

电路习题详解

(上册)

(日) 大下真二郎 著
陈国呈 译



电 路 习 题 详 解

上 册

(日) 大下真二郎 著
陈 国 呈 译



机 械 工 业 出 版 社

本书共分上下两册。上册内容为直流电路、正弦波交流电、相量符号法、交流电路、网络分析与基本定理、多相交流电、傅里叶变换与波形分析。下册内容为一端口网络、二端口网络、滤波器、过渡过程、拉普拉斯变换及其应用、分布参数电路的稳态现象和分布参数电路的过渡过程。

本书内容丰富，习题量多，并全部有解答过程。本书不但对电专业的大专院校的学生和教师是很好的习题指导书，对从事相关领域教学与科研的研究生、教师及工程技术人员也都是很好的工具书和参考书。

本书版权登记号：图字 01—2001—2765

SYOUKAI DENKI KAIRO ENSYUU VOL. 1~2

© Shinjiro Oshita 1979, 1980

Originally published in Japan in 1979, 1998 by Kyoritsu Syuppan Co., Ltd..

Chinese translation rights arranged through TOHAN CORPORATION, TOKYO.

图书在版编目 (CIP) 数据

电路习题详解 (上、下册) / (日) 大下真二郎著; 陈国呈译.
—北京: 机械工业出版社, 2002.5
ISBN 7-111-10116-2

I. 电... II. ①大... ②陈... III. 电路理论—解题
IV. TM13-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 018594 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 周 娟 版式设计: 冉晓华 责任校对: 张 媛
封面设计: 陈 沛 责任印制: 路 琳
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷
890mm×1240mm A5·27.875 印张·822 千字
0 001—3 000 册
定价: 48.00 元 (上、下册)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527
封面无防伪标均为盗版

译 者 序

本书原著名为《详解电气回路演习》，共分上下两册。书中精心选择、汇集了大量习题并进行详细解答，为此译者取其译名为《电路习题详解》，似感更加贴切原著的意旨和内涵，以期读者一目了然，领会本书的含义，全书分成上下两册。

译者 20 世纪 80 年代在日本学习期间，有幸拜读了原著，发现它是一本好书。从那以后，原著就一直成为译者工作中的伴侣，它不但可以指导如何解题，有些题目的结论在工作中可以直接借用，这总比自己再从头分析和推导省力得多。电路课程覆盖面广，内容抽象，原理和法则看似简单，真正理解并不容易，碰到解题更可能束手无策。正如原著作者在序言中所言，只有通过大量练习，加深理解，才能消化成为自己的知识。本书内容涵盖了直流电、交流电、傅里叶变换、拉氏变换、一端口网络、二端口网络、滤波器、过渡过程、分布参数电路，内容丰富、习题量多、有代表性，并全部作了解答。本书不但对电专业的大专院校学生是很好的习题指导书，对从事相关领域教学与科研的研究生、教师及工程技术人员都是很好的工具书和参考书。该书从 1979 年 3 月第一次发行以来，截至 2000 年 10 月，上册已印刷 51 次，下册也印刷 37 次，可见其人气之高。为此，译者萌发翻译本书的念头。翻译时，力求保持原汁原味、忠于原文，又尽量使语言简练，少占篇幅，并对原著中一些疏忽差错顺便做了订正。如果本书的出版能对读者的学习和工作起到促进作用，译者将感到莫大的欣慰。

本书出版时曾得到日本信州大学工学博士大下真二郎教授、机械工业出版社责任编辑周娟编审、上海新源变频器有限公司的大力支持，本书在翻译过程中，周勤利、陈颖娟同志帮助译者输入了全部文稿。译者谨借此机会向以上各位表示衷心的感谢。

限于译者自身的学识水平和精力，书中难免还有疏忽、误解和欠妥之处，务请读者批评指正，不胜感激。来信请寄上海市延长路 149 号，

上海大学自动化学院 14 信箱 (邮编 200072)

译者

于上海大学

2001年9月

序 言

本书收集了电工学以及以电路知识为必要基础的理工科学生的许多参考题解。

现代科学技术的发达令人膛目相对，其中电子学和通信学可以说扮演了中心的角色。这些惊人的进步与发展不局限于电气领域，还深刻地渗透到以机械、精密仪器、建筑、化学为龙头的工、理、医、农、经济学等学术领域和现实社会，可以预料，今后还将不断扩大，令人刮目相看。

电路是电工学的基础，对电子学、通信学、电力学、情报学来说都极为重要。但是，由于其内容抽象，单单学习原理和法则还难以充分理解，有必要通过大量的练习使之消化为自己的东西。本书的目的是以习题为中心，以期彻底把握电路知识。

各章节安排如下：先列出基本要领、归纳整理出电路的原理和法则，简要叙述每个章节的框架。然后为了帮助读者理解，由浅入深精心地选择并汇集了大量习题进行详细解说，这对培养读者的理解能力十分重要。

本书还收集了电气主任技术员、无线电通信员、无线电技术员的几乎全部的高级试题，这对参加这类全国统考的应试者来说是一本绝好的参考书！此外，从就业应试的倾向来看，可以说电路考试必不可少，而且所占比重不轻，难度也越来越高。因此，可以说无论是公务员考试还是就业考试，本书都是不可缺少的好伴侣。

利用本书做练习时，最好先充分理解基本要领，再自己独立解题，然后看书上的解题。通常一个题目有多种解法，为节约用纸，书上选择了比较简单的解法，读者可通过与自己的解法进行比较，进一步加深理解。

在汇总本书时，曾参考了很多教科书、参考书和文献，由于数量很大，这里不一一列出以上的书名，谨借此机会向编著这些参考书的

先辈们表示感谢。出版时还得到共立出版社（株）以中村康弘、齐藤英明先生为首的出版社诸位的鼎力相助，也深表感谢。

由于作者的误解和疏忽，书中可能有意料不到的错误，为了将来的修订，务请读者批评指正，不胜荣幸。

作者

于日本信州大学

1980年3月

目 录

译者序

序言

第 1 章 直流电路	1
提要	1
§ 1 欧姆定律	1
1.1 电流	1
1.2 欧姆定律	1
1.3 电阻的联结	1
1.4 电阻的 Y 联结和 Δ 联结	3
§ 2 基尔霍夫定律	3
1.5 基尔霍夫定律	3
1.6 支路电流法与网孔电流法	4
1.7 分流法则	4
1.8 分压法则	4
1.9 电桥	5
1.10 电感线圈和电容对直流电的作用	5
1.11 电池	6
1.12 电池的联结	6
§ 3 功率和焦耳热	6
1.13 功率和电能	6
1.14 焦耳定律	7
1.15 电阻率	7
习题	7
第 2 章 正弦波交流电	63
提要	63
2.1 正弦波交流电	63
2.2 正弦波的合成	63
2.3 有效值	64

2.4	电路元件对正弦波的响应	64
2.5	瞬时功率、最大功率和平均功率	66
2.6	L 、 C 元件存储的能量	67
2.7	基本电路的阻抗和导纳	68
	习题	70
第 3 章	相量符号法	105
	提要	105
3.1	概述	105
3.2	正弦波的复数表示	105
3.3	相量符号法	106
3.4	复数的加减乘除和共轭复数	107
3.5	复数阻抗	108
3.6	复数导纳	109
3.7	阻抗及导纳的串联和并联串联电路	110
3.8	功率的复数表示	112
	习题	113
第 4 章	交流电路	186
	提要	186
4.1	串联谐振与并联谐振	186
4.2	阻抗的 Y - Δ 变换	187
4.3	互感电路	188
4.4	电桥	190
4.5	相量轨迹	190
	习题	192
第 5 章	电路网络分析与基本定理	271
	提要	271
5.1	网孔分析	271
5.2	节点分析	272
5.3	电路的线性性	272
5.4	叠加原理	273
5.5	互易定理	273
5.6	补偿定理	273
5.7	戴维宁定理	273
5.8	诺顿定理	273

5.9 密尔曼定理	274
5.10 对偶性	274
5.11 对偶电路的求法	274
习题	275
第 6 章 多相交流电	312
提要	312
6.1 多相交流电	312
6.2 星型联结和环型联结	312
6.3 对称 n 相电压、电流	313
6.4 三相交流电	313
6.5 γ 联结的电压和电流	315
6.6 Δ 联结的电压和电流	316
6.7 γ 联结电动势和 Δ 联结电动势的等效变换	317
6.8 不对称三相电动势的 γ - Δ 变换	317
6.9 多相交流电的功率	317
6.10 对称坐标法	318
6.11 γ 联结不对称负载的对称坐标变换	319
6.12 三相交流发电机的基本公式	320
6.13 旋转磁场	320
习题	321
第 7 章 傅里叶变换与波形分析	370
提要	370
7.1 畸形波的傅里叶级数展开	370
7.2 特殊形状的畸形波	371
7.3 畸形波的有效值和功率	371
7.4 畸形波的波形因数、峰值因数、畸变因数	373
7.5 三相电路的畸形波	374
7.6 非周期波和傅里叶积分	374
7.7 傅里叶变换的性质	377
7.8 线性电路的响应	378
习题	379
附录 数学公式	446
§ A 代数	446
§ B 三角函数	446

§ C 微分和积分	449
§ D 矩阵	450
§ E 单位脉冲函数和单位阶跃函数	455

下 册 内 容

第 1 章 一端口网络	1
第 2 章 二端口网络	61
第 3 章 滤波器	132
第 4 章 过渡过程	173
第 5 章 拉普拉斯变换及其应用	267
第 6 章 分布参数电路的稳态现象	314
第 7 章 分布参数电路的过渡过程	359

第 1 章 直 流 电 路

提 要

§ 1 欧姆定律

1.1 电流 每秒有 1 库仑(C:coulomb)电荷通过导体的横截面时,称流过 1 安培(A:ampere)电流(current)。即电流 $I(\text{A})$ 定义为电荷 Q 随时间的变化率。

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (\text{A}) \quad (1.1)$$

特别是,不随时间变化的电流称为**直流电流**(direct current)。

1.2 欧姆定律 流经导体的电流与加在导体上的电位差(电压)成正比。设电流为 $I(\text{A})$ 、电压为 $E(\text{V})$,则下面的关系称为**欧姆**(ohm)定律。

$$E = IR \quad (\text{V}), \quad \text{或} \quad I = \frac{E}{R} \quad (\text{A}) \quad (1.2)$$

式中,比例常数 R 称为电阻(resistance),单位为欧姆(Ω :ohm)。式(1.2)表示,当电流 $I(\text{A})$ 流经电阻为 $R(\Omega)$ 的导体时,该导体两端将产生 $IR(\text{V})$ 电压降(voltage drop),也意味着在电阻 R 上加上电压 E 时将流过电流 I 。

电阻的倒数定义为**电导**(conductance) G

$$G = \frac{1}{R} \quad (\text{S}) \quad (1.3)$$

单位为西门子(S:siemens),也经常使用姆欧($\mathcal{U}$:mho)

1.3 电阻的联结 电阻的基本接法如图 1.1 所示。图 a 将电阻串在一起,称为**串联**(series connection)。电阻 $R_1, R_2, \dots, R_n$ 串联联结时的合成电阻(resultant resistance) R_0 为

$$R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{k=1}^n R_k \quad (1.4)$$

图 b 把各电阻并列联结起来,称为**并联**(parallel connection)。其合成电阻 R_0 和合成电导 G_0 如下:

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}} = R_1 // R_2 // \cdots // R_n^{\ominus} \quad (1.5)$$

$$G_0 = \frac{1}{R_0} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k} = \sum_{k=1}^n G_k \quad (1.6)$$

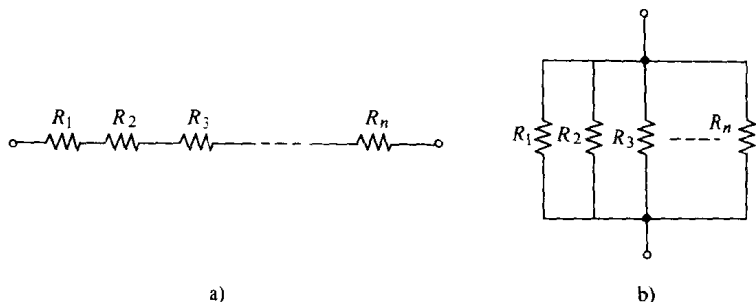


图 1.1 电阻的联结

a) 串联联结 b) 并联联结

特别是如图 1.2a 所示两个电阻 R_1 、 R_2 并联联结,这是最基本也是最重要的使用情况。其合成电阻 R_0 为

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (1.7)$$

图 b 为三个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 并联时,其合成电阻 R_0 为

$$\begin{aligned} R_0 &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \\ &= \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} \end{aligned} \quad (1.8)$$

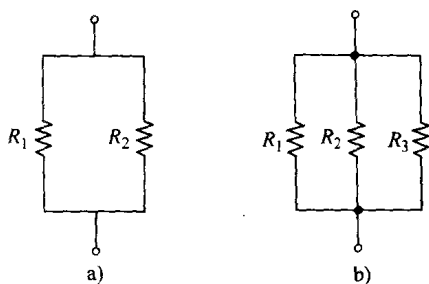


图 1.2 简单并联联结

a) 两个电阻并联联结

b) 三个电阻并联联结

$\ominus$ 本书有时用 $//$ 表示并联联结。

1.4 电阻的丫联结和△联结 图 1.3a、b 分别称为丫联结(star connection)和△联结(delta connection)。

当两电路的各电阻之间存在下列关系时,称两电路是等效的(equivalent)。

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{R_{12}R_{31}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}}, & R_2 &= \frac{R_{12}R_{23}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}}, \\ R_3 &= \frac{R_{23}R_{31}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}} \end{aligned} \quad (1.9)$$

或

$$\begin{aligned} R_{12} &= \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_3}, & R_{23} &= \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_1} \\ R_{31} &= \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_2} \end{aligned} \quad (1.10)$$

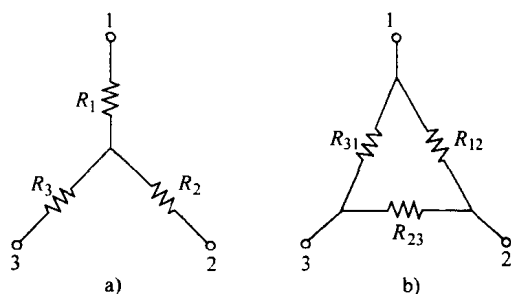


图 1.3 电阻的丫联结和△联结

a) 丫联结 b) △联结

§ 2 基尔霍夫定律

1.5 基尔霍夫定律 电路上导线的联结点称为节点,两节点间的部分称为支路。当一个电路满足电荷守恒定律和欧姆定律时,则有如下基尔霍夫定律。

(1) **第一定律(电流连续定律)** 对于电路内的任一个节点,假定流入节点的电流为正,流出节点的电流为负,则该节点上电流的代数和为零。如图 1.4 所示,因为流入的电流为 I_1, I_3, I_5 ,流出的电流为 I_2, I_4 ,所以

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

一般写成

$$\sum I_k = 0 \quad (1.11)$$

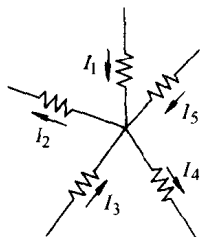


图 1.4

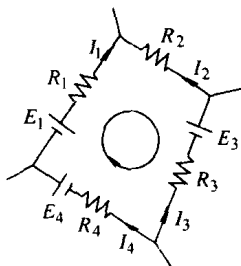


图 1.5

(2) **第二定律(电压平衡定律)** 在电路内的任意一个闭合回路上,沿着同一方向上所加的电动势以及电压降之和为零。如图 1.5 所示,取箭头所示的顺时针方向为正,则该闭合电路的电动势及电压降之和为

$$E_1 - R_1 I_1 + R_2 I_2 - E_3 + R_3 I_3 - R_4 I_4 + E_4 = 0$$

写成一般式,有

$$\sum E_k - \sum I_l R_l = 0 \quad (1.12)$$

1.6 支路电流法与网孔电流法 在进行电路解析时,有如下两种方法。

(1) **支路电流法** 先设定各支路的电流,再利用基尔霍夫第一、二定律来求解该电流。

(2) **网孔电流法** 先沿着一个独立的闭合回路分别设定网孔电流(闭路电流),再利用基尔霍夫第二定律对各闭合回路求解。本方法不需要第一定律,但流经各支路的实际电流是流经该支路各网孔电流的代数和。

1.7 分流法则 总电流 I 流经由电阻 R_1 、 R_2 并联的电路时,流经各电阻上的电流按与其电阻值成反比分配。如图 1.6 所示, I_1 、 I_2 分配如下:

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \quad (1.13)$$

1.8 分压法则 电压 E 加在串联电阻 R_1 、 R_2 上时,各电阻上产生的电压降按与其阻值成正比分配。如图 1.7 所示, E_1 、 E_2 分配如下:

$$E_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E, \quad E_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E \quad (1.14)$$

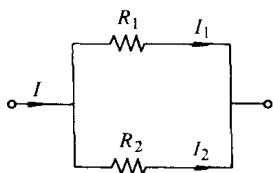


图 1.6

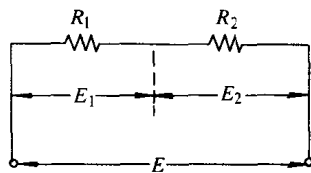


图 1.7

1.9 电桥 图 1.8 称为惠斯登 (Wheatstone) 电桥, 用于测定电阻。适当调节已知电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 , 然后即使合上开关 S, 检流计 G 上也没有电流流过, 称此时达到平衡状态。即所谓平衡状态是指检流计两端达到同电位的状态。因此, 流经 R_3 的电流就是流经 R_1 的电流, 流经 R_4 的电流就是流经 R_2 的电流。换句话说, AC 间的电位差与 AD 间的电位差相等, BC 间的电位差与 BD 间的电位差相等, 从而有

$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \quad \text{及} \quad R_3 I_1 = R_4 I_2$$

由此得

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \quad \text{或} \quad R_1 R_4 = R_2 R_3 \quad (1.15)$$

上述关系称为电桥的平衡条件。当电桥达到平衡状态后, 由式 (1.15) 可知道未知电阻 R_4 的阻值。

1.10 电感线圈和电容[⊙]对直流电的作用

(1) 电感线圈的作用 电感量为 L (H) 的电感线圈里流有电流 I (A) 时, 将产生与线圈交链的磁通 Φ , 其大小为

$$\Phi = LI \quad (\text{Wb}) \quad (1.16)$$

此时, 电感线圈里积蓄的磁能 w_m 如下:

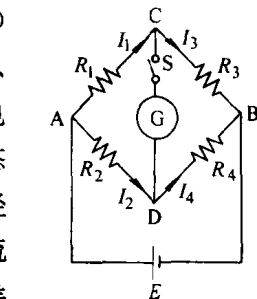


图 1.8

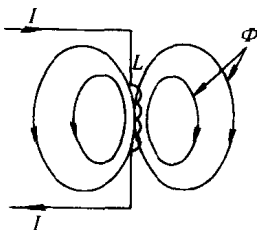


图 1.9

⊙ 日本称为 coil 和 condenser, 在美国称为 inductor 和 capacitor

$$w_m = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} I\Phi \quad (\text{J}) \quad (1.17)$$

对直流电而言,电感线圈不具有电阻成分,因此 L 的两端没有电位差。

(2) 电容的作用 容量为 $C(\text{F})$ 的电容两端加上电压 $E(\text{V})$ 时,电容上的电荷为

$$Q = CE \quad (\text{C}) \quad (1.18)$$

C 两端产生电压 E , 并与外加电压 E 平衡, 此时, 电容 C 上积蓄的静电能量 w_s 如下:

$$w_s = \frac{1}{2} CE^2 = \frac{1}{2} EQ = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \quad (\text{J}) \quad (1.19)$$

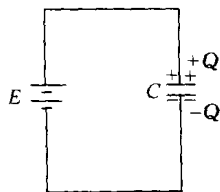


图 1.10

1.11 电池 电池是利用化学作用使电极间产生电位差的一种电源, 当没有电流流通时, 电极间产生的电位差称为**电动势**。电池也含有少量电阻, 称为**内阻**。电动势为 E 、内阻为 r 的电池流有电流 I 时, 电池两端产生的电位差为 $E - Ir$, 它随电流 I 的变化而变化。因此, 电池并不是理想的恒压源, 而应该作为恒压源 E 和内部电阻 r 的串联电路来处理。而对于输出电流为恒定的电源, 将其看成并联有内阻的**恒流源**来处理更方便。

1.12 电池的联结 m 个电动势为 E 、内阻为 r 的电池串联在一起, 其合成电动势为 mE , 合成内阻为 mr 。如果是 n 个电池并联在一起, 则其合成电动势为 E , 合成内阻为 r/n 。进一步说, 如果把 n 个串联有 m 节的电池并联在一起, 其合成电动势为 mE , 合成内阻为 mr/n 。

§ 3 功率和焦耳热

1.13 功率和电能 电荷的移动形成电流, 并伴随着做功。因为在电压 $E(\text{V})$ 的作用下, 移动电荷 $Q(\text{C})$ 所做的功为 EQ , 如果令此时的电流为 $I(=dQ/dt)$, 令单位时间内所做的功为 P , 则有

$$P = \frac{d}{dt}(EQ) = E \frac{dQ}{dt} = EI \quad (\text{W}) \quad (1.20)$$

这里称 P 为**功率**, 单位用瓦特(W: Watt)。即电能以每秒 $P(\text{W})$ 的数量变为热能或其他能量。根据欧姆定律, 上述功率 P 可写成如下: