

 OHM

大学参考教材系列

电 路

(上)

〔日〕大野克郎 西 哲生 著
吕砚山 译
洪纯一 校



科学出版社
www.sciencep.com

OHM 大学参考教材系列

电 路

(上)

〔日〕大野克郎 西 哲生 著
吕砚山 译
洪纯一 校

科 学 出 版 社

北 京

图字:01-2003-3487 号

Original Japanese language edition

Daigaku Katei Denki Kairo(1) (Dai 3 Han)

By Yoshirou Ono and Tetsuo Nishi

Copyright © 1999 by Yoshirou Ono and Tetsuo Nishi

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese version published by Science Press, Beijing

Under license from Ohmsha, Ltd.

Copyright © 2003

All rights reserved

大学課程

電気回路 (1) (第3版)

大野克郎 西 哲生 オーム社 2002

图书在版编目(CIP)数据

电路(上)/(日)大野克郎,西哲生著;吕砚山译;洪纯一校.

—北京:科学出版社,2003

(OHM 大学参考教材系列)

ISBN 7-03-011733-6

I. 电… II. ①大… ②西… ③吕… ④洪… III. 电路-高等学校-教材 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 059505 号

责任编辑 崔炳哲 责任制作 魏 谨

责任印制 刘士平 封面设计 李 力

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社发行 各地新华书店经销

2003 年 9 月第 一 版 开本: A5(890×1240)

2003 年 9 月第一次印刷 印张: 11 5/8

印数: 1—5 000

字数: 291 000

定 价: 24.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

译者序

本书是日本大野克郎等所著的“OHM 大学参考教材系列”之一《电路》的上册。其内容以交流电路分析为主,即以集中参数的线性电路为对象,分析其在稳定状态下的特性并着重介绍赖以进行分析的依据(电路的基本定律及基本定理)与分析方法。其中包括电阻电路、电路元件及其性质、正弦交流电路与复数符号法、串并联电路、互感与变压器、网络图论与网络方程、电路的定理、双口网络及三相交流电路等。在这套教材的下册则阐述关于非正弦交流、分布参数电路、过渡过程等电路解析的问题,以及电路综合的问题。

这套教材在日本已流行 30 多年。在有关电力、通信、电子、信息、控制等学科使用较为广泛。其主要特点是采取了以传统的基本内容为主,既加强基础理论的阐述,又与科技发展相适应的新体系。就上册而言,书中系统而全面地介绍了以正弦稳态为主的电路分析问题,且数学论证较为严格。对于电路的定律、定理和各种分析方法,都有严格的数学推导论证。此外,除有公式表达外,还概括成以精辟文字表达的若干规则,与公式相辅相成,突出重点。公式、规则虽多,但读者可利用其编号,前后联系,使用方便。

除了正文的论述之外,书中还以小号字的形式提供了一些饶有兴趣的内容,如重要定理的背景材料、扩展应用及可供讨论的内容等,有助于加深理解和扩充知识面。

此外,为便于自学,在全书每章开头,都有一段该章内容的简介,以便引导读者主动学习。书中还给出了较为丰富的例题以及习题(所有习题在书后都有较详细的解答)。这些

题目都与正文有一定的联系,为读者理论联系实际提供了方便。

本书可供我国大专院校电工电子、精密仪器仪表及自动化类专业学生作为教材或教学参考书,也可供相应专业的成人教育或参加高等教育自学考试的社会读者及有关工程技术人员参考。

本书译稿承北京化工大学洪纯一教授校阅。在出版过程中,得到科学出版社及有关人士的大力帮助,译者在此谨致以衷心的感谢。限于水平,疏漏或错误之处难免,敬希读者批评指正。

译者谨记

2003年5月

第三版序

从本书第一版出版发行以来已有 30 多年了。承蒙广大读者的厚爱,现在又有第三版问世,这使作者感到十分的荣幸。

电路理论虽说是工科学生的支柱课程,但以往由于学科划分过细,故使其内容近年来受到了一定限制。另一方面,作为专业进步的阶梯,教材的内容还需要进一步充实。有鉴于此,为便于阅读及选择教材,在第三版中,将较为扩充的内容在节或小节前,冠以◇号以便参考。此外,对有关重要事项也加上了记号,使引用更为严密。如果通过这样的处理,能使读者适应专业需要,便于随意选读,作者将深感荣幸。

第三版仍以普通交流理论作为主要部分并以便于自学为目标,这次具体的修订如下:使相量的定义更为明确,强化了拓扑图的解析表达,增添了三相电路的新理论,并增加了习题等。另外,还对全书内容进行了适当的增删,以使阐述和阅读更为通俗易懂。

本书第三版的写作适应时代的变化,增加了新作者西哲生,但最终定稿仍由大野克郎执笔完成。

最后,我们向共同编写本书第一版的几位作者——首先是已故大阪大学名誉教授熊谷三郎,以及名古屋大学名誉教授榊米一郎、大阪大学名誉教授尾崎弘表示深切的谢意。

大野克郎 西 哲生

第一版序

《电路》可能是读者在大学中最早学习的专业课程之一。由于它对后续课程学习的影响较大,因此要有适当的课堂讲授内容。然而,作者还是建议读者要尽可能独立地学习“电路”。对读者而言,在大学里最重要的事情不是学习一门门的课程,而是掌握自学方法。因此,作者考虑的是,在电路练习方面,既不要过分容易,也不要过分难,使其成为一门“合适的课程”。本着这种意愿,在本书中避开了包罗万象,力求重点突出、阐述符合逻辑,并给以多方面的说明。为此,虽然引用的公式较多,但若能确切地运用编号,就会为学习带来良好的效果。对于本书,希望读者不要被动地学习,而应尽可能地去主动自学,加以理解,进而再对更高深的电路理论或感兴趣的部分去积极地深造。

大野克郎

著者简介

大野克郎

1941年 九州帝国大学工学部毕业

工学博士

现 在 九州大学名誉教授

西 哲生

1964年 九州大学工学部电子工学科毕业

工学博士(九州大学)

现 在 九州大学研究生院系统情报科学研究科
情报工学专业教授

目 录

写在学习《电路》之前

第 1 章 电阻电路 3

- 1.1 电阻与欧姆定律 3
 - 1.1.1 电 阻 3
 - 1.1.2 表示电压、电流方向的箭头的含义 5
 - 1.1.3 欧姆定律 5
- 1.2 直流电压源 7
- 1.3 电阻消耗的功率 8
- 1.4 电阻的联接 9
 - 1.4.1 串 联 9
 - 1.4.2 并 联 10
- 1.5 直流电流源与直流电压源 13
 - 1.5.1 电 流 源 13
 - 1.5.2 电压源与电流源的等效变换 14
- ◇1.6 非串并联电阻电路的计算 16
- 练习题 18

第 2 章 电路元件及其特性 21

- 2.1 各种电路元件 21
 - 2.1.1 基本电路元件 21
 - 2.1.2 其他电路元件 26
- 2.2 电路元件的功率与能量 26
 - 2.2.1 功 率 26

2.2.2 电 能	27
2.3 电路与微分方程式	29
2.3.1 L 、 R 、 C 串联电路	29
2.3.2 稳态解的计算	30
练习题	31
第 3 章 正弦量与复数	33
3.1 交流	33
3.1.1 正弦交流	33
3.1.2 有效值	36
3.2 复 数	37
3.2.1 直角坐标形式	37
3.2.2 极坐标形式	37
3.2.3 四则运算	39
3.2.4 共轭复数	42
3.2.5 指数函数形式与单位长度相量	43
3.2.6 m 次方根	45
3.2.7 对数函数	47
3.3 正弦量的相量表示	48
3.3.1 相量表示	48
3.3.2 正弦函数之和与相量表示	50
3.3.3 正弦函数的微分、积分与相量表示	50
练习题	53
第 4 章 交流电路与符号计算法	55
4.1 阻抗与导纳	55
4.1.1 电路与相量表示	55
4.1.2 有关相量表示的复习	58
4.1.3 阻抗(与直流电路相对应)	59

4.1.4	电压与电流的相位关系	63
4.1.5	电阻与电抗	65
4.2	功率	68
4.2.1	有功功率	68
4.2.2	视在功率与功率因数	70
4.2.3	无功功率	71
4.2.4	复功率	73
	练习题	76
第5章 串并联电路		79
5.1	简单的串并联电路	79
5.1.1	RC 串联电路	80
5.1.2	RC 并联电路	82
5.1.3	RL 串联及并联电路	83
5.1.4	LC 电路	84
5.1.5	电桥电路	86
5.2	等效电路	87
5.3	谐振电路	89
5.3.1	Q	90
5.3.2	串联谐振	92
5.3.3	并联谐振	95
	练习题	97
第6章 互感与变压器		101
6.1	互感	101
6.1.1	两个线圈之间的互感	101
6.1.2	耦合系数与全耦合变压器	104
6.1.3	有 m 个线圈时的互感	105
6.2	变压器的电路	107

6.2.1	基本关系式与等效电路	107
6.2.2	从一次侧看入的输入阻抗	108
6.2.3	变压器二端的连接	111
6.2.4	自耦变压器(auto transformer)	111
6.3	理想变压器	114
6.3.1	全耦合变压器与理想变压器	114
6.3.2	理想变压器中的阻抗折算	115
6.3.3	理想变压器与一般变压器	116
6.3.4	具有 m 个线圈的理想变压器	119
◇6.3.5	差动线圈	120
	练习题	122

第 7 章 电路的方程式 125

7.1	电路的图与基尔霍夫定律	125
7.1.1	图	125
7.1.2	基尔霍夫定律	126
7.1.3	树、补树的定义	128
7.1.4	回路与割集	130
7.2	建立电路方程式的方法	136
7.2.1	支路电流法	137
7.2.2	回路电流法	138
7.2.3	节点电位法	143
7.2.4	各种方法的注意事项	146
7.3	阻抗矩阵与导纳矩阵	151
7.4	图的数学表达形式与电路的方程式	153
◇7.4.1	图的矩阵表示	154
◇7.4.2	基尔霍夫定律的矩阵表示	158
◇7.4.3	电路方程式	161

	练习题	165
--	-----	-----

第 8 章 电路的定理 169

- 8.1 叠加原理 169
- 8.2 电路的对偶性 171
 - 8.2.1 对偶性 171
 - 8.2.2 反演电路与固定电阻电路 172
- 8.3 互易定理 175
- 8.4 等效电源(等效电压源及等效电流源)定理 177
 - 8.4.1 等效电压源定理 177
 - 8.4.2 等效电流源定理 180
- 8.5 补偿定理 183
- 8.6 输出功率最大的条件 184
 - 8.6.1 R 一定, X 可变时 185
 - 8.6.2 R 可变, X 一定时 185
 - 8.6.3 当 R 、 X 两者均可变时 185
 - 8.6.4 X/R 一定, $|Z|$ 可变时 188
- 8.7 功率守恒定律 190
- 练习题 192

第 9 章 双口网络及其基本方程 197

- 9.1 双口网络 197
- 9.2 导纳矩阵(Y 矩阵) 199
 - 9.2.1 定 义 199
 - 9.2.2 双口网络的并联 203
- 9.3 阻抗矩阵(Z 矩阵) 204
- 9.4 传输矩阵 207
 - 9.4.1 基本关系式 207
 - 9.4.2 级 联 210
- 9.5 混合矩阵(H 矩阵) 212
- 9.6 S 矩阵 212

9.7 各种矩阵之间的关系 213

9.8 Υ - Δ 变换 214

◇9.9 完全四端网络 217

练习题 219

第 10 章 双口网络的传输特性 223

10.1 双口网络的输入、输出及转移阻抗 223

10.1.1 输入阻抗 224

10.1.2 输出阻抗 225

10.1.3 转移阻抗 225

10.2 传输量 225

10.2.1 分 贝 226

10.2.2 工作衰减量 228

10.3 双曲函数 229

10.3.1 定 义 229

◇10.3.2 几何意义 230

10.3.3 双曲函数与三角函数的关系 230

◇10.3.4 复数的双曲函数 232

10.4 累接参数 233

10.4.1 累接阻抗 233

10.4.2 累接传输量 235

10.4.3 使用累接参数表示级联 236

◇10.4.4 对称双口网络的累接参数 238

◇10.5 镜像参数 240

10.6 滤波器 242

10.6.1 概 述 242

10.6.2 低通滤波器 244

10.6.3 频率变换 250

◇10.7 圖 图 254

10.7.1 一次分数函数 254

10.7.2 圆图示例 257

练习题 260

第 11 章 有源及非互易双口网络 263

11.1 有源双口网络 263

11.1.1 作为双口网络的晶体管与真空管 264

11.1.2 受控源(被控制电源) 266

11.1.3 运算放大器 267

11.1.4 负电阻 268

◇11.1.5 负阻抗变换器与反向器 269

11.2 理想回转器 270

11.2.1 阻抗反向电路 272

11.2.2 理想变压器 272

11.2.3 单向系统 273

11.2.4 循环器 273

◇11.2.5 关于线性电路元件 273

◇11.3 电气、机械耦合双口网络 274

◇11.3.1 静电型变换器 275

◇11.3.2 电磁型变换器 277

练习题 277

第 12 章 三相交流电路 281

12.1 三相电源 281

12.1.1 三相电压 281

12.1.2 三相电压的联接 284

12.2 对称三相电路 285

12.2.1 在Y形与△形联接时的电压、电流关系

12.2.2	有功功率	288
12.2.3	瞬时功率	290
12.3	不对称三相电路	291
12.3.1	不对称电路的计算	291
12.3.2	功率	299
◇12.3.3	关于变压器的联接	302
12.4	三相电源的表示方式	304
12.4.1	关于三端电源的戴维南(亥姆霍兹)定理	304
12.4.2	三端电源的变换	306
◇12.4.3	具有中线的电源与电路	307
12.5	旋转磁场	309
12.5.1	对称三相交流形成的磁场	310
◇12.5.2	椭圆旋转磁场	311
◇12.6	对称坐标法	312
◇12.6.1	对称分量	313
◇12.6.2	功率	315
◇12.6.3	三相交流发电机的基本关系式	316
◇12.6.4	电源与负载的联接	318
	练习题	321

练习题简答	327
-------	-----

写在学习《电路》之前

若干**电路元件**(circuit element)相连构成电路。在电路元件当中,像电池、电阻等早为读者所熟悉,本书中虽也重复提到,但从电路理论角度考虑,仅涉及电路元件的本质,因此所研究的问题着重在电路元件连接点的**电位**(electric potential)、**电流**(electric current)等。

也就是说,已知电路元件的性质,来研究由其构成的**电路**具有何种作用。这将是主要问题。

关于电路的研究,可分为已知电路构造求其性质的电路分析,和已知电路的性质求该电路的电路综合两大部分。

电路综合将在本书的第2卷中作初步介绍,而在第1、第2两卷中主要介绍的是电路分析。此外,本书内容中的小号字部分或为参考内容或是稍详细的讨论,虽可跳过去不读,但若能大致看一下对于全面的理解还是有帮助的。

在与电气工程相关的各领域中,特别是在电力、通信、电子、信息、控制等各领域中,电路起着十分重要的作用,因此在这些领域工作的人们具有电路理论的基本知识是非常重要的。除此之外,还应看到,电路理论与电气工程领域以外的各学科也有着密切的联系。

鉴于此,为了尽快掌握电路知识,在进入正式学习之前就到此为止,下面就让我们开始学习吧。