

高等学校教材

电工学基本教程

(第二版)

孙骆生 主编

上

电工技术

高等教育出版社

DIAN GONG XUE

高等学校教材

电工学基本教程

(第二版)

上

电工技术

孙骆生 主编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工学基本教程 上/孙骆生主编. —2版. —北京:
高等教育出版社, 1990. 9(2000 重印)
ISBN 7-04-003174-4

I. 电… II. 孙… III. 电工学-高等学校-教材 IV. TM1
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 00626 号

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 河北省张家口市印刷总厂

开 本 850×1168 1/32

版 次 1990 年 9 月第 2 版

印 张 12.875

印 次 2000 年 5 月第 10 次印刷

字 数 306 000

定 价 12.40 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

内 容 简 介

孙骆生主编《电工学基本教程》上、下册 1984 年版,在国家教育委员会 1987 年举办的全国优秀教材评选中获得国家教委一等奖。

本书是在 1984 年版的基础上,根据 1986 年国家教委审批的《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》进行改写和修订的。上册增加了电工测量和安全用电内容;下册增加了数字电路内容,加强了运放内容。

上册主要内容有:直流电路、交流电路、三相交流电路、电路的瞬变过程、磁路和变压器、异步电动机、直流电动机、继电器接触器控制、电工测量。

参考学时为 120 学时。

第二版前言

本书第二版是按照下述要求进行改写和修订的。

1. 符合高等学校工科电工学课程指导小组1986年制订、国家教育委员会批准的《高等工业学校电工技术(电工学I)课程教学基本要求》和《高等工业学校电子技术(电工学II)课程教学基本要求》的规定。书中内容能覆盖这两门课程的教学基本要求。

2. 保持原120学时类型电工学基本教材的性质,精选内容、在篇幅和份量上能适用于上述两门课程按所规定的下限学时($55+55=110$ 学时)进行教学。

3. 保持本书第一版的特色,继续在讲清基本概念、基本理论、基本分析方法、尽量联系实际应用、着重培养能力和便于自学上面下功夫。根据我院和外校在使用本书第一版过程中发现的问题和所提意见,修改第一版中存在的缺点和不足之处。

4. 采用国家标准中规定的文字符号和图形符号。

这样,书中就增补了一些内容,如:数字电子电路、电工测量、非线性电阻电路等;还改变了一些内容的讲述系统和侧重点,如:“交流放大电路”和“直流放大电路”两章改为“晶体管基本放大电路”和“集成运算放大器及其应用”(内含负反馈的系统讲解),用零状态响应,零输入响应和全响应讲解瞬变过程等;相应的,也删去和精简不少内容。例题、思考题、习题作了增补和删改。

本书仍由原主审单位北京航空航天大学(原北京航空学院)罗中仙教授和李郁芬教授负责审稿,他们对本书修订稿进行了认真仔细的审阅,逐章逐节提出了许多宝贵的修改意见,在此对这两位

老师和其他使用过或看过本书第一版并提出修改意见的老师們一并致以衷心的感谢!

我在进行全书的增补、改写和修订的工作中,深感电工学课程涉及的面实在太宽,各个部分的理论、应用和发展现状,很难在短時間內一一搞清楚,因此书中肯定存在不少不妥之处,恳切希望使用本书的教师和同学以及其他读者提出批评和意见,以便修改。

孙骆生于北京轻工业学院

1989年11月

第一版前言

本书是根据1980年6月在成都召开的高等学校工科电工教材编审委员会扩大会议审订、教育部批准的高等工业学校120学时类型《电工学教学大纲(草案)》(四年制非电专业试用)编写的,经过电工教材编审委员会电工学教材编审小组评选,作为120学时类型电工学课程的基本教材。

本书分上、下两册。第一、四、五、十、十二章由北京轻工业学院孙骆生编写,第二、三章,第六、七、九、十三章,第八、十一章分别由东北工学院汤肇善、邹笃镛、裴新才编写,由孙骆生担任主编。

全书初稿经主审单位北京航空学院罗中仙、耿长柏、李郁芬三位同志审阅,并在电工学编审小组主持召开的西安评选会议上,按照1980年审订的120学时电工学教学大纲(草案)和1982年11月在南宁召开的电工学教学大纲讨论会提出的高等工业学校120学时《电工学教学大纲(草案)补充说明》的要求进行了认真的讨论,提出了修改意见,经编者修改、主编定稿后,最后由主审单位进行了复审。

参加本书审稿会的还有西安交通大学的袁旦庆、沙烽等同志。

审稿会上提出的修改意见,对于保证基本教材的质量十分宝贵,我们在此表示衷心感谢。

按照编审小组和审稿会的意见和要求,本书在编写和修改中,注意了加强基本概念、基本理论的讲解和反复运用,理论联系实际,精简次要内容,以便学生把基本内容学到手;在讲述方法上力求循序渐进,从具体到抽象,从特殊到一般,以便学生容易接受和进行自学;在体例安排上,主要章节有例题,主要段落后面有思考

题,每章有一定分量的习题,以便学生搞清基本概念,掌握所讲理论,锻炼分析解决问题的能力(供选做的难题打有*号,有的习题只给出供自我检查、校核用的部分答案)。

由于我们水平有限,书中难免存在不少缺点和错误,殷切希望读者给予批评指正。

编 者

1983年11月

目 录

绪论	1
第一章 直流电路	4
1-1 电路和电路图	5
一、电路的组成和作用	5
二、电路模型和电路图	6
1-2 简单电路的分析计算	9
一、简单电路和复杂电路	9
二、电路中主要物理量的表示方法	10
三、电阻的串并联及其应用	16
1-3 电气设备的额定值和电路的几种状态	20
一、电气设备的额定值	20
二、电路的几种状态	21
1-4 电压源和电流源及其等效变换	23
一、电压源	23
二、电流源	25
三、电压源和电流源的等效变换	28
1-5 克希荷夫定律	32
一、克希荷夫电流定律	32
二、克希荷夫电压定律	34
1-6 支路电流法	38
1-7 电路中电位的计算	42
1-8 叠加原理	45
1-9 等效电源定理	50
一、戴维南定理	51
二、诺顿定理	55
1-10 非线性电阻电路及其分析方法	58
一、线性电阻电路的图解	59
二、非线性电阻电路的图解和静态电阻	59
三、动态电阻和小信号电路模型	61

本章小结	64
习题	66
第二章 交流电路	76
2-1 交流电的基本概念	77
一、交流电的表示方法、周期和频率	77
二、正弦交流电的三要素	78
三、相位差	81
2-2 交流电的有效值	83
2-3 正弦量的相量表示法	85
一、正弦量的旋转矢量表示法	86
二、正弦量的相量表示法	88
2-4 单一参数的交流电路	92
一、纯电阻交流电路	93
二、纯电感交流电路	96
三、纯电容交流电路	103
2-5 电阻电感和电容串联的交流电路	109
一、RLC串联电路中电压和电流的关系	109
二、交流电路的欧姆定律和复阻抗	112
2-6 一般交流负载的功率	116
一、瞬时功率和有功功率	116
二、无功功率	118
三、视在功率和功率三角形	119
四、电路的功率守恒	120
2-7 并联交流电路和功率因数的提高	124
一、并联交流电路	124
二、提高功率因数	126
2-8 电路中的谐振	130
一、串联谐振	130
二、并联谐振	136
2-9 非正弦周期电压和电流	138
本章小结	144
习题	147
第三章 三相交流电路	155
3-1 三相交流电源	156

一、三相电动势.....	156
二、三相电源的星形连接.....	158
3-2 三相负载的星形连接	160
一、三相四线制电路.....	161
二、三相三线制电路.....	164
3-3 三相负载的三角形连接	168
一、三角形连接电路中的一般关系式.....	169
二、对称负载的三角形连接电路.....	170
3-4 不对称三相负载电路简介	173
一、三角形连接的不对称负载电路.....	173
二、星形连接的不对称负载电路.....	173
3-5 三相负载的功率	176
3-6 安全用电	178
一、电流对人体的作用和伤害程度.....	178
二、触电方式和安全电压.....	179
三、保护接地和保护接零.....	180
四、静电防护.....	186
五、触电急救.....	186
六、防火与防爆.....	187
本章小结.....	187
习题.....	188
第四章 电路的瞬变过程	194
4-1 电路瞬变过程概述	195
一、电阻电容和电阻电感电路中瞬变过程简述	195
二、换路定律和瞬变过程的初始值	197
三、瞬变过程中的激励和响应	202
4-2 电阻 电容电路的瞬变过程	203
一、阻容电路对阶跃激励的零状态响应.....	204
二、阻容电路的零输入响应.....	209
三、阻容电路对阶跃激励的全响应.....	210
4-3 阻容电路对矩形脉冲波的响应	215
4-4 电阻 电感电路的瞬变过程	219
一、阻感电路对阶跃激励的零状态响应.....	219
二、阻感电路的零输入响应.....	221
三、电感电路断路时的过电压现象和防护措施.....	224

4-5 一阶电路瞬变过程的一般求解方法	225
本章小结	230
习题	231
第五章 磁路和变压器	237
5-1 磁路的基本知识和基本定律	237
一、磁路和电路的对偶关系	238
二、磁路的基本定律	240
5-2 交流铁心线圈	245
一、电压和电流、磁通的关系	245
二、功率损耗和电压、电流的关系	248
5-3 变压器的基本结构	249
5-4 变压器工作原理	251
一、空载运行和电压变换	252
二、负载运行和电流变换	254
三、阻抗变换	257
四、变压器绕组的极性	258
5-5 三相变压器	260
5-6 变压器的额定值	261
5-7 自耦变压器	262
本章小结	264
习题	265
第六章 异步电动机	269
6-1 三相异步电动机的结构	269
一、三相异步电动机定子的结构	269
二、三相异步电动机转子的结构	271
6-2 三相异步电动机的旋转磁场	273
6-3 异步电动机的转动原理	278
6-4 异步电动机的铭牌和技术数据	280
一、铭牌	280
二、异步电动机的技术数据	282
6-5 异步电动机电磁转矩的分析	284
一、旋转磁场磁通量和定子相电压的关系	286
二、转子电流和电子电路的 $\cos \phi_2$ 同转差率的关系	287

三、电磁转矩和转差率的关系·····	288
6-6 异步电动机的机械特性和运行特性·····	291
一、机械特性·····	291
二、运行特性·····	293
6-7 鼠笼式异步电动机的起动、反转和调速·····	294
一、鼠笼式异步电动机的起动·····	294
二、鼠笼式异步电动机的反转·····	297
三、鼠笼式异步电动机的调速·····	297
6-8 线绕式异步电动机·····	301
一、线绕式异步电动机的机械特性·····	301
二、线绕式异步电动机的起动·····	302
三、线绕式异步电动机的调速·····	304
6-9 单相异步电动机·····	305
一、电容分相式异步电动机·····	305
二、罩极式异步电动机·····	307
6-10 电动机的选择·····	308
一、电动机电压的选择·····	308
二、电动机转速的选择·····	308
三、电动机容量的选择·····	309
6-11 同步电动机·····	310
本章小结·····	312
习题·····	314
第七章 直流电动机·····	317
7-1 直流电动机的结构·····	318
7-2 直流电动机的转动原理·····	320
7-3 直流电动机的电磁转矩和电枢电动势·····	321
7-4 直流电动机的机械特性·····	323
一、直流电动机按励磁方式的分类·····	323
二、他励和并励电动机的机械特性·····	325
三、串励电动机的机械特性·····	326
7-5 直流电动机的起动、反转和调速·····	328
一、直流电动机的起动·····	328
二、直流电动机的反转·····	329
三、直流电动机的调速·····	329

本章小结	334
习题	332
第八章 继电-接触器控制	334
8-1 常用的低压控制和保护电器	334
一、闸刀开关	331
二、铁壳开关	336
三、熔断器	336
四、按钮	338
五、交流接触器	339
六、中间继电器	342
七、热继电器	342
8-2 三相异步电动机的直接起动控制电路	345
8-3 三相异步电动机的正反转控制电路	348
8-4 行程控制	350
8-5 时间控制	352
一、时间继电器	352
二、时间控制电路举例	353
8-6 顺序联锁控制	354
8-7 热继电器在三相异步电动机控制电路中的保护作用	355
一、电源断一线(包括Y接绕组断一相)	356
二、电动机 Δ 连接绕组断一相	358
本章小结	359
习题	361
第九章 电工测量	364
9-1 电工测量仪表的基本知识	334
一、电工测量指示(型)仪表的分类	361
二、电测指示仪表的误差和主要技术指标	364
三、电测指示仪表表盘符号	366
9-2 磁电式仪表	368
一、磁电式仪表的测量机构和工作原理	368
二、磁电式电流表和电压表	369
三、摇表(兆欧表)	370
四、万用表	373
9-3 电磁式仪表	375

一、电磁式仪表的测量机构和工作原理.....	375
二、电磁式电流表和电压表.....	376
9-4 电动式仪表	378
一、电动式仪表的测量机构和工作原理	378
二、电动式功率表.....	379
三、三相电路功率的测量.....	380
本章小结.....	382
参考文献	383
索引	384

绪 论

电工学是一门主要供非电专业学生学习、掌握电工技术和电子技术的技术基础课程。由于电能便于转换、传输、分配和控制,电工技术和电子技术在电力和电信这两个方面,都已经在工农业生产、科学实验和日常生活等各个领域得到了广泛的应用,因而在生产技术和生产规模上引起了划时代的革命。本世纪中叶,电子计算机问世,70年代以来,微电子技术有了飞跃的发展,大规模集成电路可以在一块几平方毫米的芯片上集成几十万个乃至更多的晶体管,这就使得计算机微型化、价格大幅度降低和智能化的程度显著提高,从而日益在生产和科研的各个部门及人们生活中得到普及应用,给生产和社会面貌带来了巨大的变化,出现了新的技术革命高潮。

我国正在进行社会主义现代化经济建设,要在本世纪末实现国民生产总值再翻一番,要在下个世纪中叶基本实现现代化。这个战略目标的实现,要靠党的领导,要靠科学技术的进步和全国人民的艰苦奋斗。因此,电工技术和电子技术及其新成果普遍应用于国民经济的各个部门将具有重大意义。对于非电专业的工程技术人员和科研人员,应该掌握电工学课程所包含的基本理论、基本知识和基本技能,打好从事技术工作和科研工作的基础,以便为实现四个现代化多做贡献。

为了适应社会主义建设的需要和科学技术的发展,电工学也象其他课程一样,一直在不断地进行教学改革。教材是进行教学的基本工具,自然要反映本门课程现阶段在教学内容和教学方法上的要求和前一阶段的教改实践经验,而当今电工技术和电子技

术发展十分迅速,应用面广,电工学课程内容及其讲述系统和方法的更新也就比较快,因此各种渠道编写出版的教材总在不断地修改,以满足进行教学工作和提高教学质量的需要。本书根据当前教学工作的要求,由电工技术和电子技术两大部分组成。

电工技术包括电路理论、电机与继电-接触器控制、电工测量和安全用电四部分内容。电路理论主要讲述基本电路元件的性质、电路的基本定律和基本分析计算方法,是整个课程(电工技术和电子技术)的理论基础;电机和控制主要讲述常用的电动机、低压电器的基本工作原理、外部特性、使用方法及继电-接触器控制电路;电工测量主要讲述常用电工测量仪表的功能和实际使用知识;安全用电主要讲述有关触电及其保护措施等必须了解并给予重视的基本知识。

电子技术部分包括模拟电子电路和数字电子电路两部分内容,分别讲述有关的电子元器件的性能和电子电路基本环节的工作原理及其应用。管路结合,从分立元件电路入手,着重介绍集成电路。以讲述传递和处理电信号的电子电路为主,适当介绍电力电子电路。

电工学是一门实践性较强的技术基础课,学习电工学是为了在实际工作中能够应用所学电工知识和技能,因此在学习过程中要注意理论联系实际,要重视实验课。书中有关实际应用方面的内容(包括例题、思考题和习题),要认真思考,以培养分析解决实际问题的能力;上实验课要做好准备,自觉地学习电工仪表、电子仪器等设备的使用方法和测取分析实验数据,以培养实验技术和动手能力。

电工技术和电子技术内容非常广泛,日新月异。因此在学习电工学这门“入门课”时,要着重搞清、理解书中讲述的基本概念、基本理论和基本分析方法,并通过认真做习题,参加测验、考试来