

高等学校教材

电 工 学

【第三版】

卷 一

电工技术

大连理工大学电工学教研室 编

蒋 德 川 主编

高等教育出版社

353446

电 工 学

(第 三 版)

卷 一

电工技术

大连理工大学电工学教研室 编

蒋德川 主编



高等教育出版社

(京)112号

本书第三版是根据国家教育委员会1987年4月审批公布的高等工业学校《电工技术(电工学 I)课程教学基本要求》和《电子技术(电工学 II)课程教学基本要求》，并采纳了近几年来各院校使用本书第二版所提的正确意见而修订的。在内容上既覆盖了上述基本要求所规定的范围，又增添了一些拓宽加深的内容，使不同专业能灵活选用。

全书分两卷出版：卷一为“电工技术”；卷二为“电子技术”。

本书为高等学校工科非电类专业教材，也可供工程技术人员参考。

本书由上海交通大学史淦森教授、孙文卿教授和上海大学马国琳教授审阅。

本书责任编辑 刘秉仁

电 工 学

(第三版)

电工技术

大连理工大学电工学教研室 编

马国琳 主 编

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

文字 六 〇 三 厂 印 装

开本 850×1168 1/32 印张 16.75 字数 401,000

1979年8月第1版

1991年10月第3版 1991年10月第1次印刷

印数 0001—1706

ISBN 7-04-003526-X/TM·178

定价 5.30 元

第三版序言

本书第三版是根据国家教育委员会于1987年4月审批公布的《电工技术(电工学 I)课程教学基本要求》和《电子技术(电工学 II)课程教学基本要求》，并采纳了近几年来各院校使用本书第二版所提出的正确意见而修订的。在内容上，既覆盖了上述基本要求所规定的范围，又增添了一些拓宽加深的章节，其中有的是编者认为应该补充或供不同专业选用的，有的则供学有余力的学生自学，后者书中均以“*”号标明。

全书分两卷出版：卷一为“电工技术”；卷二为“电子技术”。

在电工技术部分，精简了本书第二版中有关电路不同解题方法的内容，增补了《电工技术(电工学 I)课程教学基本要求》所规定的“电工测量”和“安全用电”方面的内容。

在电子技术部分，按照《电子技术(电工学 II)课程教学基本要求》中所提出的内容处理原则：对电子器件重在外部特性和功能；对电子电路以定性分析为主，不要求设计；模拟电子电路侧重线性集成组件的介绍及其应用，适当削减交流放大电路的内容。随着电子技术的飞速发展，编者认为在数字电子电路中酌情介绍一点中、大规模集成电路是必要的，同时电子技术不应囿于微电子学的范围，适当加点电力电子学方面的内容也是合宜的。

为了推行与电工学有关的各种国家标准，本书第三版中的图形符号，一律遵照国家标准 GB4728《电气图用图形符号》和 GB 6988.1~6988.7-86《电气制图》的规定描绘；文字符号则尽量依据国家标准 GB3100-86《国际单位制及其应用》、GB3102.5-86《电学和磁学的量和单位》以及 GB5094-85《电气技术中的项目代号》等

规定书写,但有些在教学上易于引起误解或混淆的,仍按一般习惯处理。

参加本书第三版修订工作的有大连理工大学电工学教研室的蒋德川、唐介、马鋈、赵宗武和刘志秀。卷一由唐介执笔;卷二由马鋈(第21章)、赵宗武(第19章)、刘志秀(第23、24、25、26章)提供素材,蒋德川执笔。全书插图由王丽同志描绘。全书初稿经上海交通大学史淦森教授、孙文卿教授和上海大学马国琳教授认真审阅,提出了许多极其宝贵的修改意见,苏州丝绸工学院张新昌副教授和高等教育出版社刘秉仁副编审为本书提供了有关资料,编者谨向他们表示最诚挚的感谢。限于编者的水平,书上一定存在着许多缺点和错误,殷切希望使用本书的教师和读者予以批评指正。

编 者

1990年4月

目 录

绪论	1
----	---

卷一 电工技术

引言	5
第一章 直流电路	7
1-1 电路	7
(一)电路的作用和组成	7
(二)电路的状态	11
(三)电路中的电位	14
(四)电路模型	16
1-2 电压源和电流源	19
(一)电压源	19
(二)电流源	20
(三)电压源与电流源的等效变换	21
1-3 克希荷夫定律	24
(一)克希荷夫电流定律	25
(二)克希荷夫电压定律	27
(三)用克希荷夫定律解复杂电路	29
1-4 叠加原理	34
1-5 戴维南定理和诺顿定理	37
(一)戴维南定理	38
(二)诺顿定理	42
1-6 受控电源	44
(一)电压控制电压源	45
(二)电流控制电压源	45
(三)电压控制电流源	45
(四)电流控制电流源	46
1-7 非线性电阻电路	49

练习题	53
第二章 电压和电流的波形	63
2-1 常见的电压和电流的波形	63
2-2 指数波形的电压和电流	68
2-3 正弦波形的电压和电流	72
(一) 交流电的频率	73
(二) 交流电的有效值	74
(三) 交流电的相位	75
(四) 交流电的相量表示法	77
2-4 非正弦周期波形的电压和电流	83
练习题	88
第三章 电路的参数	92
3-1 电路的基本参数	92
3-2 电阻	94
(一) 电阻的物理性质	94
(二) 电阻在电路中的作用	95
3-3 电容	98
(一) 电容的物理性质	98
(二) 电容在电路中的作用	100
3-4 电感	103
(一) 电感的物理性质	103
(二) 电感在电路中的作用	107
*(三) 互感	110
3-5 实际的电路元件	117
(一) 实际的电阻元件	117
(二) 实际的电容元件	131
(三) 实际的电感元件	134
练习题	126
第四章 交流电路	131
4-1 串联交流电路	131
(一) RCL 串联电路	131
(二) 复阻抗的串联	136
4-2 并联交流电路	138

4-3 交流电路的功率	142
(一) 瞬时功率	142
(二) 有功功率、无功功率和视在功率	143
(三) 功率因数	147
*4-4 复杂交流电路的计算	150
4-5 电路的频率特性	156
(一) 低通滤波电路	157
(二) 高通滤波电路	159
(三) 带通滤波电路	160
4-6 电路中的谐振	162
(一) 谐振的实质	162
(二) 串联谐振	163
(三) 并联谐振	168
4-7 非正弦周期电流电路	171
练习题	178
第五章 三相电路	185
5-1 三相电源	185
(一) 三相电动势	185
(二) 三相电源的星形接法	187
(三) 三相电源的三角形接法	190
5-2 三相负载的星形接法	191
5-3 三相负载的三角形接法	196
5-4 三相电路的功率	199
(一) 瞬时功率	199
(二) 有功功率、无功功率和视在功率	201
练习题	203
第六章 电路的时域分析	206
6-1 基本概念	206
(一) 稳态和暂态	206
(二) 激励和响应	208
(三) 分析方法	209
6-2 RC 电路的零输入响应	212
6-3 RC 电路的阶跃零状态响应	214

6-4	RC 电路的阶跃全响应	216
6-5	RC 电路的矩形脉冲响应	219
	(一)微分电路	220
	(二)积分电路	221
*6-6	RC 电路的正弦响应	222
6-7	GL 电路的时域分析	226
	(一)GL 电路的零输入响应	226
	(二)GL 电路的阶跃零状态响应	229
6-8	解一阶电路阶跃响应的三要素法	231
*6-9	RCL 电路的零输入响应	234
	(一) $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, $\alpha < \gamma$, 振荡放电过程	235
	(二) $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, $\alpha > \gamma$, 非振荡放电过程	237
	(三) $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, $\alpha = \gamma$, 临界非振荡放电过程	238
*6-10	时域分析的变换法	240
*6-11	RCL 电路的阶跃零状态响应	248
	(一) $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, $\alpha < \gamma$, 振荡充电过程	249
	(二) $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, $\alpha > \gamma$, 非振荡充电过程	251
	(三) $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, $\alpha = \gamma$, 临界非振荡充电过程	251
*6-12	电路的对偶原理	252
*6-13	非电系统的电模拟	254
	练习题	258
第七章	电工测量	266
7-1	电工测量仪表的种类	266
7-2	电工测量仪表的误差	268
7-3	电流表和电压表	270
	(一)工作原理	270
	(二)使用方法	271
7-4	功率表	272
	(一)工作原理	272

(二)使用方法	273
(三)三相功率的测量	274
7-5 万用表	277
(一)工作原理	277
(二)使用方法	280
7-6 兆欧表	280
(一)工作原理	280
(二)使用方法	281
7-7 电桥	282
练习题	285
第八章 磁路和变压器	288
8-1 磁路	288
8-2 电磁铁	294
(一)直流电磁铁	295
(二)交流电磁铁	298
8-3 变压器	303
(一)用途和构造	303
(二)空载运行	305
(三)负载运行	307
(四)损耗和效率	311
(五)特种变压器	313
8-4 三相电压的变换	315
练习题	317
第九章 直流电机	322
9-1 直流电机的作用原理	322
9-2 直流电机的构造	325
(一)定子	325
(二)转子	327
9-3 直流电机的电磁转矩和电动势	328
(一)电磁转矩	328
(二)电动势	329
9-4 直流电动机运行情况的分析	331
(一)他励电动机	330

(二) 并励电动机	335
(三) 串励电动机	336
(四) 复励电动机	338
9-5 直流电动机的使用	338
(一) 起动	339
(二) 调速	341
(三) 反转	347
(四) 制动	347
9-6 直流发电机	348
(一) 他励发电机	349
(二) 并励发电机	350
(三) 复励发电机	354
练习题	355
第十章 异步电机	359
10-1 三相异步电动机的作用原理	359
(一) 旋转磁场	359
(二) 作用原理	362
10-2 三相异步电动机的构造	364
(一) 定子	365
(二) 转子	366
10-3 三相异步电动机运行情况的分析	367
(一) 电磁转矩	367
(二) 转矩特性和机械特性	370
(三) 电动机的稳定运行	373
(四) 功率和运行特性	375
10-4 三相异步电动机的使用	377
(一) 起动	377
(二) 调速	381
(三) 反转	385
(四) 制动	386
10-5 单相异步电动机	387
练习题	390
第十一章 同步电机	394

11-1 三相同步电机的构造	396
11-2 三相同步发电机运行情况的分析	397
(一)空载运行	397
(二)负载运行	398
11-3 三相同步发电机的功率调整	403
(一)有功功率的调整	404
(二)无功功率的调整	406
11-4 三相同步电动机	407
(一)作用原理	407
(二)运行情况的分析	408
(三)功率因数的调整	410
(四)起动方法	411
练习题	413
第十二章 控制电机	416
12-1 执行电动机	416
(一)直流执行电动机	416
(二)交流执行电动机	417
12-2 测速发电机	419
(一)直流测速发电机	419
(二)交流测速发电机	420
12-3 步进电动机	422
12-4 自整角机	425
(一)力矩式自整角机	425
(二)控制式自整角机	428
12-5 旋转变压器	430
(一)正弦弦旋转变压器	431
(二)线性旋转变压器	433
(三)数据传输用旋转变压器	434
练习题	435
第十三章 电动机的选择	438
13-1 电动机种类和型号的选择	438
(一)种类的选择	438
(二)型号的选择	440

13-2 电动机外形结构和安装型式的选择	442
(一)防护型	442
(二)封闭型	442
(三)防爆型	443
13-3 电动机容量的选择	445
(一)计算法	445
(二)类比法	452
(三)实验法	453
13-4 电动机额定电压的选择	453
13-5 电动机额定转速的选择	454
练习题	454
第十四章 电动机的继电-接触器控制	456
14-1 常用的低压电器	456
(一)刀开关	456
(二)组合开关	457
(三)熔断器	457
(四)空气开关	459
(五)按钮	461
(六)交流接触器	461
(七)中间继电器	463
(八)热继电器	463
14-2 控制电路的图形符号和文字符号	465
14-3 鼠笼式电动机的起停和正反转控制	469
(一)点动控制	469
(二)起停控制	469
(三)正反转控制	471
14-4 行程开关和行程控制	473
(一)行程开关	473
(二)行程控制	474
14-5 时间继电器和时限控制	475
(一)时间继电器	475
(二)时限控制	477
14-6 速度继电器和速度控制	478

(一)速度继电器	478
(二)速度控制	479
练习题	481
第十五章 安全用电	487
15-1 触电事故	487
(一)电流对人体的危害	487
(二)触电方式	489
15-2 用电安全措施	493
(一)安全电压	493
(二)接地保护和接零保护	495
15-3 电气防火和防爆	497
(一)用电防火和防爆	497
(二)静电防火和防爆	498
(三)雷电防火和防爆	499
练习题	500
附录	503
F-1 电阻器、电容器的标称系列值	508
F-2 Y 系列三相异步电动机技术数据	504
索引(中英名词对照)	508

绪 论

电工学是一门研究电磁现象的自然规律在工程上应用的科学。自从 19 世纪初期以来,随着生产的不断发展,电工学在技术上时有突破,在理论上日益提高,到了 20 世纪 80 年代的今天,无论是工业、农业、国防建设和科学技术各个方面,还是人们日常的衣、食、住、行以及文化生活,电已经是不可须臾或缺的了。仅就工业而言:各种生产机械,例如水泵、鼓风机、起重机、切削机床和锻压设备等等,都用电动机来拖动;许多制造工艺,例如电解、电镀、电焊、高频淬火、电炉冶炼以及电火花加工等等,都要靠电来完成;生产过程中的一些物理量,例如温度、流量、压力、转速等等,都可以用电的方法来测量和控制;产品的辅助设计和企业的管理工作,还能够由电子计算机来实现。由此可见,电的应用是何等广泛!究其原因,乃是电能具有为其它形态的能量所无可比拟的优越性的缘故。

电能是最容易转换的中间形态的能量。它可以很方便地由原子能、水位能、热能、化学能等转换而来,也可以相反地转换成为机械能、光能和热能等。这就使得人们能够从各种能源中获得电能,同时又能将它转换成为其它形态的能量以满足各种不同的需要。

电能能够迅速而且经济地进行远距离输送,因而使工业建设的布局问题得到了合理的解决。我们可以在储藏有大量动力资源的地方,例如煤矿的坑口和河川的附近兴建火力发电厂和水力发电厂,而使其它工厂尽量接近原料产地,通过长距离的输电线路将电能从发电厂输送到工厂中去,借以提高社会生产整体的经济效益。

电能以及与其相关联的一些电学量(例如电压或电流)可以用来代表信息,以有线或无线的方式高速而精确地进行传递、控制和处理,为远程通信和生产自动化提供了可靠的技术基础。特别是电子计算机发明之后,它在自动化方面的应用不仅减轻了人们繁重的体力劳动,而且也代替了脑力劳动的某些职能,带来了社会生产力的新的飞跃,促使世界上出现了新的技术革命的浪潮。

当前,我们举国上下的根本任务是集中力量进行社会主义现代化建设,逐步实现工业、农业、国防和科学技术的现代化,把我国建设成为高度文明、高度民主的社会主义国家。实现四化的关键在于科学技术现代化。电气化和自动化则是衡量一个国家科学技术水平的重要标志之一。

就高等工科院校来说,它所培养的是四化建设所需要的高级工程技术人才。电工学是高等工科院校各非电专业的一门技术基础课。课程内容分为电工技术和电子技术两大部分。通过本课程的学习,要求学生懂得电路的基本作用、基本规律和基本分析方法,了解本专业范围内最常用的各种电机、电器和电子器件的性能以及由这些元件所组成的若干典型环节的原理和应用,并且受到必要的实验技能的训练。在学校里,它既为后续课程所需要的电的知识和技能作相应的准备,同时又在分析问题和解决问题的方法和技巧上供学习其它课程借鉴。在毕业后的工作岗位上,它为非电技术人员与电气技术人员协作时提供“共同语言”,也为非电技术人员需要进一步自学和钻研电工技术和电子技术奠定初步基础。总之,要使非电专业的学生了解本专业采用先进的电工、电子技术的可能性和必要性,能在工作中对工程技术提出解决问题的新办法,开拓学科的新天地,为迎接新的技术革命的挑战作出贡献。

本书的讨论,是以读者学习过普通物理学和高等数学等基础

课程作为依据的,因而希望能在学习过程中,及时适当地复习一下物理学和高等数学中有关的内容。

学习不是容易的事情,但是“世上无难事,只要肯登攀”。让我们为肩负起建设有中国特色的社会主义的历史重任而奋勇前进。