

高等学校函授教材

(兼作高等教育自学用书)

电工技术

(电工学 I)

刘式雍 主编

高等教育出版社

DIAN GONG JI SHU

高等学校函授教材

(兼作高等教育自学用书)

电 工 技 术

(电 工 学 I)

刘武雍 主编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 简 介

本书是参照国家教育委员会 1987 年颁发的高等工业学校“电工技术(电工学 I)”课程教学基本要求,并根据全国高等学校工科成人教育研究会电工学研究组于 1988 年 10 月在长沙召开的第一届年会审定的《高等工业学校电工技术函授教学大纲》编写的。内容包括:直流电路、交流电路、电路中的过渡过程、磁路和变压器、异步电动机及其控制、电工测量等。

本书便于读者自学。每章前都有学习指导,说明每章的学习目的、基本内容、重点、难点和可能遇到的问题等。每章之后都附有小结、复习思考题及习题。书中还安排了阶段测验题,以供函授生和自学读者在每学习一阶段后检查学习效果。

本书由大连理工大学蒋德川教授主审。作为高等学校工科非电专业的函授教材,并可兼作高等教育自学用书,也可供全日制高等学校、电视大学和职工大学师生教学参考。

责任编辑:金春英

高等学校函授教材
(兼作高等教育自学用书)

电 工 技 术

(电 工 学 I)

刘式耀 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
北京印刷一厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 15.25 字数 220 000

1991年10月第1版 1991年10月第1次印刷

印数 0001—4 675

ISBN7-04-003520-0/TM·177

定价 5.65 元

前 言

本书是参照国家教育委员会 1987 年颁发的高等工业学校“电工技术(电工学 I)”课程教学基本要求,并根据全国高等学校工科成人教育研究会电工学研究组于 1988 年 10 月在长沙召开的第一届年会审定的《高等工业学校电工技术函授教学大纲》编写的。

本书与李守成主编的《电工技术(电工学 II)》相配套,可作为高等学校工科非电专业的函授教材,兼作有志攻读大学课程的青年的自学用书,也可供全日制高等学校、电视大学和职工大学师生教学参考。

本书内容包括电路、电机和控制、电工测量三部分。本教材参考函授学时为 165~210(相当于全日制 55~70 学时)学时。考虑到不同专业对教材内容要求的差异及实际学时的差别,书中标“*”号的内容可供选学。

为了适应函授和自学的特点和要求,便于函授生和读者能通过自学掌握课程的基本内容,本书的编排形式与一般教材有所不同,书中对重点内容的叙述力求详尽,并适当结合生产和生活的实例进行讲述,在重点章节配置了较多的例题,希望使读者达到边学边练的目的。

为了便于读者自学,本书每章前都有学习指导,说明每章的学习目的、基本内容、重点、难点和可能遇到的问题等。在每章之后都有小结,帮助函授生和读者整理总结已学的内容。读者还可以通过每章后的复习思考题及习题,对所理解和掌握全章内容的广度和深度作一次自我检查。在书中还安排了阶段测验题,以供函授生和自学读者在每学习一阶段后检查学习效果。

本书中的图形符号和文字符号均采用新颁布的国家标准。

本书由同济大学函授电工教研室刘式雍(第一、四章)、上海第二工业大学电工学教研室薛福元(第二、三章)、哈尔滨建筑工程学院电工学教研室颜伟中(第五、六章)三同志合编。闵有毅、陈金铁两位副教授也参加了本书的编写工作。本书由刘式雍担任主编。

编者衷心感谢国家教育委员会电工学课程指导小组组长、高等工科院校成人教育研究会电工学研究组顾问、大连理工大学蒋德川教授。他从开始拟定教材编写大纲,直到逐章逐节的推敲,都作了详尽的指导,严格而细致地审阅了原稿,提出了许多极其宝贵的修改意见。

电工学界的许多前辈和老师,曾对本书的编写给予关心和鼓励。编者特在此一并表示深切的谢意。

由于我们业务理论知识有限,书中一定有不少错误。编者殷切期望得到广大读者,尤其是使用本书的老师和同学给予批评指正。

编 者
于同济大学
1990·6

目 录

本课程函授、自学方法的说明	1
电工技术课程的性质、任务、内容、基本要求及与先修课的关系	1
电工技术的函授教学环节和自学方法	2
关于函授教学进度安排的建议	6

第一篇 电路理论

第一章 直流电路	8
学习指导	8
1-1. 电路中的物理量及其参考方向	11
1-1-1. 电路的组成及作用	11
1-1-2. 电路中的物理量及其参考方向	13
1-2. 电路的状态及电气设备的额定值	20
1-2-1. 电路的状态	20
1-2-2. 电气设备的额定值和额定工作状态	29
1-3. 电压源与电流源及其等效变换	30
1-3-1. 电压源	30
1-3-2. 电流源	31
1-3-3. 电压源与电流源的等效变换	34
1-4. 基尔霍夫定律	39
1-4-1. 复杂电路的特点	39
1-4-2. 基尔霍夫定律	40
1-5. 支路电流法	48
1-6. 叠加原理和戴维南定理	57
1-6-1. 叠加原理	58
1-6-2. 戴维南定理	65
本章小结	72

复习思考题	77
习题	81
第一次测验作业	86
第二章 交流电路	88
学习指导	88
2-1. 正弦交流电的基本概念	92
2-1-1. 什么是交流电	92
2-1-2. 正弦交流电的三要素	94
2-1-3. 交流电的有效值	101
2-1-4. 正弦量的相量表示法	103
2-2. 单一参数的正弦交流电路	112
2-2-1. 交流电阻电路	112
2-2-2. 交流电感电路	116
2-2-3. 交流电容电路	125
2-3. 串联交流电路	134
2-3-1. 电阻、电感和电容串联的交流电路	134
2-3-2. 阻抗串联的交流电路	149
2-4. 并联交流电路	152
2-5. 功率因数的提高	157
2-5-1. 提高功率因数的意义	157
2-5-2. 提高功率因数的方法	159
2-6. 电路的谐振	162
2-6-1. 串联谐振	163
2-6-2. 并联谐振	170
* 2-7. 非正弦周期电压和电流	174
2-8. 三相交流电路	179
2-8-1. 三相交流电源	180
2-8-2. 三相负载的星形接法	185
2-8-3. 三相负载的三角形接法	194
2-8-4. 三相电路的功率	202
本章小结	206

复习思考题	212
习题	217
第三章 电路中的过渡过程	226
学习指导	226
3-1. 过渡过程的概念	228
3-2. RC 电路的过渡过程	234
3-2-1. 电容器充电过程	234
3-2-2. 电容器放电过程	245
3-3. RL 电路的过渡过程	248
3-3-1. RL 电路与直流电压源接通	248
3-3-2. RL 电路的短接与断开	251
* 3-4. 微分电路和积分电路	254
3-4-1. 微分电路	254
3-4-2. 积分电路	256
本章小结	257
复习思考题	259
习题	260
第二次测验作业	263

第二篇 电机与控制

第四章 磁路和变压器	266
学习指导	267
4-1. 磁路的基本概念	269
4-1-1. 磁场的基本物理量	270
4-1-2. 磁路的欧姆定律	272
4-1-3. 磁路中的铁磁材料	275
4-1-4. 交流铁心线圈电路	277
4-2. 变压器的结构和工作原理	282
4-2-1. 变压器的用途	282
4-2-2. 变压器的基本构造	283

4-2-3. 变压器的工作原理	285
4-2-4. 变压器的特性和技术数据	295
4-3. 几种常用的变压器	299
4-3-1. 三相变压器	299
4-3-2. 自耦变压器	304
* 4-4. 变压器绕组的极性	306
4-4-1. 变压器绕组的极性	306
4-4-2. 变压器绕组极性的测定	307
本章小结	308
复习思考题	310
习题	312
第五章 异步电动机及其控制	314
学习指导	314
5-1. 三相异步电动机的结构和工作原理	316
5-1-1. 三相异步电动机的结构	316
5-1-2. 三相异步电动机的工作原理	320
5-1-3. 三相异步电动机的空载运行和负载运行	328
5-2. 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	329
5-2-1. 电磁转矩	329
5-2-2. 机械特性	332
5-3. 三相异步电动机的使用	333
5-3-1. 三相异步电动机的起动	336
5-3-2. 三相异步电动机的反转和*制动	342
* 5-3-3. 三相异步电动机的调速	344
5-4. 三相异步电动机的铭牌数据和选择	347
5-4-1. 铭牌数据	347
5-4-2. 异步电动机的选择	354
* 5-5. 单相异步电动机	358
5-5-1. 单相异步电动机的工作原理	358
5-5-2. 单相异步电动机的类型和起动方法	360
5-6. 异步电动机直接起动的继电-接触控制	362

5-6-1. 常用低压控制电器及选择	362
5-6-2. 鼠笼式异步电动机的直接起动控制	374
5-6-3. 异步电动机的正反转控制电路	382
5-7. 三相异步电动机的限位控制、*时间控制和*顺序控制	385
5-7-1. 限位控制	385
* 5-7-2. 时间控制	388
* 5-7-3. 顺序控制	392
5-8. 安全用电	396
5-8-1. 电流对人体的危害	396
5-8-2. 保护接地与保护接零	397
5-8-3. 触电解救法及安全用电须知	402
本章小结	403
复习思考题	406
习题	409
第三次测验作业	412

第三篇 电 工 测 量

第六章 电工测量	415
学习指导	415
6-1. 常用电工仪表的基本知识	417
6-1-1. 指示式仪表的分类	417
6-1-2. 仪表面板的标记符号	417
6-1-3. 测量误差和仪表的准确度	419
6-1-4. 正确使用指示式仪表	424
6-2. 常用电工仪表的基本结构	424
6-2-1. 磁电系仪表	425
6-2-2. 电磁系仪表	428
6-2-3. 电动系仪表	431
6-3. 电流的测量	432
6-3-1. 直流电流的测量	432

6-3-2. 交流电流的测量	435
6-4. 电压的测量	436
6-4-1. 直流电压的测量	436
6-4-2. 交流电压的测量	437
6-5. 万用表	439
6-5-1. 指针式万用表	439
6-5-2. 数字式万用表	449
6-5-3. 万用表的正确使用	450
6-6. 功率的测量	451
6-6-1. 直流和单相交流功率的测量	451
6-6-2. 三相功率的测量	453
本章小结	457
复习思考题	457
习题	458
第四次测验作业	460
附录一 常用电气图形符号新旧对照表	462
附录二 常用电动机的技术数据	468
表 1 Y 系列电动机的技术数据	468
表 2 YR 系列三相绕线式异步电动机功率与转速	470
表 3 YZR 系列电动机的技术数据 (工作制 S ₂)	470
表 4 YR 系列大型三相绕线式异步电动机的技术数据	472
附录三 Y 系列电动机起动保护设备及导线选择表	473
参考书目	476

本课程函授、自学方法的说明

电工技术课程的性质、任务、内容、 基本要求及与先修课的关系

1. 课程的性质和任务

在高等工业院校函授教育非电专业的教学计划中，电工技术是一门实践性较强的重要的技术基础课程。它的任务是：使函授生通过全部教学内容的学习，获得电工技术的最必要的基本理论、基本知识和基本技能，为学习后续课和专业知识以及从事技术改造、科学研究等工作打下基础。

2. 课程内容

本课程由电路理论、电机和控制、电工测量三部分组成。

电路理论是全课程的基础，主要介绍直流电路的分析方法、交流电路中最基本的概念、原理及分析方法和电路中的过渡过程。

电机和控制部分主要介绍非电专业广泛应用的变压器、三相异步电动机及其继电接触控制和电气设备的接地、接零保护。内容着重于工作原理、物理概念和实际应用，使读者在弄懂原理的基础上学会电机和电器的正确使用方法。

电工测量部分向读者介绍常用电工仪表的基本结构以及电流、电压和功率的测量方法。

电工技术的内容只为后续的有关专业课程打下必要的基础，但不包括属于专业课程范围内的电气设备方面的内容。各校可根据专业需要，开设电工技术的后续课。

3. 基本要求

- (1) 能够应用电路理论对不太复杂的电路进行分析计算。
- (2) 了解本课程中各种电机、电器的工作原理和基本性能，并能正确使用。
- (3) 了解电气设备接地、接零等安全用电的基本知识，了解电工测量的基本方法。
- (4) 受到必要的实验技能训练，能独立完成不太复杂的电工实验，养成严谨的科学作风。
- (5) 能配合电气技术人员共同探讨技术革新问题。

4. 本课程与先修课的关系

学习本课程之前，读者必须具备大学物理学和高等数学等先修课程的知识。

电工技术与高等数学和普通物理学的关系十分密切。数学中的行列式、复数、微积分、微分方程等内容；物理中的电路的基本物理量、欧姆定律、电阻的串联和并联、磁场的基本物理量、电磁感应等内容都与电工技术有关。本课程内容的讨论，就是以上述这些理论和知识作为基础的。

电工技术的函授教学环节和自学方法

从电工技术的特点来看，它是一门实践性较强、概念较多、前后联系紧密的课程。因此在学习时必须根据开学初由学校发给的“自学周历表”中的安排(个人自学者可以参考本书所列的“关于函授教学进度安排的建议”等)，拟订自学计划，安排学习。

学习本课程的基本形式是根据教材及其它教学文件(如“自学周历表”和“关于函授教学进度安排的建议”等)，以自学和函授为主，并在必要时，对有条件的地区按阶段对函授生进行适当的面授辅导。自学的方式是：按自学计划对教材进行阅读；按学习指导和复习思考题进行全章总结并且作出习题解答；在每一学习阶段后完成测验作业，以检查自己学习的效果。函授的方式是：以

书面通信方式提问和答疑。面授按课程内容分成几个阶段进行，给函授生集中上课，对本门课程的重点和难点进行讲解。

本课程的期末考试(或考查)以及电工实验等，应按照函授院校或有关部门规定的时间、地点，集中或分散进行。

现把本门课程的教学环节和学习方法说明如下：

1. 阅读教材

阅读教材是自学中最基本、最重要的环节。读者必须具有正确的学习目的，在保证一定自学时间的前提下，以顽强的毅力深入钻研教材。阅读教材时应该排除外界干扰、集中精力，分析和研究教材中的具体内容和主要问题，理论联系实际，以便把电工技术的基本内容真正学到手。

阅读教材时应以“章”为单位，建议先对必读内容通读一遍，然后再精读。通读时应侧重于对内容有一个轮廓性的大致了解，例如针对所讨论的现象提出了哪些问题，由此引入了什么物理概念，解决问题时采用什么方法，问题解决后得到什么结论等。通读过程中碰到困难之处可打个记号，留待精读时去逐步解决。

通读一遍后应根据每章前面的学习指导中所提出的学习要求、重点和难点内容，再去逐节精读。搞清基本概念，分析所讨论问题的物理意义。在精读教材时，对重点内容一定要学深学透，做到概念清楚、融会贯通；对难点要区别对待：既是难点又是重点的部分一定要搞深搞透，是难点但不是重点的部分则不要花费过多的时间和精力，以免影响其它内容的学习；对一般内容要能运用基本理论进行分析，但不要求涉及过深过多。

由于本课程涉及的概念甚多，符号也就很多，因此应该注意对各种文字符号的物理意义的理解，在应用时不可混淆。

阅读教材要注意循序渐进，逐步深入，同时也要注意反复性。要学通一个问题需要有反复，学到后面往往要去翻阅前面有关内容，就会使原来理解不够的地方有新的认识，特别是自学，

很难一遍而成。

在读完全章内容之后,读者对必做的习题(“自学周历表”上有规定)应进行书面解答。在此基础上,建议读者可按每章之后的“复习思考题”及每章之前的“学习指导”,自己进行全章总结,以便能更系统地掌握所学内容。

2. 习题

为了巩固和加深所学得的知识,培养读者分析问题的能力,训练必要的计算技能,多做习题是很重要的。本书每章后面的习题,有些带有综合性,要求读者进行解答,并可参考习题答案,自己检查。读者在解题前,先考虑一下解题的思路,如用什么方法做较容易,以锻炼自己的分析能力。另外,解题时要注意单位。归纳起来,解题时应当遵守下面几条规则:

(1) 搞清题意,分清题目中的已知条件及待求量,必要时应画出电路图来说明题目的意义。

(2) 根据题目的要求,考虑解题的思路,提出所依据的定律及公式。

(3) 运算时应采用文字代替各物理量,算出最后关系式,再将数字代入求出结果,并注明单位。

(4) 解题必须简明整洁,数字准确,符号、单位正确。数字的计算可使用计算器(或计算尺),计算结果的位数以计算尺所能读得的位数为准。每题的答案下应指明“[答案]”。

3. 测验作业题

在完成每一阶段的学习任务后,本书安排了阶段测验作业题。这是教师检查函授学生在一个阶段中是否完成学习任务的主要依据。函授生应按“自学周历表”的规定完成测验作业(个人自学者应按自学计划按时完成测验作业),测验作业必须独立完成,不可互相抄袭。

在本书中按照电工技术函授教学进度,共安排了四次测验作

业。

4. 面授讲课

面授讲课是帮助函授生掌握课程的重点、解决学习难点、巩固加深所学知识的重要环节，一定要认真做好。

面授讲课和全日制学校讲课方式有所不同，决不是全日制讲课内容的“浓缩”。一般应采用启发式、总结式，或二者兼而有之的讲课方式。启发式讲课一般安排在课程开始时进行；总结式讲课大多安排在课程内容结束前进行。讲课时应突出重点，照顾系统。

函授教师在面授讲课时，对重点内容一定要讲深讲透；对难点内容讲解的深度要适当，力求简明易懂。教师面授讲课的时间不宜过长，否则既违背了函授教学的特点和规律，也不利于培养函授生的自学能力。为了帮助函授生加深理解和学会运用基本理论和基本概念，教师在面授讲课中可结合某些章节的重点内容，适当对一些典型例题进行分析讨论，但一般不设习题课。

函授教师面授讲课时也要寓思想教育于智育之中，既教书又育人，要帮助函授生树立正确的学习目的，端正学习态度，解决出现的思想问题。

5. 实验

电工技术是一门实践性很强的应用技术基础课，实验是不可缺少的重要教学环节。为了确保每个函授生都有充分实践的机会，各函授院校都安排了实验，要求函授生在实验前结合实验内容和实验指导书(不包括在本书中)认真预习；实验中要胆大心细地进行实验操作，正确接线，读取数据，并注意安全用电；实验后应认真编写实验报告。

电工技术实验的目的是：

- (1) 培养函授生的基本实践技能。
- (2) 培养函授生科学实验的能力和养成严谨的科学作风。

(3) 验证理论、巩固和加深对所学理论的理解。

通过实验，函授生在实验技能方面应达到下列要求：

(1) 学会正确使用最常用的电工仪表、电机和电器等设备。

(2) 能按实验要求，安排电路并操作实验。

(3) 能正确读取数据，测绘波形曲线，分析实验结果，编写准确而整洁的实验报告。

(4) 能初步阅读简单的电气原理电路图。

(5) 具有一般的安全用电知识。

本课程实验的具体内容、实验方法详见有关的“电工技术实验指导书”。

关于函授教学进度安排的建议

在整个函授教学过程中，读者应该合理安排上述各个教学环节。下表所列各教学环节的进度与学时分配，均是建议性的，仅供制定函授周历表或个人自学者参考。在具体的教学及自学中，可根据不同专业和具体情况，对具体内容和学时分配作必要的调整。