

电 工 学

高等学校教材

(管理类专业适用)

赵阜南 主编

高等教育出版社



本书是按照国家教委高等学校工科电工学课程教学指导小组1987年制定的《管理类专业电工学教材编写大纲》编写的。内容包括:电路基础、电子技术基础、工业用电设备、电量测量与非电量测量、电气控制系统、工业企业供电、工业企业的用电管理等。本书选材面广而不深,注意联系实际,符合管理类专业特点。

本书由浙江大学罗守信教授主审,并经国家教委高等学校工科电工学课程教学指导小组审查通过。可作为高等学校管理类专业电工学课程教材,也可供从事管理工作的有关人员参考。

本书责任编辑 刘秉仁

高等学校教材
电 工 学
(管理类专业适用)

赵阜南 主编

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
四川省金堂新华印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 16 字数 385,000

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

印数 0001—1,630

ISBN 7-04-002470-5/TM·138

定价 3.85 元

前 言

本书是为高等院校管理类专业编写的电工学教材。电工学是管理类专业的技术基础课程。它的任务是使管理类专业的学生通过全课程的学习,获得电气工程方面最必要的基本理论、基本知识和基本技能。

本书是按照国家教育委员会高等学校工科电工学课程教学指导小组于1987年6月制定的《管理类专业电工学教材编写大纲》由高等教育出版社委托编写的。参加本书编写工作的有:中南工业大学赵阜南(第一章和第六章),湖南财经学院黄敬(第一章),长沙交通学院赵怀清(第二章),中南工业大学黄芳草(第三章),长沙工程兵学院赵学之(第四章),中南工业大学赵坤范(第五章和第八章),中南工业大学王之泰(第七章)。全书由中南工业大学赵阜南主编。

本书由浙江大学罗守信教授主审,参加主审工作的还有赵松清、郑韻华、严克宽、周茂武和齐佩芳等同志,编者谨对以上同志表示衷心感谢。

本教材经主审单位初审后,于1988年5月在济南由电工学课程教学指导小组主持召开审稿会,进行了仔细认真的审阅,提出了许多宝贵的修改意见,我们对此表示由衷的感谢。审稿会要求编者参照会议提出的意见进行修改,并建议高等教育出版社作为管理类专业全国通用教材出版。会后编者经过仔细认真的修改,又经主审重新审阅,最后定稿出版。

由于编者能力有限,书中难免仍有不妥甚至错误之处,敬希使用本书的教师和读者提出批评和修改意见,以便今后修订改进质量。

学时分配表 (供参考)

项 目	各章基本内容讲授学时								实验 学时	机动 学时	总学时
	一	二	三	四	五	六	七	八			
学时数	12	11	9	12	4	10	8	6	26	2	100

编 者

一九八九年三月

目 录

绪 论	1
第一章 电路基础	4
内 容 提 要	4
1-1 电路和电路模型及电路的基本物理量	4
一、电路和电路模型	4
二、电路的基本物理量	6
1-2 电路的开路、有载工作和短路状态	11
一、开路状态	11
二、有载工作状态	11
三、短路状态	12
1-3 克希荷夫定律及其应用	14
一、克希荷夫电流定律	15
二、克希荷夫电压定律	16
三、应用克希荷夫定律计算电路	18
1-4 叠加原理与戴维南定理	19
一、叠加原理	19
二、戴维南定理	22
1-5 电容的充放电和电感中电流的增长与衰减过程	24
一、储能元件的储能状态	24
二、电容的充放电过程	26
三、电感中电流的增长与衰减过程	30
1-6 正弦交流电及其表示法	32
一、正弦交流电的基本概念	33
二、正弦交流电的相量表示法	37
1-7 无源理想元件在交流电路中的特性	41

一、电阻元件	41
二、电感元件	43
三、电容元件	47
1-8 RLC 串联交流电路 串联谐振	50
一、 RLC 串联电路中的电压与电流	54
二、 RLC 串联电路的功率	50
三、 RLC 串联电路的性质与串联谐振	57
1-9 RL 与 C 并联交流电路 并联谐振	58
一、 RL 与 C 并联电路的电压与电流	59
二、 RL 与 C 并联电路的功率与功率因数的提高	62
三、 RL 与 C 并联电路的性质与并联谐振	64
1-10 非正弦周期电压与电流的基本概念	66
一、非正弦周期波形的分解	66
二、非正弦周期量的有效值	68
三、非正弦周期电流线性电路计算	69
1-11 三相交流电路	71
一、三相交流电源	71
二、三相电路计算	74
思考题和习题	79
第二章 模拟电子技术基础	84
内容提要	84
概述	84
2-1 整流电路	85
一、半导体二极管及不可控单相桥式整流电路	86
二、稳压管及稳压管稳压电路	92
三、晶闸管及可控整流电路	95
2-2 放大电路的基础知识	103
一、晶体三极管	105
二、单管放大电路的分析	112
三、射极输出器	119

四、场效应管及其放大电路	121
五、多级放大电路	126
2-3 集成模拟电子电路	129
一、集成运算放大器及其应用	130
(一) 集成运算放大器的符号与参数	130
(二) 集成运算放大器的理想化模型	132
(三) 用集成运算放大器构成的负反馈放大器	133
(四) 集成运算放大器的应用	137
二、集成功率放大器	147
三、集成稳压电源	150
思考题和习题	156
第三章 数字电子技术基础	163
内容提要	163
3-1 脉冲波形与参数	163
3-2 逻辑门电路	165
一、“与”、“或”、“非”逻辑的概念	165
二、“与”门电路	167
三、“或”门电路	169
四、“非”门电路	170
五、复合门	171
*3-3 集成逻辑门电路	175
3-4 组合逻辑电路	178
一、逻辑代数	179
二、组合逻辑电路的分析举例	180
3-5 触发器	183
一、RS 触发器	184
二、主从型 JK 触发器	187
三、D 触发器	189
3-6 时序逻辑电路	193
一、寄存器	193

二、计数器	196
3-7 数码显示	200
一、七段显示器	201
二、七段显示器的译码显示电路	202
3-8 数/模及模/数转换	204
*3-9 数字电路应用举例	209
思考题和习题	210
第四章 工业用电设备	216
内容提要	216
概述	216
4-1 磁路	219
一、铁磁材料的磁性能	219
二、磁路欧姆定律	221
三、直流磁路与交流磁路	222
4-2 变压器	224
一、变压器的工作原理	224
二、三相变压器及其使用	229
4-3 异步电动机	232
一、三相异步电动机的结构及工作原理	232
二、三相异步电动机的机械特性	239
三、三相异步电动机的技术数据和运行特性	242
四、三相异步电动机的起动和调速	246
五、单相异步电动机	249
4-4 同步电机	250
一、同步电机的基本结构	251
二、同步电动机的工作原理和过励运行	251
三、同步发电机的工作原理及并联运行	254
四、同步电机的主要技术数据	255
4-5 直流电机	256

一、直流电机的基本结构	256
二、直流电机工作原理	258
三、直流电动机的机械特性	260
四、直流电动机的使用	262
4-6 控制微电机	265
一、伺服电动机	265
二、测速发电机	266
三、步进电动机	267
四、自整角机	269
4-7 工业电炉	271
一、电阻炉	271
二、感应炉	273
三、电弧炉	275
四、其它工业电炉	276
4-8 电焊机	278
一、电弧焊机	278
二、电阻焊机	280
4-9 电化学生产电气设备	282
思考题和习题	286
第五章 电量测量与非电量测量	289
内容提要	289
概述	289
5-1 电量测量与仪表	289
一、电量测量仪表的分类	289
二、电流的测量	293
三、电压的测量	296
四、电功率的测量	296
五、电能的测量	303
六、数字测量仪表简介	306

5-2 非电量的电测法	309
一、温度测量	310
二、位移量的测量	314
三、压力测量	316
四、转速测量	319
思考题和习题	321
第六章 电气控制系统	323
内容提要	323
概述	323
6-1 常用低压电器	325
一、熔断器	325
二、闸刀开关	326
三、按钮与位置开关	327
四、磁力接触器	327
五、热继电器	329
六、中间继电器	330
七、时间继电器	330
6-2 继电接触器控制系统	332
一、三相鼠笼式电动机直接起动控制电路	332
二、三相鼠笼式电动机正反转控制电路	334
三、延时控制	335
四、行程控制	336
五、顺序控制	338
*6-3 无触点断续控制系统简介	339
6-4 连续反馈控制系统	341
一、自动控制的基本概念	341
二、直流电动机转速自动控制系统	345
6-5 计算机自动控制系统	353
一、数字计算机的基本知识	354
二、计算机控制系统的组成	358

三、电阻炉温度计算机控制系统	361
思考题和习题	366
第七章 工业企业供电	367
内容提要	367
7-1 电力系统的基本概念	367
7-2 工业企业的供电系统	369
一、对供电系统的基本要求	370
二、电力负荷分级及其供电方式	370
三、工业企业供配电系统	372
四、工业企业供配电电压的选择	375
7-3 工业企业电力负荷的计算	380
7-4 工业企业变电所	385
一、变电所的任务、种类	385
二、变电所的一次接线	387
三、变电所数量和位置的选择原则	392
四、变电所容量的选择原则	393
7-5 高低压配电电器	394
一、高压配电电器	395
二、低压配电电器	400
7-6 继电保护装置	402
一、继电保护装置的任务	402
二、对继电保护装置的要求	403
三、电磁型继电器	403
四、继电保护类型	404
7-7 工厂电力线路	408
一、对工厂电力线路的要求	408
二、工厂电力线路的接线方式	409
三、电力线路的结构	410
四、导线和电缆截面积的选择原则	413

7-8 变电所内的监测电路	415
一、6~10kV 母线上的监测仪表	415
二、低压母线上的监测仪表	416
思考题和习题	416
第八章 工业企业用电管理	418
内容提要	418
概述	418
8-1 工业企业用电管理机构和制度	419
一、建立健全用电管理机构	419
二、建立健全电能管理基本制度	420
8-2 计划用电管理	421
一、下达用电指标, 进行用电考核	422
二、调整电力负荷, 确保均衡用电	422
8-3 节约用电管理	425
一、提高功率因数	426
二、提高电气设备的经济运行水平	432
三、加强设备的维修工作	436
四、改革工艺, 采用先进的工艺流程	436
五、采用新技术、新材料、高效低能耗的新型设备及元件	436
六、节约照明用电	438
8-4 安全用电管理	441
一、电流对人体的作用	441
二、触电方式	443
三、接地和接零	445
四、低压漏电保护装置	447
*五、静电防护	448
*六、高频电磁场的防护	449
七、电气装置的防火和防爆	450
八、防雷保护	451
九、电气安全制度	454

8-5 电价及电费计算	455
一、两部电价制	455
二、电费计算方法	455
思考题和习题	457
本书主要物理量的符号及单位	459
本书所用的主要下角标	460
附录一 电气图常用图形符号之一(电路及电子部分)	462
附录二 国产半导体器件型号命名法	464
附录三 常用半导体二极管参数表	465
附录四 稳压二极管参数表	466
附录五 晶闸管参数表	467
附录六 半导体三极管参数表	468
附录七 集成电路型号命名法	469
附录八 电气图常用图形符号之二	470
附录九 电气图常用图形符号之三及电力设备的标注方法	478
附录十 S7 型 10kV 电力变压器技术数据表	479
附录十一 Y 系列(IP44)三相异步电动机技术数据	480
参考书目	481
中英名词对照	482

绪 论

电能的应用是非常广泛的,无论是工业、农业、交通运输乃至人们日常生活中的各个方面,它都得到越来越广泛的应用。可以说现代化的生产和现代化的生活都是离不开电能应用的。电能之所以能得到如此广泛的应用,主要原因是:一、电能最容易由其它能量转换得到,它能由原子能、水位能、热能、化学能等转换而来;二、它输送方便,特别适于长途输送;三、能很方便地被转换为其它形式的能量,例如现代工农业生产中绝大多数生产机械都是采用电动机将电能转换为机械能,我们日常的照明只要条件许可,无一不是利用电能以获得光能,冶炼企业则用电炉以产生热能,电解电镀行业则利用电能以产生化学能等等。

电能还是一种能被方便控制的能源。正因为如此,使用电能的现代生产设备和生产过程的高度自动化才能比较容易地实现。生产过程自动化既可以保证产品的质量,可以增加产品的数量,还可以减轻生产人员的劳动强度等等,这都可说是应用电能的优点。

当今的世界是电子技术得到高度发展和广泛应用的世界。数字计算机的应用已逐渐在各个部门获得推广。我们不仅可以应用电子计算机进行数学计算和信息处理,还可以用来进行工业企业的管理以及进行生产机械和生产过程的自动控制,而这些离了电能的应用则是难于想象的。

厂矿企业电能的利用归纳起来主要有两大系统——厂矿供配电系统以及生产机械和过程的控制系統。

电能从发电厂以较低电压(例如 10.5 kV)生产出来,经过升压(达 $110, 220, 330, 500\text{ kV}$ 等),长途输送到达工业企业区的区域

变电所,在那里被降为短途输送电压(例如 35kV)再送至各个厂矿变电所。厂矿变电所再将它降为使用电压(等级)高压 10kV, 6kV, 低压 380/220V 等),然后再送至各个车间变(配)电所将电能配送至各个生产机械和生产过程。从发电厂到厂矿变电所这一段称为高压输电系统,而厂矿变电所以下则称为厂矿供配电系统。除了供配电系统之外,使用电能的生产机械和生产过程还必须得到控制,包括控制生产机械的拖动装置和控制生产过程的工作状态,这便是生产机械和过程的控制系统。

厂矿供配电系统与生产机械和过程控制系统是本课程关注的两大中心问题,对于厂矿企业的管理人员来说,了解这两大系统有关的知识以便能管理好并安全经济地配送电能和控制使用生产设备是非常重要的。

本课程的内容分为下列几部分:

1. 电路与电子技术基础
2. 工业用电设备
3. 电量测量与非电量测量
4. 电气控制系统
5. 厂矿供配电系统
6. 厂矿用电管理与节电措施及用电安全

电路与电子技术基础部分提供掌握第 2~6 部分所需要的基本理论与基本知识。由于学时限制,本部分内容,特别是电子技术部分有些只提供“然”而较少提供“所以然”的知识,然而却相当注重为今后自学提供必要的基础。

工业用电设备包括变压器、各种电动机(发电机)、电炉、电焊机 etc 厂矿企业常遇到的一些用电设备。这方面的知识是与供配电系统及电气控制系统紧密联系的,它们是两大系统的服务对象。

电量测量部分介绍了常用的电流、电压、电功率与电能的测量

仪表与测量方法。非电量测量介绍了常遇到的温度、压力、位移量和转速检测装置的工作原理。检测装置是管理工程的必要助手。

电气控制系统部分介绍了常用控制电器的性能以及常用的继电器接触控制系统。还简单介绍了连续反馈控制系统和数字(计算机)控制系统。这些内容虽然受学时限制,叙述不够详尽,但是能使读者建立一个完整的概念。

厂矿供电系统内容包括供电系统结构、供电电器性能、保护装置的设置及负荷计算等,这些内容对于保证灵活、可靠、安全、经济地供电能是必要的。

最后一部分是用电管理与节电措施。本部分介绍了一般的用电管理知识及厂矿企业常用的节电措施。这些是管理人员必备的知识,虽然受学时限制,不能详尽,但是却为读者提供了一个线索,以便进一步探索和研究。本部分还包括用电安全知识,这也是管理人员应该了解的知识。

本课程的内容是很丰富的,较之一般的电工学内容要丰富得多。因此要学习好本课程必须注意两点:一要循序渐进,要掌握科学的学习方法,要注重理解,在理解中记忆;二要注重实验,本课程是一门实践性很强的课程,很多概念、理论必须紧密与实践联系才能真正学到手。我们期望在学习完本课程之后,同学们在今后的实际工作中能够很好运用这些知识帮助解决实际问题,并在此基础上获得更多的有关电气工程方面的知识。

第一章 电路基础

内 容 提 要

本章首先介绍电路的作用、电路模型及描述电路状态的物理量，并以直流电路为例讨论用于分析计算电路的基本定律和定理及其应用。继而讨论电阻元件、电感元件和电容元件在交流电路中的特性。然后在这个基础上讨论交流电路的计算并分析交流电路的性质。这些是以后各章电路分析的基础。为了扩充知识面，对电容的充放电及电感中电流的增长与衰减过程以及非正弦交流电路也作简要的介绍。最后介绍三相交流电路的概念和三相对称负载电路的计算。

1-1 电路和电路模型及电路的基本物理量

一、电路和电路模型

电路或网络是由某些电气装置或器件为了某种目的按一定方式组合起来后的总称。有一些电路是以传输和转换能量为目的，例如在手电筒照明电路中，干电池经过电筒外壳向灯泡输送电能，灯泡则消耗电能发热发光。其中干电池称为电源，灯泡称为负载，电筒外壳则是连接导体，为电流构成通路。干电池、灯泡和电筒外壳是组成这个电路的三个基本部件，开关也是一个部件。另一些电路是以传递和处理电信号为主要目的，例如扩音机电路就是用于传递和处理（转换和放大等）语音信号。在这电路中，话筒把语音或音乐转换为相应的电信号，然后通过放大器把信号放大到足够大的程度送到扬声器转换成原来的语音或音乐。话筒是产生电信号