

电工理论基础 程序式学习指南

[苏] 戈尔金 等著
程邦和 主译

人民教育出版社

内 容 简 介

本书根据苏联高教出版社 1978 年出版的《电工理论基础程序式学习指南》一书译出。

书中内容按照所谓直线程序法进行编排。首先在第一章中将电工基础课的内容按课程的一般讲授次序分成 193 个题目,对每一个题目由浅入深、由一般到特殊提出问题。然后对一般性问题在第二章中,而细节性问题在第三章中依次给出答案。对计算性的题目,在第四章中编排了一百多个具有代表性的例题。

本书用提问和解答的形式突出了电工理论基础的基本概念和主要结论,提问扼要,回答简练。因此它是电工理论基础课程的一本学习指南。可供学习这门课程的大学生阅读,亦可供自学本课程的工程技术人员及有关教师参考。

О. Е. Гольдин А. Е. Каплянский
Л. С. Полотовский
ПРОГРАММИРОВАННОЕ ИЗУЧЕНИЕ
ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
«Высшая школа», 1978

电 工 理 论 基 础 程 序 式 学 习 指 南

[苏] 戈尔金 等著

程邦和 主译

人 民 教 育 出 版 社 出 版

新华书店北京发行所发行

人 民 教 育 出 版 社 印 刷 厂 印 装

开本 850×1168 1/32 印张 11.25 字数 271,000

1981 年 6 月第 1 版 1982 年 6 月第 1 次印刷

印数 00,001— 9,500

书号 15012·0333 定价 1.45 元

译 序

本书根据苏联高教出版社1978年出版的《电工理论基础程序式学习指南》一书译出。书的取材根据苏联高教部1971年批准的电工理论基础课教学大纲。由苏联高教部审定为电工基础课教学参考书。

电工理论基础课的教学在我国历来采用过先电路后电磁场,或者是先学场的基本知识然后再学电路以及电磁场这两种模式。而近年来,又有将电路理论和电磁场理论分开为两门课程的趋势。这本书所反映的则是后一种模式,即场——路——场的模式。这种模式就有利于理解电路学的物理基础这一点来说无疑有它的好处。

由于现代大规模网络和计算机技术的发展,要求在电工理论基础课中加进与计算方法相配合的有关知识,使这门课的份量又加重了,因此如何在有限的教学时数内更有效地组织课程教学是当今大家都在探索的一个问题。

这本书用提问和解答的形式突出了这门课程的基本概念和主要结论,取材比较扼要,因此它不仅可以指导学生学习,对于教师在教材处理上怎样去粗取精也是一个参考。为此我们翻译了这本书。

本书的翻译工作有四人参加:张志练同志翻译绪言和各章的第四至第十五节;张恩祐同志翻译各章的第十六至廿三节;书的其余部分由我翻译,张明一同志协助了译稿的最后校对工作。由于我们水平不高,错误在所难免,希望广大同仁和本书的读者提出批评指正。

程邦和

前 言 (节译)

电工理论基础在电工技术教育中占有极其重要的地位。要想理解电工技术有关各领域中所涉及的复杂电磁现象,或者想培养运用理论计算来解决实际问题的能力,就必须深入掌握理论。然而,由于在既定的学习年限内不断地增设了一些新的课程,以致于尽管电工理论基础课所包含的科学内容在不断扩充,而教学计划中分配给这门课程的时数不但不能增加,有时却压缩了。面对这种情况,必须寻求这门课程在时间利用上更为经济和有效的教学方法。

这本教学参考书的目的,就是为大家更合理地组织电工理论基础课程的学习提供一些帮助。

(以下从略)

作 者

目 录

前言(节译)

绪言:《电工理论基础程序式学习指南》的内容及用法1

第一章 分题目提出学习任务5

§ 1.1 电工学及其理论基础5

§ 1.2 电路和磁路的参数5

§ 1.3 电路中的能量、电能向机械能的转变7

§ 1.4 线性直流电路的计算8

§ 1.5 非线性直流电路的计算10

§ 1.6 磁路的计算10

§ 1.7 交流电路11

§ 1.8 简单交流电路的分析11

§ 1.9 交流电路的计算方法12

§ 1.10 四端网络和滤波器的理论基础13

§ 1.11 直线图和圆图13

§ 1.12 含有互感的电路14

§ 1.13 三相系统15

§ 1.14 线性电路中的非正弦周期性电压和电流16

§ 1.15 非线性交流电路17

§ 1.16 线性电路中的过渡过程及其经典算法19

§ 1.17 非线性电路中的过渡过程21

§ 1.18 用叠加法计算过渡过程22

§ 1.19 用频谱法计算过渡过程22

§ 1.20 用运算法计算过渡过程22

§ 1.21 计算线性电路的一般性方法23

§ 1.22 网络综合24

§ 1.23 分布参数电路24

§ 1.24 恒定电场方程组与恒定磁场方程组25

§ 1.25 根据拉普拉斯方程计算场	26
§ 1.26 根据泊松方程计算场	27
§ 1.27 根据麦克斯韦方程组计算场	28
§ 1.28 用镜象法计算场	28
§ 1.29 用保角变换法计算场	29
§ 1.30 电磁场方程组	30
§ 1.31 电磁波的辐射	31
§ 1.32 电磁波的传播	31
§ 1.33 趋表效应	32
§ 1.34 电磁屏蔽	32
§ 1.35 电磁场中的过渡过程	33
§ 1.36 运动媒质中的电磁场与磁流体力学的基本原理	33
第二章 一般性问题的答案	35
§ 2.1 电工学及其理论基础	35
§ 2.2 电路和磁路的参数	36
§ 2.3 电路中的能量、电能向机械能的转变	40
§ 2.4 线性直流电路的计算	46
§ 2.5 非线性直流电路的计算	51
§ 2.6 磁路的计算	52
§ 2.7 交流电路	55
§ 2.8 简单交流电路的分析	58
§ 2.9 交流电路的计算方法	62
§ 2.10 四端网络和滤波器的理论基础	64
§ 2.11 直线图和圆图	68
§ 2.12 含有互感的电路	71
§ 2.13 三相系统	74
§ 2.14 线性电路中的非正弦周期性电压和电流	78
§ 2.15 非线性交流电路	82
§ 2.16 线性电路中的过渡过程及其经典算法	89
§ 2.17 非线性电路中的过渡过程	96
§ 2.18 用叠加法计算过渡过程	102
§ 2.19 用频谱法计算过渡过程	104

§ 2.20 用运算法计算过渡过程	105
§ 2.21 计算线性电路的一般性方法	107
§ 2.22 网络综合	111
§ 2.23 分布参数电路	114
§ 2.24 恒定电场方程组与恒定磁场方程组	119
§ 2.25 根据拉普拉斯方程计算场	122
§ 2.26 根据泊松方程计算场	125
§ 2.27 根据麦克斯韦方程组计算场	127
§ 2.28 用镜象法计算场	129
§ 2.29 用保角变换法计算场	132
§ 2.30 电磁场方程组	134
§ 2.31 电磁波的辐射	138
§ 2.32 电磁波的传播	140
§ 2.33 趋表效应	143
§ 2.34 电磁屏蔽	145
§ 2.35 电磁场中的过渡过程	146
§ 2.36 运动媒质中的电磁场与磁流体力学的基本原理	147
第三章 细节性问题的答案	154
§ 3.1 电工学及其理论基础	154
§ 3.2 电路和磁路的参数	154
§ 3.3 电路中的能量、电能向机械能的转变	155
§ 3.4 线性直流电路的计算	157
§ 3.5 非线性直流电路的计算	159
§ 3.6 磁路的计算	159
§ 3.7 交流电路	160
§ 3.8 简单交流电路的分析	161
§ 3.9 交流电路的计算方法	162
§ 3.10 四端网络和滤波器的理论基础	162
§ 3.11 直线图和圆图	163
§ 3.12 含有互感的电路	164
§ 3.13 三相系统	165
§ 3.14 线性电路中的非正弦周期性电压和电流	166

§ 3.15 非线性交流电路	167
§ 3.16 线性电路中的过渡过程及其经典算法	170
§ 3.17 非线性电路中的过渡过程	171
§ 3.18 用叠加法计算过渡过程	173
§ 3.19 用频谱法计算过渡过程	174
§ 3.20 用运算法计算过渡过程	174
§ 3.21 计算线性电路的一般性方法	175
§ 3.22 网络综合	176
§ 3.23 分布参数电路	177
§ 3.24 恒定电场方程组与恒定磁场方程组	178
§ 3.25 根据拉普拉斯方程计算场	179
§ 3.26 根据泊松方程计算场	180
§ 3.27 根据麦克斯韦方程组计算场	181
§ 3.28 用镜象法计算场	181
§ 3.29 用保角变换法计算场	182
§ 3.30 电磁场方程组	182
§ 3.31 电磁波的辐射	183
§ 3.32 电磁波的传播	184
§ 3.33 趋表效应	184
§ 3.34 电磁屏蔽	185
§ 3.35 电磁场中的过渡过程	185
§ 3.36 运动媒质中的电磁场与磁流体力学的基本原理	186
第四章 路与场的计算性例题	188
附录 本书所用的俄文下标的含义注解	348

绪言：《电工理论基础程序式 学习指南》的内容及用法

目前在国内外都采用程序式的教学法。这种方法实际上包含程序式的讲授和程序式的自学两个方面。一些高水平的讲课教师(教授、副教授)往往能通过讲课反映出他们的科学研究成果和这门学科的新发展,并照顾到学生对讲课的理解。因而试图用一套刻板的程序来代替他们的作用是不恰当的。但是另一方面,对于学生自学来说,将课程内容分为若干个基本题目来学,并随即对学到的有关知识进行检查,若能遵循这样一种学习程序却是行之极为有效的。

为此我们写了这本教学参考书,书中包罗了与1971年苏联高等和中等专业教育部所批准的电工基础教学大纲相应的教材内容。全书分为三十六节(§),每一节说明一个独立的方面(例如:线性直流电路的计算)。

我们采用逐节介绍的方式,以保证内容简捷易懂,同时尽可能保持节与节间的逻辑联系。开头先学习线性电路与非线性电路的参数,和从机械能到电能的变换及其逆变换,以保证对电路问题本质的理解。然后介绍直流电路和磁路(线性和非线性)的计算方法。这样的安排既简化了叙述,同时也使学生更容易理解。对于周期性电流、过渡过程以及后面分布参数电路的稳态和过渡过程等内容,也都按类似的体系进行介绍。

接下去介绍电磁场理论。由于撇开了场的物理本质而仅从方程式的形式上来研究各恒定场的计算方法,使这一节的篇幅得以大量压缩。在恒定场之后,是交变场理论。然后在交变场理论的

基础上研究电磁波、波的传播和趋表效应,最后介绍在运动媒质中的电磁场理论。

每一节(§)由一组题目(从两个到十一个不等)组成。每个题目提出一个逻辑上具有完整性的问题,例如按基尔霍夫定律计算电路。其中有些题目是尚未收进教学大纲的电工基础理论的新的分支。而在另一方面,由于考虑到电工理论基础课程的内容份量很重,书中略去了大纲中某些不太重要的细节问题。全书一共包括 193 个题目。

学生在每学了一个题目后,应该对关系到题目本质的一般性问题和这一题目在理论上引出的细节性问题作出答案,和书中的答案进行比较,然后再研究应用性的例题。采用这种方法将使日校生和函授学生都能系统地独立地学习电工理论基础课程。

本书分四章。第一章根据每一个题目提出一般性问题和细节问题,这些问题都冠以和题目号码相一致的编号。一般性问题的编号是在题号后加一圆点,并在圆点后附加数字 1。细节性问题的编号,在圆点后附加数字 2。当一个题目附有例题时,也采用类似的标记,但附加数字为 3。在第二章中给出一般性问题的解答,题号不变,但附加数字为 4。第三章是细节性问题的解答,编号附加数字为 5。在第四章中介绍例题,编号附加数字为 6。书的开始是目录,它指出每一节内容在各章中的相应位置,以便于用不同教科书学习电工基础的人能方便地使用这本参考书。

按这本书来学习电工理论基础而不用教科书是不够的。因为对各个题目,只阐明了问题的实质,而不予以深入分析。我们应该按教科书叙述内容的顺序来学习这些题目,而不是按照本书的顺序。

使用本教学参考书时必须按照下列步骤进行。在每学到一个题目时,学生首先应复习自己的听课笔记和学习教研室指定的教

材,然后通过本书的目录,在第一章内容有关的一节中找到这个题目。这时对题中的问题即一般性问题作出简明的回答——例如对《陈述按基尔霍夫定律进行电路计算的要点》这样一个问题。学生只要能书面地扼要说明:规定待求电流正方向的必要性;怎样根据基尔霍夫第一、第二定律列出独立方程式;解答中负号的意义,就足够了。然后可以把自己的回答和书中第二章的答案相比较,并纠正自己解答中不正确的地方。

做完这一步之后,再回到第一章,回答细节性问题。把自己的解答和第三章中这个问题的答案相比较,并纠正自己解答中的错误。

至此可以认为,学生已经较好地掌握了这个题目的理论。如果这个题目带有应用性,就应该进行实际应用的训练。这时在第一章中就会指出一些必需研究的计算性例题。这些例题的内容则列举于第四章中。

完成了上述工作之后,应独立地去做一些习题集上的习题,并积极参加班组关于这个题目的集体讨论。

对一个题目的理论和实践两方面都已经掌握之后,就可以开始下一个题目,即课堂上学到的或者函授教学的课程大纲中所指定的下一个题目。

这样,对于日校学生,这本书可以帮助他们从第一堂课起就开始系统性地学习电工理论基础课。经验表明,这样做可以大大提高学习一个题目的效率和理解下一节讲课的内容。这样做就可以避免因对前面讲课内容未学透而造成后面听课困难,或在参加实践课或实验室作业时缺乏主动性这样一些常见的现象。

一个学生经过这样系统的学习,到期末参加考试时就比较有把握了。逐段消化了的课程内容能够记得牢,并能在后续课程的学习中顺利地加以应用。因此采用本书提议的学习方法可以节省时间,并达到较高的知识水平。这一点对函授学校的学生和夜校

的学生尤为重要。

本书采用的是“直线”程序法。它不同于美国所提倡的“分支”程序法。在分支法中，对每一个题目给出三~五个现成的答案。学生应该是有根据地从这些答案中选择唯一的正确答案。这样一种消极的方法缺乏创造性的精神。学生在以后容易因记忆错误而把不正确的答案当作是正确的。按照分支程序法亦难于学会自己解题的方法。

本书采用的电工理论基础程序式学习方法通过：独立地回答针对所有各个题目而提出的各种问题；检查这些解答的正确性；和研究计算性例题等环节，将能保证学生在学习理论和运用理论的过程中充分发挥其积极性和创造性。

第一章 分题目提出学习任务

§ 1.1 电工学及其理论基础

1.1 试阐明电工学作为一门研究电磁场能量利用的学科,其基本问题是什么。并分别说明电磁场的两个分量,即电场和磁场的性质。

1.2 两线输电线电场的电力线图与其磁场的磁力线图有何差别?

2.1 说明电路和磁路的概念,并说明表征电路和磁路的诸物理量。

2.2 列举描述电路和磁路工作过程的各种物理量,并用括号附上与其相对应的电场与磁场的物理量。

§ 1.2 电路和磁路的参数

3.1 分别说明在直流和交流条件下,有关电路参数的基本知识。

3.2 为什么在直流电路计算中只考虑电路的电阻,而在交流电路中必须还要顾及电路的电容与电感?

4.1 根据公式 $Q = CU$ 给出电容量的定义及其计算步骤。

4.2 在同轴电缆的外部,电场强度为何?

4.3 研究例题 4.6。

5.1 试导出互电容的定义及其计算步骤。

5.2 多导体系统中,一对导体(A 与 B)之间的固有电容是否可能小于当其余导体都不存在时所求出的电容?

6.1 说明线性电容与非线性电容的特征, 及两者之间的区别。

6.2 一个非线性电容器的动态电容是否可能会等于零?

7.1 根据公式 $U=RI$ 给出电阻的定义及其计算步骤。

7.2 用国际单位制表示的电阻率的数值与按照实用单位 [欧·毫米²/米] 所表示的电阻率的值相比, 相差多少倍?

8.1 扼要说明绝缘介质中的电场与导电媒质中的电场两者在计算上的静电相似性。

8.2 利用静电比拟法计算一个恒定电流电场问题时, 应该具备哪些条件?

8.3 研究例题 8.6。

9.1 线性电阻器与非线性电阻器的差别何在?

9.2 在一个非线性电阻器的伏安特性曲线上, 什么样的点其静态电阻会等于动态电阻?

9.3 研究例题 9.6。

10.1 根据关系式 $\psi=LI$ 给出电感量的定义, 并举出计算电感的步骤。

10.2 当增加两线输电线之线间距离时, 其电感量将如何改变?

11.1 给出互感的定义及其计算步骤。

11.2 两回路间的互感与它们的匝数有何关系?

11.3 研究例题 11.6。

12.1 说明将电感线圈划分为线性与非线性两类的实质是什么。

12.2 铁芯电感线圈的动态电感是否可能为负值?

12.3 研究例题 12.6。

§ 1.3 电路中的能量、电能向机械能的转变

13.1 给出确定带电体系统能量的公式, 并说明能量在空间分布的规律。

13.2 一个非线性电容器在充电时所耗费的能量与其放电时所给出的能量之间有怎样的关系?

13.3 研究例题 13.6。

14.1 说明电场能转变为机械能的过程的要点, 并举出广义力的公式。

14.2 接有恒压电源的带电体系统, 当电能转变为机械功时, 效率为多少?

14.3 研究例题 14.6。

15.1 试描述静电式伏特计与电容式电机的构造, 并说明它们的特性。

15.2 能不能将静电式伏特计用于交流电压测量?

16.1 试说明带电质点在电场中的运动规律。

16.2 一个带正电的质点在场强为 E 的均匀电场中将如何运动? 设质点之初速为 v_0 , 其方向与场的方向相反。

17.1 给出确定载流回路系统能量的公式, 并说明能量沿空间分布的规律。

17.2 两个相耦合的载流回路系统的能量是否会小于各个回路固有能量之和?

17.3 研究例题 17.6。

18.1 说明磁场能转变为机械能的过程要点, 并举出广义力的公式。

18.2 一个载有直流电流的回路系统能否持续不断地将能量转变为机械功?

19.1 试描述电磁式仪表与电动式仪表的构造, 并说明它们的特点。

19.2 电磁式仪表与电动式仪表能否应用于交流电路的测量?

19.3 研究例题 19.6。

20.1 试说明电感式电机的构造与性质。

20.2 使一个确定的回路在磁场中旋转能否获得直流电动势?

21.1 试说明磁场对载流导体的作用, 并描述磁电式仪表的构造与特点。

21.2 磁电式仪表能否在交流情况下工作?

22.1 说明带电质点在磁场中的运动规律。

22.2 在磁场中运动的电荷, 其所受到的洛伦兹力的方向如何确定?

§ 1.4 线性直流电路的计算

23.1 说出电路诸定律的名称及其内容。

23.2 在克希荷夫第一定律中, 对电流求和时, 如何确定电流的正负号?

24.1 说明有关电流源、电压源及两者之间等效性的基本知识。

24.2 等效的电流源和电压源所产生的功率是否一样?

24.3 研究例题 24.6。

25.1 举出直流输电线的基本关系。

25.2 欲用同样截面积的导线在线路功率损耗不变的条件下, 输送同一功率至较远的距离时, 电压应怎样改变?

25.3 研究例题 25.6。

26.1 分别陈述用变化法和比例推算法计算电路的要点。

26.2 对于含有多个电源的电路，是否可应用变化法和比例推算法来计算？

26.3 研究例题 26.6。

27.1 把克希荷夫两定律写成两种形式的依据是什么？

27.2 把克希荷夫定律写成第一种对称形式($\sum I_k = 0, \sum U_k = 0$)有什么好处？

28.1 扼要说明按克希荷夫定律进行电路计算的要点。

28.2 为什么按克希荷夫第一定律列出的独立方程数比节点数少一个；又为什么要建议按照基本回路来列写克希荷夫第二定律方程式？

28.3 研究例题 28.6。

29.1 阐述用叠加法计算电路的要点。

29.2 决定电路中各支路电压时，能否应用叠加原理？

29.3 研究例题 29.6。

30.1 概述用互易法计算电路的要点。

30.2 在什么情况下适宜使用互易法？

30.3 研究例题 30.6。

31.1 陈述用等效电源法计算电路的要点。

31.2 如果所研究的支路中包含电源时，应该怎样使用等效电源法？

31.3 研究例题 31.6。

32.1 陈述用回路电流法计算电路的要点。

32.2 用回路电流法按克希荷夫第二定律列方程式时，是否意味着单凭克希荷夫第二定律就可以计算电路？

32.3 研究例题 32.6。