



全国成人高等教育规划教材

电工技术

(电工学 I)

教育部高等教育司 组编



高等教育出版社

全国成人高等教育规划教材

电工技术

(电工学 I)

教育部高等教育司 组编

吕厚余 主编

高等教育出版社

图书重联

图书在版编目(CIP)数据

电工技术.(电工学Ⅰ). /吕厚余主编;教育部高等教育司组编. —北京:高等教育出版社,2000.8(2003重印)
ISBN 7-04-008627-1

Ⅰ.电… Ⅱ.①吕…②教… Ⅲ.①电工技术-高等教育:成人教育-教材②电工学-高等教育:成人教育-教材
Ⅳ.TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 22464 号

电工技术(电工学Ⅰ)

吕厚余 主编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn

经 销 新华书店北京发行所

排 版 高等教育出版社照排中心

印 刷 北京人卫印刷厂

开 本 850×1168 1/32

印 张 12.625

字 数 310 000

版 次 2000年8月第1版

印 次 2003年8月第2次印刷

定 价 14.70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

本书是依据 1998 年 8 月教育部颁发的“全国成人高等教育电工技术(电工学 I)课程教学基本要求”编写的。内容分三部分组成:第一篇电路,第二篇电机与控制,第三篇电工测量与安全用电。本教材在编写过程中充分考虑了成人和非电专业对电知识的需要,突出应用,增加新知识的介绍,使该书做到“体系创新、内容更新,突出成人特色”。

本书可作为成人高等教育工科非电专业教材,兼作全日制高等学校、电视大学、职工大学以及高职高专非电类专业师生的教材或教学参考书。

出版说明

为了加强成人高等教育教学的宏观管理,指导并规划成人高等教育的教学工作,保证达到培养规格,教育部于1998年8月颁布了全国成人高等教育公共课和经济学、法学、工学等学科门类主要课程的教学基本要求。教学基本要求是成人高等教育的指导性教学文件,是成人高等教育开展有关课程教学工作和进行教学质量检查的重要依据。为了更好地和更迅速地贯彻这个教学基本要求,我司又组织制订了全国成人高等教育主要课程教材建设规划。经过有关出版社论证申报和教育部组织的成人教育专家评审,确定了各门课程教材的主编人选及承担出版任务的出版社。

承担任务的出版社,遴选了学术水平高、有丰富成人教育经验的专家参加教材及教学辅助用书的编写和审定工作。新编教材尽可能符合成人学习特点,较好地贯彻了成人高等教育教学基本要求。推广使用这套教材,对于加强成人高等教育的教学工作,提高教学质量,促进成人高等教育的改革与发展具有十分重要的意义。

首批完成的有公共课和经济学、法学、工学三大学科门类共81门主要课程的教材。由于此项工作是一项基础性工作,具有一定的开创性,可能存在不完善之处。我司将在今后的教学质量检查评估中,及时总结经验,认真听取各方反馈意见,根据教学需要,适时组织教材的修订工作。

教育部高等教育司

1998年12月1日

前言

本书是由教育部和高等教育出版社共同组织编写的“面向 21 世纪全国成人高等教育百门课程教材”中的“电工技术(电工学 I)”教材,本书是根据 1998 年 8 月由教育部颁布的“全国成人高等教育电工技术(电工学 I)课程教学基本要求”编写的,作为成人高等教育工学各非电专业教材,兼作全日制高等学校、电视大学、职工大学以及高职高专非电专业师生的教材或教学参考用书。

本书与北方交通大学李守成教授主编的《电子技术(电工学 II)》相配套,为“电工学”课程教材。亦可作为《电工技术》教材单独使用。本教材参考学时为 55~70 学时。对于少学时采用本书时,可根据实际情况少讲些内容。

本书内容分为三部分。第 1 篇电路,内容有电路的基本定律与基本分析方法、正弦交流稳态电路、一阶电路暂态分析。第 2 篇电机与控制,内容有变压器、异步电动机、继电器接触器控制系统、可编程控制器。第 3 篇电工测量与安全用电,内容有电工测量仪表、电工测量、安全用电。

考虑到非电专业和成人教育的特点,对传统内容进行了精选,电路的基本理论做到够用就行,一般不作严格的论证和推导,必要时作简单的说明。适当加强了例题,各节后有复习思考题,以便于自学。考虑到电工技术的发展,本书编写了可编程控制器这一章,以供教学条件允许的学校采用。

本教材由重庆大学吕厚余教授主编,负责全书的组织、统稿和定稿。吕厚余教授编写了第 1 章、第 3 章。中国矿业大学冯伟副教授编写了第 2 章、第 8 章、第 9 章、第 10 章。西南农业大学刘峰

副教授编写了第4章、第5章、第6章、第7章。

本书由北京工商大学孙骆生教授主审,他认真负责地审阅了书稿,指出了缺点和不妥之处,并提出了许多宝贵意见。本书的编写受到高等教育出版社电子电工编辑室有关老师的关心和指导。本书也得到中国高等工科院校成人教育委员会电工学研究组专家们的审查,并提出了许多宝贵的意见。在此谨对他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不少缺点和错误,敬请读者,特别是使用本书的教师和同学,积极提出批评和改进意见。

。并因李学煜原任林彪副主席秘书而非李高厚高又(2000年2月
李工申)亦好干申)的余主建林彪李学大配交式非已件本

目 录

(带 * 号的章节为加深加宽内容)

前言	1
第 1 篇 电 路	
第 1 章 电路的基本定律与基本分析方法	1
1.1 电路的组成和作用	1
1.1.1 电路的定义	1
1.1.2 电路的组成	2
1.1.3 电路的作用	3
1.2 电路元件及电路模型	4
1.2.1 实际元件	4
1.2.2 理想元件和电路模型	4
1.3 电路中电压、电流参考方向	8
1.3.1 实际方向	8
1.3.2 参考方向	8
1.3.3 电压、电流的关联参考方向	10
1.3.4 电位	11
1.4 电阻·欧姆定律·功率	13
1.4.1 电阻·欧姆定律	13
1.4.2 功率	14
1.5 电容·电感	17
1.5.1 电容	17
1.5.2 电感	19
1.6 基尔霍夫定律	22
1.6.1 基尔霍夫电流定律	23

1.6.2 基尔霍夫电压定律	25
1.7 实际电源的两种模型及其等效变换	31
1.7.1 实际电源的电压源模型	33
1.7.2 实际电源的电流源模型	35
1.7.3 实际电源两种模型的等效变换	36
1.8 支路电流法	41
1.9 叠加原理	45
1.10 戴维宁定理	50
1.11 电气设备的额定值	57
1.12 非线性电阻电路	59
1.13 受控源	63
本章小结	66
习题	67
第2章 正弦交流稳态电路	75
2.1 正弦交流电的基本概念	76
2.1.1 正弦交流电的三要素	76
2.1.2 同频率正弦量的相位差	80
2.2 正弦量的相量分析法	83
2.2.1 正弦量的相量表示	83
2.2.2 正弦交流电路的相量分析法	85
2.3 单一参数元件的正弦电路分析	90
2.3.1 电阻正弦交流电路	90
2.3.2 电容元件的正弦交流电路	93
2.3.3 电感元件的正弦交流电路	97
2.4 RLC 串联的正弦交流电路分析	103
2.4.1 RLC 串联电路电压与电流关系、阻抗	103
2.4.2 功率	105
2.5 阻抗并联电路和功率因数的提高	112
2.5.1 阻抗并联电路	112
2.5.2 功率因数的提高	114
2.6 电路的谐振	118
2.6.1 串联谐振	118

2.6.2 并联谐振	122
2.7 三相正弦交流电路	125
2.7.1 对称的三相电源	125
2.7.2 对称负载星形联结的三相电路	129
2.7.3 对称负载三角形联结的三相电路	132
2.7.4 负载不对称的三相电路	133
2.7.5 三相电路的功率	136
2.7.6 三相交流电功率因数的提高	139
本章小结	142
习题	147
第3章 一阶电路暂态分析	152
3.1 换路定则	152
3.2 一阶电路的暂态分析	158
3.2.1 三要素法	158
3.2.2 例题讲解	162
3.3 一阶电路的矩形波响应	172
本章小结	175
习题	176

第2篇 电机与控制

第4章 变压器	181
4.1 磁路及交流铁心线圈	182
4.1.1 磁路的基本概念	182
4.1.2 磁路及其基本定律	185
4.1.3 交流铁心线圈电路	188
4.2 变压器的基本结构和工作原理	192
4.2.1 基本结构	192
4.2.2 工作原理	193
4.2.3 变压器的特性	198
4.2.4 三相变压器	200
4.2.5 同极性端的判别	202
4.3 特殊变压器	204

4.3.1 自耦变压器	204
4.3.2 电压互感器	206
4.3.3 电流互感器	206
本章小结	207
习题	208
第5章 异步电动机	210
5.1 三相异步电动机的基本结构和工作原理	211
5.1.1 三相异步电动机的结构	211
5.1.2 三相异步电动机的工作原理	213
5.2 三相异步电动机的电路分析	218
5.2.1 定子电路	219
5.2.2 转子电路	219
5.3 三相异步电动机的转矩与机械特性	224
5.3.1 电磁转矩	224
5.3.2 机械特性曲线	224
5.4 三相异步电动机的运行特性	230
5.4.1 定子电流特性 $I_1 = f(P_2)$	230
5.4.2 功率因数特性 $\cos\varphi_1 = f(P_2)$	230
5.4.3 转矩特性 $T = f(P_2)$	231
5.4.4 效率特性 $\eta = f(P_2)$	232
5.5 三相异步电动机的起动与反转	232
5.5.1 三相异步电动机的起动	232
5.5.2 三相异步电动机的反转	237
5.6 三相异步电动机的调速	238
5.6.1 变磁极对数调速	238
5.6.2 变频调速	239
5.6.3 变转差率调速	240
5.7 三相异步电动机的制动	241
5.7.1 能耗制动	241
5.7.2 反接制动	241
5.7.3 发电制动	243

5.8 三相异步电动机的铭牌数据	243
5.8.1 型号	243
5.8.2 功率及效率	244
5.8.3 电压	244
5.8.4 电流	245
5.8.5 转速	245
5.8.6 接法	245
5.8.7 功率因数	246
5.8.8 工作方式	246
5.8.9 绝缘等级	246
5.9 三相异步电动机的选择	246
5.9.1 种类和型式的选择	246
5.9.2 转速的选择	247
5.9.3 功率的选择	247
5.10 单相异步电动机	248
5.10.1 单相异步电动机的工作原理	248
5.10.2 单相异步电动机的起动	250
本章小结	251
习题	253
第6章 继电-接触器控制系统	254
6.1 常用低压手动和自动电器	254
6.1.1 手动电器	255
6.1.2 自动电器	257
6.2 笼型电动机直接起动的控制线路	264
6.2.1 主电路与控制电路	265
6.2.2 点动、自锁与两地控制	266
6.2.3 过流、过载、欠压(零压)保护	267
6.3 笼型异步电动机正、反转控制线路	268
6.3.1 主电路与控制电路	268
6.3.2 机械联锁和电气联锁	269
6.4 行程控制	271
6.4.1 行程开关	271

6.4.2 自动往返控制电路	272
6.5 时间控制	274
6.5.1 时间继电器	274
6.5.2 笼型异步电动机 Y- Δ 换接起动	275
6.5.3 笼型异步电动机能耗制动控制电路	277
本章小结	279
习题	280
第7章 可编程控制器	281
7.1 可编程控制器(PLC)概述	281
7.1.1 PLC 的产生	281
7.1.2 PLC 的特点	282
7.1.3 PLC 的发展	283
7.2 PLC 的组成及工作原理	284
7.2.1 PLC 的基本组成	284
7.2.2 PLC 的工作原理	286
7.2.3 PLC 的种类及型号	288
7.3 PLC 的编程语言	292
7.3.1 编程语言的概述	292
7.3.2 PLC 的编程元件	294
7.4 PLC 的指令系统	299
7.5 梯形图程序设计	310
7.5.1 梯形图设计规则	310
7.5.2 梯形图的经验设计方法	310
7.6 PLC 的应用实例	314
7.6.1 顺序控制的程序设计	314
7.6.2 用 S、R 指令实现液压滑台自动控制	318
7.6.3 用移位指令 SFT 实现顺序控制	320
本章小结	326
习题	327
第 3 篇 电工测量与安全用电	
第 8 章 电工测量仪表	328

8.1 电工测量及仪表的基本知识	328
8.1.1 电工测量仪表的分类	328
8.1.2 电工测量仪表的标志符号	329
8.1.3 测量仪表的误差和准确度	330
8.2 磁电式仪表	332
8.3 电磁式仪表	334
8.4 电动式仪表	335
8.5 感应式仪表	337
8.6 万用表	339
8.6.1 指针式万用表	339
8.6.2 数字式万用表	342
8.7 兆欧表	345
8.8 数字式仪表	347
本章小结	348
习题	348
第9章 电工测量	350
9.1 电流和电压的测量	350
9.1.1 电流的测量	350
9.1.2 电压的测量	352
9.2 电阻、电感和电容的测量	354
9.2.1 电阻的测量	354
9.2.2 电感和电容的测量	355
9.3 功率的测量	358
9.3.1 直流功率和单相交流功率的测量	358
9.3.2 三相交流电功率的测量	359
9.4 非电量测量简介	362
本章小结	364
习题	365
第10章 安全用电	366
10.1 触电事故分析	366
10.1.1 影响触电程度的因素	366
10.1.2 低压电网单相人身触电电流分析	367

10.2 电气设备的安全保护	369
10.2.1 保护接地	369
10.2.2 保护接零	371
10.2.3 工作零线和保护线	373
10.3 电器产品的防爆、防火知识	374
10.3.1 电气火灾与爆炸原因	374
10.3.2 电气火灾的防护措施及应急常识	374
本章小结	375
习题	375
附录 A 复数复习	377
部分习题答案	380

第1篇 电 路

第1章 电路的基本定律与基本分析方法

本章在建立了电路模型,介绍了电压、电流参考方向后,主要讨论了电路的基本定律与基本分析方法。它们既是分析、计算电路的基础,也是后面章节的基础。

本章基本要求

1. 理解电路模型及理想电路元件(电阻、电感、电容、电压源和电流源)的电压电流关系。理解电压、电流参考方向的意义。
2. 理解实际电源的两种模型及其等效变换。
3. 理解基尔霍夫定律。掌握用支路电流法、叠加原理和戴维宁定理分析计算电路的方法。
4. 了解功率和额定值的意义。

本章重点

基尔霍夫定律、支路电流法、叠加原理、戴维宁定理和实际电源的两种模型的等效变换。

1.1 电路的组成和作用

1.1.1 电路的定义

为了某种需要,将若干电气设备和元件按一定的方式用导线

连接起来,构成电流的通路,称为电路。

在讨论复杂的电路问题时,常常将电路称为网络;在讨论电路的某一普遍规律时,有时也将电路称为网络。

图 1.1.1 是手电筒电路示意图,图 1.1.2 是某电力系统电路示意图。

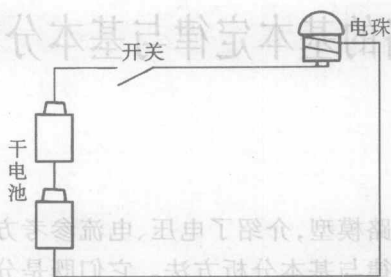


图 1.1.1 手电筒电路示意图

1.1.2 电路的组成

实际电路的形式是多种多样的,以功能分类,电路由三部分组成。

电源 将各种非电能(如热能、化学能、光能和原子能等)转换成电能的设备称为电源。将各种物理量(如声强度、光强度、机械运动的位移或速度等)转变为电信号的装置称为信号源,信号源也是电源的一种。

将某种电能转换成某种特殊需要的电能的装置也称为电源,例如广泛应用于计算机网络、办公自动化、通信、航空航天等中的 UPS 不间断电源,将质量较差的市电变换成电压、频率稳定的高质量的交流电,而且一旦市电供电中断时,它能保持一段时间(一般为 15~30min)的供电。

负载 将电能转换成非电能的设备,将电信号还原成原始