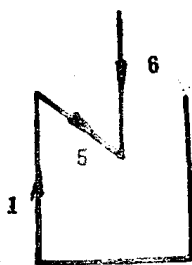
联结所有节点，但又不构成闭合回路的子图称为**网络图的树**。
例如，图 1—1—5 中 (a) 所示电路的图为图 (b)。至于树则有很多种选法，图 (c) 和图 (d) 都是树，当然还有其它的树。



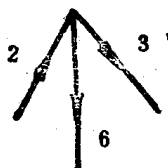
(a)



(b)



(c)



(d)

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

路电压都可以用树支电压表示。

1—1—9 回路电流方程式

[illegible]

式中 R_{kk} ——第K回路的自阻

R_{jk} ——第j回路与第K回路间的互阻(二回路电流方向一致时,公共电阻取正号,否则取负号)

E_{kk} ——第K回路中的电动势（方向与回路方向相同的电动势取正号，否则取负号）

1-1-10 虚回路电流

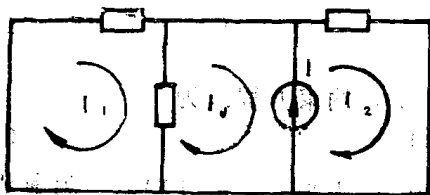


图 1-1-6

见图 1—1—6。约束方程式为

$$I_2 - I_d = I \quad (1-1-9)$$

回路电流 I_1 和 I_2 互不独立，故其中之一为虚回路电流。

1-1-11 节点电压方程式

[illegible]

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

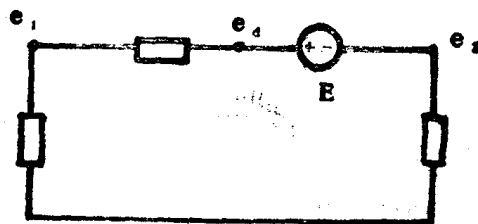


图 1—1—7

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

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

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

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

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