

776542

501

43177.2

T-1

高等学校教材

电 工 学

(第 二 版)

上 册

电路和电机

大连工学院电工学教研室 编

蒋德川 主编

沈阳理工大学图书馆
基本藏书

高等教育出版社

高等学校教材

电 工 学

(第二版)

上 册

电路和电机

大连工学院电工学教研室 编

蒋德川 主编

高等教育出版社

本书是在第一版的基础上,参考1980年6月高等学校工科电工教材编审委员会扩大会议审订的150学时《电工学教学大纲》(草案)和1982年12月电工学教材编审小组扩大会议对上述大纲所作的补充说明,以及历年使用本书第一版过程中所提出的正确意见进行修订的。经电工学教材编审小组审查通过,可作为高等学校教材。

全书分上下两册出版。上册为电路和电机部分,下册为电子技术和自动控制部分。

本书也可供有关科技人员参考。

责任编辑 刘秉仁

高等学校教材

电 工 学

(第 二 版)

上 册

电 路 和 电 机

大连工学院电工学教研室 编

蒋德川 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

上海商务印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 15.5 字数 373,000

1979年8月第1版

1986年2月第2版 1986年*月第1次印刷

印数 00,001—7,200

书号 15010·0704 定价 2.80 元

第二版序言

我们修订本书的主观意图是:

1. 采纳各校和我院师生历年来在使用本书第一版过程中所提出的正确意见;

2. 参考一九八〇年六月审订的 150 学时《电工学教学大纲》(草案)和一九八二年十一月电工学教材编审小组扩大会议对上述大纲所作的补充说明;

3. 积极推行与电工学有关的各种国家标准;

4. 保持本书第一版的风格,改正第一版中的疏漏和错误。

为了适应我国教育体制每学年为两学期的具体情况,本书第二版分两册出版,上册包括电路和电机的内容,下册包括电子技术和自动控制的内容。电子技术部分是按“管路结合,管为路用”的原则重新编写的。

参加本书修订工作的有:蒋德川、唐介、周武禄、赵宗武、刘志秀和马鋈等同志,由蒋德川同志执笔。全书初稿经上海交通大学史淦森教授、孙文卿副教授和上海大学马国琳副教授主审,并由电工学教材编审小组召开的审稿会复审通过。在初审和复审过程中,对书稿提出了许多促进教材质量提高的意见,编者谨向主审、参加复审以及对第一版提出过建议的同志们表示深切的感谢。

一本教材,总要经过千锤百炼,反复修改,才能较为成熟。因此迫切希望使用本书的教师和读者继续不断地予以指正。

编 者

一九八五年一月

第一版序言

本书系根据一九七七年十二月高等学校工科基础课电工、无线电教材编写会议所通过的编写大纲编写的。

全书分三册出版：上册为电路原理；中册为电子技术；下册为电机与自动控制。

本书是按照 150~180 的总教学时数编写的。教师可根据学生的实际水平与教学计划所规定的教学时数以及专业的要求等情况，对内容作适当的取舍。凡书中标有“*”号的章节，均可删减。

本书是大连工学院电工学教研室集体编写的，由蒋德川主编，唐介(1、2、3、11、12章)、周武禄(4、5章)、赵宗武(6、7章)、刘志秀(13、15章)、马鋆(14、16、17章)协同执笔。全书初稿经上海工业大学凌松年、宋毓华、杨肇复、高联辉等同志主审。清华大学、吉林工业大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、西北工业大学、华中工学院、合肥工业大学、上海交通大学、浙江大学、华南工学院、重庆大学、贵州工学院以及其它兄弟院校有关教研室参与审阅，对初稿提出了很多极其宝贵的修改意见，编者谨致以最诚挚的谢意。

由于编者的水平所限，书中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提出批评，意见请寄大连工学院基础部电工学教研室。

编 者

1979年6月

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 电 路

引言	3
第一章 直流电路	4
1-1 电路	4
(一)电路的作用和组成	4
(二)电路中有关的名词和术语	7
(三)电路中的电位	10
1-2 电压源和电流源	12
(一)电压源	12
(二)电流源	13
(三)电压源与电流源的等效变换	14
1-3 克希荷夫定律	17
(一)克希荷夫电流定律	17
(二)克希荷夫电压定律	20
(三)用克希荷夫定律解复杂电路	22
*1-4 网孔电流法	25
*1-5 节点电压法	30
1-6 叠加原理	36
*1-7 Y- Δ 变换	40
1-8 戴维南定理和诺顿定理	44
(一)戴维南定理	45
(二)诺顿定理	49

1-9 受控电源	50
(一)电压控制电压源	51
(二)电流控制电压源	51
(三)电压控制电流源	51
(四)电流控制电流源	51
1-10 非线性电阻电路	54
练习题	59
第二章 电压和电流的波形	70
2-1 常见的电压和电流的波形	70
2-2 指数波形的电压和电流	76
2-3 正弦波形的电压和电流	78
(一)交流电的频率	80
(二)交流电的有效值	80
(三)交流电的相位	82
(四)交流电的相量表示法	83
2-4 非正弦周期波形的电压和电流	91
练习题	96
第三章 电路的参数	99
3-1 电路的基本参数	99
3-2 电阻	101
(一)电阻的物理性质	101
(二)电阻在电路中的作用	102
3-3 电容	104
(一)电容的物理性质	104
(二)电容在电路中的作用	107
3-4 电感	110
(一)电感的物理性质	110
(二)电感在电路中的作用	113
(三)互感	116

3-5 实际的电路元件	123
(一)实际的电阻元件	123
(二)实际的电容元件	127
(三)实际的电感元件	130
练习题	132
第四章 交流电路	136
4-1 串联交流电路	136
4-2 并联交流电路	143
4-3 交流电路的功率	149
(一)瞬时功率	149
(二)有功功率、无功功率和视在功率	150
(三)功率因数的提高	155
*4-4 网络理论在交流电路中的扩展	158
4-5 电路的频率响应	162
(一) RC 电路的频率响应	162
(二) RLC 串联电路的频率响应	165
(三)并联电路的频率响应	170
4-6 非正弦周期电流电路	176
练习题	182
第五章 三相电路	190
5-1 三相电动势	190
5-2 三相电路的星形接法	192
5-3 三相电路的三角形接法	199
5-4 不对称三相电路的概念	202
5-5 三相电路的功率	204
练习题	209
第六章 电路的时域分析	212
6-1 基本概念	212

(一)稳态和暂态	212
(二)研究时域响应的意义	213
(三)时域分析的方法	214
(四)换路定律和初始值	215
(五)零输入响应、零状态响应和全响应	217
6-2 RC 电路的时域分析	218
(一) RC 电路的零输入响应	218
(二) RC 电路的阶跃响应	221
(三) RC 电路的矩形脉冲响应	226
*(四) RC 电路的正弦响应	231
6-3 RL 电路的时域分析	233
(一) RL 电路的零输入响应	233
(二) RL 电路的阶跃响应	237
6-4 RCL 电路的零输入响应	240
(一) $r > \omega_n$	242
(二) $r = \omega_n$	242
(三) $r < \omega_n$	243
*6-5 拉普拉斯变换及其在时域分析中的应用	246
(一)拉普拉斯变换的定义和基本定理	246
(二)简单函数的拉普拉斯变换	249
(三)拉普拉斯反变换	250
(四)电路定律的运算形式	253
(五) RCL 的阶跃响应	258
*6-6 电路的对偶原理	261
*6-7 非电系统的电模拟	264
练习题	268

第二篇 电 机

引言	273
----------	-----

第七章 磁路和变压器	275
7-1 磁路	275
7-2 电磁铁	283
(一) 直流电磁铁	284
(二) 交流电磁铁	286
7-3 变压器	292
(一) 用途和构造	292
(二) 空载运行	294
(三) 任载运行	296
(四) 损耗和效率	301
7-4 三相电压的变换	302
练习题	304
第八章 直流电机	309
8-1 直流电机的作用原理	309
8-2 直流电机的构造	313
(一) 定子	313
(二) 转子	314
8-3 直流电机的电磁转矩和电动势	316
(一) 电磁转矩	316
(二) 电动势	316
8-4 直流电动机运行情况的分析	317
(一) 他励电动机	317
(二) 并励电动机	321
(三) 串励电动机	322
(四) 复励电动机	324
8-5 直流电动机的使用	325
(一) 起动	325
(二) 调速	327
(三) 反转	333

(四)制动	334
8-6 直流发电机	335
(一)他励发电机	335
(二)并励发电机	337
(三)复励发电机	340
练习题	341
第九章 异步电机	344
9-1 三相异步电动机的作用原理	344
(一)旋转磁场	345
(二)作用原理	348
9-2 三相异步电动机的构造	350
(一)定子	350
(二)转子	352
9-3 三相异步电动机运行情况的分析	353
(一)电磁转矩	353
(二)转矩特性和机械特性	356
(三)运行特性	360
9-4 三相异步电动机的使用	362
(一)起动	362
(二)调速	367
(三)反转	369
(四)制动	370
9-5 单相异步电动机	371
练习题	374
第十章 同步电机	378
10-1 同步电机的构造	378
10-2 三相同步发电机运行情况的分析	381
(一)空载特性	381
(二)电枢反应	382

(三)外特性	384
(四)调节特性	386
(五)相量图	386
10-3 同步发电机的功率调整	389
(一)有功功率的调整	389
(二)无功功率的调整	394
10-4 三相同步电动机	397
(一)作用原理	397
(二)起动方法	398
(三)运行情况分析	400
练习题	404
第十一章 控制电机	406
11-1 执行电动机	406
11-2 测速发电机	409
(一)直流测速发电机	410
(二)交流测速发电机	410
*11-3 步进电动机	413
*11-4 旋转变压器	418
(一)正弦-余弦旋转变压器	418
(二)线性旋转变压器	421
*11-5 自整角机	424
练习题	428
第十二章 电动机的选择	430
12-1 电动机种类和型号的选择	430
(一)转速问题	430
(二)起动问题	431
12-2 电动机外型结构和安装型式的选择	433
(一)防护型	434
(二)封闭型	434

(三)防爆型	435
12-3 电动机容量的选择	436
(一)计算法	437
(二)类比法	443
(三)实验法	443
12-4 电动机额定电压的选择	444
12-5 电动机额定转速的选择	444
练习题	445
第十三章 电动机的继电-接触器控制	447
13-1 常用的低压电器	447
(一)刀开关	447
(二)组合开关	448
(三)熔断器	448
(四)空气开关	450
(五)按钮	451
(六)交流接触器	451
(七)中间继电器	453
(八)热继电器	453
13-2 控制电路的图形符号和文字符号	454
13-3 鼠笼式电动机的起-停和正反转控制	457
13-4 行程开关和行程控制	459
13-5 时间继电器和时限控制	462
13-6 速度继电器和速度控制	463
练习题	466
附录	470
F-1 电阻器、电容器的标称系列值	470
F-2 Y 系列三相异步电动机技术数据	471
索引(中英名词对照)	475

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。自从十九世纪初期以来,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,到了二十世纪八十年代的今天,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式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高潮。

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。课程内容包括电路、电机、电子技术和自动控制等四大部分。通过本门课程的学习,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工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时的借鉴。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技术的必要性和可能性,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。

学习不是容易的事情,但是“世上无难事,只要肯登攀。”让我们为肩负起四化建设的历史重任而奋勇前进。

第一篇 电 路

引 言

各种电气设备在正常工作时一般都有电流通过。供电流流通的路径就是电路。电能的输送和转换,信号的传递和处理,通常都是经过电路来实现的。电路理论就是要研究各种电信号作用于电路时所发生的电磁现象及其分析计算方法。虽然它并不分析具体的电气设备,但是都是各种设备中所发生的电磁过程的高度概括和综合。因此,只有掌握好电路的基本理论,才能为学习电机、电子技术和自动控制等各篇打下坚实的基础。

一八〇〇年化学电池的发明,给电能为人类服务揭开了序幕。人们对于电的研究,开始从静电迈进到直流电的领域。随着生产的发展和人类对于自然界认识的深化,在十九世纪后期,电能的应用又从直流电演变成以交流电作为主要的形式。进入二十世纪,电能的应用愈加广泛,电压和电流的波形不再局限于直流和交流而扩展到更多种类。电路理论的研究范围也更加广阔,在时域分析、频域分析、网络拓扑以及状态变量等方面都取得了重大成果。本篇所讨论的,就包括了直流电路、电压和电流的波形、电路参数、交流电路以及电路的时域分析等内容。

在学习本篇时,既要明确地理解电路的基本概念,又要熟练地掌握电路的分析和计算方法。本篇的讨论,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。

第一章 直流电路

在物理学中大家已经学过了简单直流电路的分析和计算方法。本章是在物理学的基础上进一步研究复杂直流电路的分析和计算方法,从而使我们能够比较全面地了解和掌握直流电路的普遍规律。

本章首先讨论在分析和计算直流电路时所必须掌握的有关术语、知识和定律,然后讨论复杂电路的几种普遍的计算方法,接着再讨论如何运用网络的某些定理和原理来简化电路的分析和计算。本章主要讨论线性电阻电路,非线性电阻电路只在最后一节中简要地介绍一下。

本章虽然是以直流电路为研究的对象,但是只要把所涉及到的这些理论和方法稍加扩展,即可用来分析交流电路。所以本章的内容也是分析和计算其它电路的理论基础。

1-1 电 路

(一)电路的作用和组成

电路或网络,是由许多电气元件或设备为实现能量的输送和转换,或者实现信号的传递和处理而组合后的总称。

常见的各种照明电路和动力电路就是用来输送和转换能量的。例如在图 1-1 所示这样简单的照明电路中,电池把化学能转换成电能供给灯泡,灯泡却把电能转换成光能作照明之用。凡是将化学能、机械能等非电能量转换成电能的供电设备,我们统称为电源,如干电池、蓄电池和发电机等;凡是将电能转换成热能、光能