

电工理论基础

第四版

翻译版

■ К.С.Демирчян, Л.Р.Нейман 著
■ Н.В.Коровкин, В.Л.Чечурин

■ 赵伟 肖曦 王玉祥 童丽珠 马一 须碧秋 邢金 译



YZLI 0890088044



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

电工理论基础

DianGong Lilun Jichu

第四版

翻译版

■ К.С.Демирчян, Л.Р.Нейман 著
■ Н.В.Коровкин, В.Л.Чечурин

■ 赵伟 肖曦 王玉祥 童丽珠 马一 须碧秋 邢金 译



YZLI 0890088044



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

图字:01-2009-6876

К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин, В. Л. Чечурин 著

© ЗАО Издательский дом «Питер», 2003

图书在版编目(CIP)数据

电工理论基础:第4版:翻译版/(俄罗斯)捷米尔强等著;赵伟等译. —北京:高等教育出版社,2011.1

ISBN 978-7-04-030697-2

I. ①电… II. ①捷… ②赵… III. ①电工学-高等学校-教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 227180 号

策划编辑 欧阳舟 责任编辑 杨希 封面设计 李卫青
责任绘图 尹莉 版式设计 余杨 责任校对 王雨
责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 北京铭成印刷有限公司

开本 787×1092 1/16
印张 72.75
字数 1 800 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2011年1月第1版
印次 2011年1月第1次印刷
定价 104.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30697-00

引言

在俄罗斯和原苏联,理论电工学的发展基于对电磁场物质性的认识,基于对所研究的物理过程的理解,这种理解,对其实际的应用和以数学模型来描述它们十分重要。在 20 世纪,理论电工这个学派发展的特点在于掌握了很多领域取得的成就,主要为电磁现象物理和应用数学。这个阶段的特点是,俄罗斯和原苏联的学者通过对物理现象的深入研究,对这些现象建立了数学模型,并解决与所研究物理量计算相关的应用问题,这些工作实际上是密不可分的。

在俄罗斯,电学领域最早的著作出自俄罗斯天才科学家罗蒙诺索夫院士之手。罗蒙诺索夫在多个科学领域创建了很多著名的学说,其中他在对电的研究方面做了很多工作。他所进行的理论研究甚至可以说大大超越了那个时代,他提出了一些极具深度的问题。根据他的提议,1755 年科学院提出了有奖比赛课题“寻找电力的真正原因并建立精确的理论”。俄罗斯埃比努斯院士是罗蒙诺索夫的同代人,他是热电现象和静电感应现象的最早发现者。需要指出的是,1758 年他在科学院就做了题为“关于电力和磁学的同源性”的报告。

现在,我们很清楚在电与磁的现象之间存在着密不可分的关系,这是当代电磁现象学说的基础。但是,只有在长期积累试验事实的基础上才能得出这种科学思想,因为在之前很长一段时间,人们对电现象和磁现象是分开来研究的,认为它们彼此间没有关系。有关电和磁现象的第一部详细的科学著作是格里贝尔特在 1600 年撰写的。但在这部著作中,格里贝尔特作出了错误的结论,认为电和磁的现象相互间没有联系。

带电物体之间有机相互作用与磁的两极之间存在机械相互作用具有相似性,这自然就导致试图同样地去解释这些现象。产生了关于正、负磁质量的概念,认为它们位于磁体的端部,是造成磁的相互作用的原因。但是这种假设,正如同现在我们所知的,并不能回答磁现象的物理本质。从历史上看,这种假设是与用正电子和负电子来解释电现象相类似的。根据当今的概念,任何物体的电荷是由不断运动的正、负带电的基本粒子——质子、电子等组成的。

库仑在 1785 年第一次公布了带电荷物体的机械相互作用,以及磁极的磁质量之间相互作用的定量关系式。但是库仑已经注意到,磁质量与电荷之间有着本质的差别。

这种差异是由如下简单的试验得来的。我们可以毫不费力地把正电荷和负电荷分开,但是不论何时,在何条件下,均无法将正、负磁质量分开。据此,库仑假定磁体的单个小单元在磁化时形成小的磁体,只有在这些小的磁体中,正磁质量移向一个方向,而负磁质量则移向相反方向。

但是,如果正、负磁质量独立地存在于单个的小的磁单元中,则总可以期望在某个试验中可直接作用在这些小的磁单元上,将负的磁质量与正的磁质量分离开,如同作用在总电荷为零的分子上那样。我们可以将它分离成带正的和负的电荷粒子,称之为离子。但是在基本的试验过程中,从没有发现被分开的正和负磁质量。

关于磁现象真正实质的发现是在19世纪初。这个时期有一系列卓越的发现,确定了电现象与磁现象之间紧密的联系。

1820年,奥斯特在试验中发现了电流对磁针的作用。

1820年安培指出,带电流的线圈按其作用与磁体相似,并提出了一个想法,即永久磁体产生磁力的真正原因,是因为磁体内部某些基本环路中有闭合电流。这些思想在当代的概念中有对其具体的说法,认为永久磁体的磁极是由磁性物质中的基本电流和构成物质的基本粒子的当量磁矩所造成的。特别是这些基本电流是由电子围绕自己的轴旋转和电子在原子中围绕轨道旋转而产生的。

这样一来,我们就确信实际上并不存在磁质量。

所有谈及的早期研究工作确定了至关重要的状况,就是带电粒子和物体的运动总是伴随着磁现象。这一点已经表明,磁现象并不像格里贝尔特认为的那样是一种独立的与电现象没有任何联系的现象。1831年,法拉第宣布发现了电磁感应现象。他发现,在与磁体或与有电流的另一个线圈作相对运动的线圈中会产生电流。这表明,电现象的产生可能是磁现象过程的结果。

1883年,俄罗斯科学院院士楞次首次提出了至关重要的论点,其中包括奥斯特和法拉第发现的现象的共同性和可逆性。在这个论点中包含电机可逆性重要原则的基础。楞次确定了决定感应电流方向的定则。这就是电动力学的基本定理——电磁惯量定理。

对于这些发现,必须特别指出一个基本思想,这是法拉第在其研究中始终遵循米特盖维奇院士在其著作中加以发展的,有关在带电物体之间和带电流回路之间的空间中所发生并完成过程的物理现实性的思想。根据这种概念,带电物体之间以及带电流回路之间的相互作用,是通过围绕着它们的电磁场,一种特殊的物质形式进行的。

电磁场理论的建立应归功于麦克斯韦在1873年出版的经典著作《关于电和磁的论文》。这篇论文是对法拉第提出的基本物理思想的进一步深化和拓展。

麦克斯韦对电磁场理论的试验证明和发展,是基于赫兹所做的有关电磁波产生和传播的试验(1886—1889年),列别杰夫(1895年)对极短波长电磁波的振荡和传播的研究工作和他所做的证明光压的经典试验(1900—1910年),波波夫(1895年)发明无线电、实现了无线通信,以及后来无线电技术应用和理论研究的进一步发展来实现的。

所有上述列举的这些发现,使得电与磁的现象之间有不可分割的联系这一概念得到认同。对有关电磁现象领域相关理论问题的研究,总体上讲,使得电路和磁路的理论得到了更多的发展。电路理论的基础是欧姆(1827年)定律、焦耳(1841年)、楞次(1842年)定律和基尔霍夫(1847年)定律。在这个理论的后续发展中,我国和外国科学家作出了重大贡献。

现在,由于电能系统、无线电技术和电力测量仪表,自动控制和调节系统,高速电子计算机和信息化技术等变得愈来愈复杂,所以需要创建综合的分析方法,就是将这些复杂系统看作是由若干个以一些电路元件构成的综合体组成的,这些综合体各承担一定的功能,并可用其综合参数来加以研究。这些由一些电路元件构成的综合体,就是指的诸如电力系统中产生、传输或将电磁能转化为其他形式能量的装置,在有线、无线、电视传输、自动控制和电测量中所用的信号发生器、放大器和信号转换器、供电电源,在电子计算机中负责完成逻辑运算和离散数学转换的装置,等等。

这些单独的综合体,包括线性的电路元件,其参数不受电流的影响,如电阻、电感线圈、电容

器。在电路中,这些元件以不同的方式连接在一起,而这些综合体则往往是相当复杂的电路。多个不同功能的综合体以这样或那样的方式组合在一起构成复杂的系统。

复杂系统的综合分析方法,使得有可能对作为系统组成部分的各单独综合体之间的相互作用进行分析。建立这些综合分析方法的依据也是电路的基本物理定律——欧姆定律和基尔霍夫定律,这些定律用于计算相对不太复杂的电路。

同样,随着地面和空间无线电通信的发展,以及电场、磁场和在新的电工工艺和电物理装置中电磁研究成果的日益广泛应用,电磁场理论也得到了进一步的发展。

综上所述,过去和现在,特别是现在,总是提出应在高的科学水平上组织高等电工教学的要求。在高校设立的第一批讲授电理论的课程具有历史性的重大意义。1904年,米特盖维奇教授开始在圣彼得堡工学院用他自己编写的课程讲义《电和磁现象理论》、《交流电理论》授课。1905年,克鲁格教授开始在莫斯科高等技术学校先后开出“交流电理论”和“电工基础”课程。之后,随着新的物理概念和新的研究电磁现象的理论和试验方法的提出,特别是这些现象在技术上被很快加以利用,这些理论课程得到了发展,继而创建出了现在称之为“电工理论基础”的这门课程。

本教材包括四个部分。首先,相对较短的部分,称为“电磁场、电路和磁路理论的基本概念和定律”,包括对从物理教程中得到的电磁现象的概念和定律的总结,对电路和磁路理论所有领域的基本概念和定律表达式及定义的发展。这部分应看作是物理教程和电工理论基础教程相关联的部分,使大家明白在电路和磁路以及电磁场中的物理概念。这对于将课题正确地用数学描述并用教材后面几个部分所讲的方法来解决至关重要。对这部分内容的掌握之所以重要,是因为现在和将来的电子计算机程序能够对广泛的数学模型进行数值计算。为了避免对以数学或图形方式显示的计算结果产生错误的理解,学生亦即未来的科技工作者对所研究现象的物理本质必须有深入的理解。

教材的第二部分是内容最多的部分,称为“线性电路理论”。讲述了线性电路的性质和对这些电路中所发生过程的计算方法。这部分基本上研究了电路分析方法,即计算给定电路中发生的过程,同时也关注电路的综合和诊断,即构建事先给定性能的电路和用试验方法确定实际装置参数。若电路中所有元件的参数不受电流和电压的影响,则该电路就称为线性电路。对这种电路,可采用一个重要的定理,即叠加定理。按照叠加定理,在某些物理状态下,若干同类因素共同作用的结果,就是在同样的物理状态下这些因素单独作用的结果之总和。运用这个定理,就可以将由简单过程得出的结果扩展到较为复杂的过程。反之,运用这个定理,可以将复杂的问题分成若干较为简单的问题。在研究线性电路时,将广泛利用叠加定理;且对于参数不随过程的强度而变化的线性介质中的电磁场的研究,也采用叠加定理。

第三部分为“非线性电路和磁路理论”。论述非线性电路和非线性磁路的性质,以及其中所发生过程的计算方法。这些电路和磁路的参数随电流、电压或磁通而变化,使得对它们中所发生过程的数学分析极为复杂。由于在现代的各种电工电气装置中广泛采用具有非线性特性的电路元器件,所以学习并掌握这方面的理论和分析方法具有重要的意义。

本教材的最后一部分即第四部分,称为“电磁场理论”。很多电工问题不可能完全用线性理论来分析,只能用电磁场理论及相应的分析方法来解决。首先,为计算电路和磁路的参数,必须知道与电路和磁路相关的电场和磁场。这完全是合乎情理的,因为电路和磁路的参数实际上以

综合的形式反映了与所研究的电路和磁路相关的电场和磁场的配置,以及表征这些场的介质的物理性质。一系列重要的问题只能用依据场的理论形成的方法来解决。用天线发射和在空间传播电磁波就是其中的一个例子。

鉴于在本教材的第一部分介绍了基本的规律,这就为以通用方程式研究电磁场提供了基础,即将电磁场作为一个整体,而将只有电场或磁场作为个别的场合,此时观察的条件是在空间的某些有限范围内,只发现电磁过程的一个方面。这就促使人们强烈地产生了将电和磁的现象统一起来的想法。

在本教材中,以习题集形式增加了大量新的教学材料。这些新的章节可促进学生与教师之间的交流,也有利于学习者自学和研究。

将问答题、练习题和任务题进行分类,以便能涵盖理论教材的若干章节。例如将有关新的方法放在本教材的第一部分之后,问答题、练习题和任务题则与本教材的第二部分结合在一起——电路和磁路的基本概念。这样一来,在学习本教材的同时,利用这些方法性资料和素材,就能巩固已学到的理论知识。

所提供的问答题、练习题的复杂程度是不同的,且问答题和练习题随着教材章节内容复杂程度的加深而设置,并且将最为复杂的练习题分列为习题组。

本教材在选择问答题、练习题和任务题上,不仅考虑到要掌握教材的理论知识,还为了更好地帮助学习者理解和研究最为复杂的电工理论的概念和方法。所提供的某些问答题和习题对学习这本教材的大学生来说可能是困难的,但这不仅对他们有益,而且对研究生和工程师也有益处。

在“问答题、练习题和任务题”这些章节的括号中,(O)和(P)表示在卷尾对相应的问答题有回答,对练习题有解答。

教材中这部分方法性资料的内容、编排和叙述设置等,能在独立或函授学习方式下使学习者更好地掌握电工理论。

目 录

第 一 卷

第一部分 电磁场、电路和磁路理论的基本概念和定律

第 1 章 电磁场概念和定律的总结	3
1.1 电磁场、电路和磁路理论课题的物理基础	3
1.2 带电基本粒子和物质的特殊形式——电磁场	3
1.3 电与磁现象之间的关系——电场和磁场是统一的电磁场的两个方面	5
1.4 带电粒子和物体的电荷与它们电场的关系——高斯定理	9
1.5 物质的极化、电偏移和麦克斯韦假设	11
1.6 传导电流、转移电流和位移电流	15
1.7 电流连续性定理	19
1.8 电压、电位差和电动势	21
1.9 磁通和磁通连续性原理	27
1.10 电磁感应定律	29
1.11 磁链、自感和互感电动势，电磁惯性原理	32
1.12 电动势电场和涡流电场	35
1.13 磁场与电场的耦合	37
1.14 物质的磁化强度和磁场强度	39
1.15 全电流定律	42
1.16 电磁场的基本方程	43

第 2 章 电场和磁场的能量和机械显现	45
2.1 带电物体系统的能量和电场中能量的分布	45
2.2 通电回路系统的能量和磁场中的能量分布	47
2.3 对带电物体的作用力	51
2.4 电磁力	53
第 1—2 章的问答题、练习题和任务题 ..	59
1.1 带电粒子和物体电荷与它们电场的关系	59
1.2 电位移和麦克斯韦公理	62
1.3 电流种类和电流连续性原理	64
1.4 电压和电位	65
1.5 磁感应强度和磁通连续性原理	68
1.6 电磁感应定律	69
1.7 电感和互电感	72
1.8 电动势电场和涡流电场	74
1.9 磁场与电场的关系	75
1.10 物质的磁化强度和全电流定律	76
2.1 带电物体系统的能量和通电回路的能量	80

2.2 对带电物体的作用力;电磁力	82	3.8 电动势源和电流源	98
第3章 电路理论的基本概念和定律	86	3.9 电路图	100
3.1 电路和磁路	86	3.10 电路图的拓扑概念;电路的图	103
3.2 电路元件;电路的有源和无源部分	87	3.11 节点关联矩阵	105
3.3 电路中的物理现象和具有分布参数的电路	88	3.12 电路定律	106
3.4 在电路理论中采用的科学抽象,它们的实际意义和应用范围;带有集中参数的电路	90	3.13 电路电流的节点方程	109
3.5 电路的参数;线性与非线性电路和磁路	92	3.14 电路的回路方程;回路矩阵	111
3.6 电路基本元件中电压与电流的关系	95	3.15 对电路截面中电流的方程;截面矩阵	113
3.7 电路元件中电流和电动势以及在它们端子上电压的假定正方向	96	3.16 关联矩阵、回路矩阵和截面矩阵之间的关系	115
		3.17 电路方程总系统;描述集中参数电路中过程的微分方程	119
		3.18 分析与综合——电路理论的两项主要任务	121

第二部分 线性电路理论

第4章 正弦电流电路的基本性质和等效参数	123	4.9 给定频率下二端网络的等效电路	140
4.1 正弦电动势、电压和电流;正弦的电动势源和电流源	123	4.10 多因素对电路等效参数的影响	142
4.2 周期电动势、电压和电流的有效值和平均值	125	第3—4章的问答题、练习题和任务题	143
4.3 以旋转矢量表示正弦电动势、电压和电流;矢量图	127	3.1 电路元件	143
4.4 R 、 L 、 C 串联电路中稳定的正弦电流	128	3.2 电路中的源	144
4.5 G 、 L 、 C 并联电路中稳定的正弦电流	131	3.3 电路图的拓扑概念	146
4.6 有功功率、无功功率和视在功率	133	3.4 基尔霍夫定律	147
4.7 正弦电流电路中的瞬时功率和能量振荡	135	3.5 拓扑矩阵	147
4.8 被看作二端网络的复杂交流电路的等效参数	138	3.6 电路方程	150
		4.1 正弦电动势、电压和电流的特性	150
		4.2 相量图	153
		4.3 R 、 L 、 C 串联和并联电路的电流	156
		4.4 正弦电流电路的功率	158
		4.5 被看作二端网络的电路的等	

效参数	161	的概念	232
第5章 稳定正弦和恒定电流下电路		6.2 R 、 L 、 C 串联场合的谐振	232
的计算方法	164	6.3 R 、 L 、 C 串联电路的频率特性	233
5.1 复数符号法	164	6.4 G 、 L 、 C 并联的谐振	237
5.2 复阻抗和复导纳	167	6.5 G 、 L 、 C 并联电路的频率特性	238
5.3 复数形式的欧姆定律和基尔霍夫定律表达式	167	6.6 仅含电抗元件电路的频率特性	240
5.4 按复电压和复电流计算功率	168	6.7 一般情况下电路的频率特性	243
5.5 串联电路的计算	169	6.8 感应耦合回路中的谐振	245
5.6 并联电路的计算	170	6.9 电路中谐振现象的实际意义	247
5.7 混联电路的计算	170	第7章 三相电路的计算	249
5.8 关于复杂电路的计算	171	7.1 多相电路和系统及其分类	249
5.9 基于将三角形联结变换为星形联结的电路计算	175	7.2 电动势非对称和电路非对称情况下三相系统的计算	252
5.10 电动势源与电流源的变换	177	7.3 旋转磁场的获得	254
5.11 回路电流法	179	7.4 非对称三相系统的对称分量分解	256
5.12 节点电压法	185	7.5 运用对称分量法的三相电路计算	257
5.13 截面法	190	第8章 周期非正弦电动势、电压和电流电路的计算	261
5.14 混合变量法	193	8.1 周期非正弦电动势作用下线性电路瞬时稳定电压和电流的计算方法	261
5.15 叠加定理和基于它的电路计算方法	197	8.2 非正弦电压下电流曲线形状与电路特性的关系	263
5.16 互易定理和基于它的电路计算方法	198	8.3 周期非正弦电流、电压和电动势的有效值	265
5.17 等效发电机法	200	8.4 周期非正弦电流和电压的有效功率	266
5.18 有互电感电路的计算	203	8.5 三相电路中高次谐波的特点	267
5.19 具有线性特性的变压器；理想变压器	207	8.6 关于有对称形状的电	
5.20 经电场耦合的电路	210	压曲线时高次谐波的组成	268
5.21 复杂电路中的功率平衡	210	8.7 复数形式的傅里叶级数表达式	269
5.22 直流激励下复杂电路的计算	211	8.8 拍频振荡	271
5.23 复杂电路稳态的计算问题	212	8.9 调制振荡	272
5.24 电路计算的拓扑法	213	第6—8章的问答题、练习题和任务题	274
第5章的问答题、练习题和任务题	217		
5.1 复数符号法	217		
5.2 复杂电路的计算方法	222		
5.3 含互感电路的计算	228		
第6章 谐振现象和频率特性	232		
6.1 电路中有关谐振和频率特性			

6.1 R 、 L 、 C 串联谐振	274	3.5 拓扑矩阵	317
6.2 G 、 L 、 C 并联谐振	275	3.6 电路方程	317
6.3 仅含电抗元件电路中的谐振	277	4.1 正弦电动势、电压和电流的 特性	317
6.4 电路的频率特性	278	4.2 相量图	318
6.5 任意结构电路中的谐振	279	4.3 R 、 L 、 C 串联和并联电路的 电流	320
7.1 多相电路和系统的分类	281	4.4 正弦电流电路的功率	321
7.2 三相电路的计算	284	4.5 被看作二端网络的电路的等 效参数	322
7.3 旋转磁场	286	5.1 复数符号法	324
7.4 对称分量法	287	5.2 复杂电路的计算方法	329
8.1 周期非正弦电压下电路的 计算	288	5.3 含互感电路的计算	339
8.2 非正弦电压下电路中电流的 曲线形式	291	6.1 R 、 L 、 C 串联谐振	341
8.3 周期非正弦量的有效值;有 功率	292	6.2 G 、 L 、 C 并联谐振	342
8.4 三相电路中的高次谐波	293	6.3 仅含有电抗元件电路中的 谐振	343
第一卷习题解答(第1—8章)	294	6.4 电路的频率特性	346
1.1 粒子和物体电荷与它们电场 的关系;高斯定理	294	6.5 任意结构电路中的谐振	347
1.2 电位移和麦克斯韦公理	296	7.1 多相电路和系统的分类	349
1.3 电流种类和电流连续性原理	297	7.2 三相电路的计算	351
1.4 电压和电位	299	7.3 旋转磁场	351
1.5 磁感应强度和磁通连续性 定理	301	7.4 对称分量法	352
1.6 电磁感应定律	302	8.1 周期非正弦电压下电路的 计算	353
1.7 电感和互电感	304	8.2 非正弦电压下电路中电流的 曲线形式	356
1.8 电动势电场和涡流电场	305	8.3 周期非正弦量的有效值;有 功率	356
1.9 磁场与电场的关系	306	8.4 三相电路中的高次谐波	357
1.10 物质的磁化强度和全电流 定律	307	计算任务题	358
2.1 带电物体系统的能量和通电 回路的能量	309	1. 静电场和电容的计算	358
2.2 作用在带电物体上的力;电 磁力	310	2. 正弦电流电路的计算;相量图 的应用	360
3.1 电路元件	314	3. 正弦电流电路的复数符号法 计算	362
3.2 电路中的源	316	4. 复杂正弦电流电路的计算	364
3.3 电路图的图——电路图的 拓扑	316	5. 非正弦电动势、电压和电流下 电路的计算	369
3.4 基尔霍夫定律	316		

第二卷

812	本卷结构概述	374
812	第9章 计算集中参数电路过渡过程的经典法	375
452	9.1 线性电路中的过渡过程	375
652	9.2 计算线性电路中过渡过程的一般方法——经典法	375
852	9.3 状态变量法	376
112	9.4 由初始条件求解积分常数	378
822	9.5 R/L 串联电路中的过渡过程	379
652	9.6 R/C 串联电路中的过渡过程	383
652	9.7 $R/L/C$ 串联电路中的过渡过程	387
852	9.8 电容 C 向 R/L 的放电	390
952	9.9 恒定电压激励下 $R/L/C$ 电路的接通	395
142	9.10 正弦电压激励下 $R/L/C$ 电路的接通	396
242	9.11 电路参数瞬间变化引起的过渡过程	398
842	9.12 复杂电路过渡过程的计算	402
942	9.13 以状态变量法求解过渡过程	406
522	9.14 状态方程的数值积分	416
522	9.15 数值积分方法的稳定性	419
522	9.16 电路微分方程组的刚性	422
422	9.17 求解电路状态方程数值解的系统方法	427
422	9.18 计算电路过渡过程的综合——电路图方法	430
74	第10章 计算集中参数电路过渡过程的算子法	435
922	10.1 函数、函数微分和函数积分的算子表征	435
432	10.2 函数映像(象函数)实例	437
524	10.3 算子形式的基尔霍夫定律和欧姆定律	439
512	10.4 计算电路过渡过程的算子法	441
112	10.5 象函数到原函数的转换、展开定理	443
442	10.6 特征方程根的性质	447
784	第11章 非周期函数的频谱表示——傅里叶积分变换;计算过渡过程的频率特性法	449
884	11.1 用傅里叶积分表征非周期性时间函数	449
884	11.2 频谱特性	450
904	11.3 给定时间函数的频率特性的求取	451
504	11.4 借助频谱特性计算过渡过程	454
504	11.5 傅里叶变换与拉普拉斯变换的关系;复变频率概念	455
704	第12章 脉冲电动势和任意波形电动势激励下电路的计算	457
804	12.1 脉冲电动势和脉冲系统的概念	457
904	12.2 电路的阶跃响应和冲激响应;脉冲电动势作用下电路的计算	458
502	12.3 任意波形电动势激励下电路的计算——卷积积分(杜哈梅积分)	461
402	12.4 借助卷积积分和拉普拉斯有理变换计算稳态过程	463
912	12.5 借助拉普拉斯有理变换计算复杂电路的过渡过程	466
512	12.6 用拉普拉斯有理变换法计算	

脉冲电动势作用下的电路	467	13.9 电路特性对元件参数变化的敏感度	515
12.7 基于电路差分方程求解计算脉冲串作用下的电路	472	第14章 链式电路、滤波器、结构图	518
12.8 z 变换法	476	14.1 四端网络的特性参数	518
12.9 借助 z 变换法计算电路中的过渡过程	479	14.2 匹配链式电路的传递函数	521
12.10 电路中的偶变过程	481	14.3 滤波器	522
第9—12章的问答题、练习题和任务题	483	14.4 k 型低通滤波器	524
9.1 计算过渡过程的一般方法; 状态变量法	483	14.5 m 型低通滤波器	526
9.2 R 、 L 和 R 、 C 电路中的过渡过程	486	14.6 变频法、高通滤波器、带通滤波器	528
9.3 R 、 L 、 C 电路中的过渡过程	487	14.7 结构图	531
9.4 电路参数瞬间变化引起的过渡过程	488	14.8 电路的稳定性问题	533
10.1 函数、函数微分和函数积分的算子表征	488	第13—14章的问答题、练习题和任务题	536
10.2 用算子法计算过渡过程	490	13.1 四端网络的参数方程和方程组	536
11.1 非周期性信号的频率特性	492	13.2 四端网络的等效电路	538
11.2 借助电路和信号的频率特性计算过渡过程	494	13.3 四端网络参数的实验测定	539
12.1 电路的阶跃响应和冲激响应	495	13.4 四端网络的连接	540
12.2 借助卷积积分计算电路的过渡过程	497	13.5 四端网络的传递函数	541
12.3 脉冲串作用下电路过渡过程的计算	498	13.6 反馈	544
第13章 四端网络一般性质的分析	499	14.1 四端网络的特性参数	545
13.1 四端网络方程的不同表征形式	499	14.2 滤波器	546
13.2 四端网络的等效电路	502	14.3 k 型和 m 型低通滤波器	548
13.3 四端网络参数的实验测定	503	14.4 低通滤波器	549
13.4 四端网络的连接和四端网络方程的矩阵表示	504	14.5 电路的稳定性	550
13.5 四端网络的传递函数	506	第15章 电路的综合	552
13.6 微分电路和积分电路	510	15.1 电路的综合问题	552
13.7 反馈	512	15.2 无源电路输入函数的性质	553
13.8 有源四端网络	513	15.3 以简单分数形式表征输入函数	554
		15.4 分母具有实根和虚根的二端网络输入函数的实现——将网络函数分解为简单分数	555
		15.5 分母仅有虚根的二端网络输入函数的实现——将网络函数表征为链式分数	559
		15.6 通常情况下二端网络输入函	

性和非对称特性	636	20.7 计算直流非线性复杂电路	
19.4 具有非线性电阻的惰性元		的数值方法	677
件和无惰性元件	640	20.8 保证唯一解条件下直流非	
19.5 具有非线性电阻并能够稳定		线性电路方程组的列写	680
电流和电压的元件特性	640	20.9 小偏差条件下直流非线性电	
19.6 半导体二极管作为电路的		路特殊性质的解析研究	683
非线性元件	641	20.10 磁路的定律和参数	686
19.7 可控的非线性元件,含控制		20.11 串联磁路的计算	688
电极的离子器件	646	20.12 有分支磁路的计算	690
19.8 可控型非线性元件;电子		20.13 永久磁铁的计算	691
三极管	647	20.14 永久磁铁磁路的计算	692
19.9 电路的一种元件——电子		第21章 周期过程下的非线性电路	
三极管	648	和非线性磁路	694
19.10 可控型非线性元件——		21.1 含惰性非线性元件电路中	
半导体三极管	650	周期过程的特点	694
19.11 电路的一种元件——半		21.2 含电感性惰性机电元件电路	
导体三极管	653	中的过程	695
19.12 可控型非线性元件——		21.3 含非惰性非线性元件电路中	
可控硅闸流管	656	周期过程的特点;等效正弦	
19.13 铁磁材料的非线性性质 ..	657	曲线法	697
19.14 铁心线圈的参数和非线性		21.4 铁心线圈中电流、磁通和电	
特性	661	动势的波形形状	698
19.15 具有非线性特性的电容器 ..	663	21.5 铁心中的损耗	699
19.16 具有非线性特性的电动势		21.6 等效正弦曲线和磁链与电流	
源和电流源	666	的关系	700
第20章 直流激励下非线性电路和		21.7 铁心线圈的方程、相量图和	
磁路的计算	667	等效电路	701
20.1 直流非线性电路的计算	667	21.8 磁路的复磁阻	702
20.2 含非线性元件但不含电动势		21.9 铁心变压器的方程、相量图	
源的多段电路的串联、并联		和等效电路	703
和混联	668	21.10 基于等效正弦曲线的图解	
20.3 含非线性元件和电动势源的多		算法	705
段电路的串联、并联和混联 ..	670	21.11 铁心线圈与电容器串联的	
20.4 含一个非线性元件的复杂		铁磁谐振现象	705
电路的计算	672	21.12 铁心线圈与电容器并联的	
20.5 含两个非线性元件的复杂		铁磁谐振现象	707
电路的计算	674	21.13 铁磁稳压器	708
20.6 含三个非线性元件的复杂		21.14 非线性电路的一种可控电感元	
电路的计算	675	件——铁磁功率放大器 ..	710

21.15	计算非线性电路中周期过 程的谐波平衡法	711	22.10	基于非线性元件近似解析 表达式求解过渡过程的解 析法	740
21.16	为变换频率分离非线性电 路中的高次谐波	713	22.11	计算非线性电路过渡过程 的逐时段解法	743
21.17	用铁磁元件实现基于零序 谐波分离的倍频	714	22.12	基于电路方程有条件线性 化的非线性电路过渡过程 计算方法	745
21.18	分段线性逼近非线性元件 特性条件下以时段特性契 合法计算电路中的过程	715	22.13	过渡过程的相平面表征	746
21.19	含开关元件的非线性电路 计算、交变电流的整流	715	22.14	建立相轨迹和计算过渡 过程用的等倾线法	750
21.20	使用可控开关进行整流调 节和逆变	718	22.15	幅值缓变法——范德伯 尔法	753
21.21	交流电路中的非线性电 容器	721	22.16	非线性电路的频率性质	757
21.22	正弦电压源供电下非线性 电路的功率因数	722	22.17	非线性电路在现代工程技 术中的意义	758
第 22 章 振荡理论基础和非线性电路			第 19—22 章的问答题、练习题和		
	中过渡过程的计算方法	724		任务题	759
22.1	非线性电路中振荡过程的 特点	724	19.1	非线性电路的元件参数	759
22.2	恒压源供电下含电感和非 线性电阻的电路状态的稳 定性	724	19.2	晶体三极管作为电路元件	759
22.3	恒压源供电下含电容和非 线性电阻的电路状态的稳 定性	725	19.3	铁磁材料的非线性性质	761
22.4	稳定性问题研究中等效电 路的选定	726	19.4	非线性特性曲线的近似 逼近	762
22.5	恒压源供电下判定复杂非 线性电路状态稳定性的一 般原理	728	20.1	非线性元件的串联、并联和 混联	762
22.6	非线性反馈系统中的晶体 三极管自激振荡发生器	731	20.2	非线性电路的计算方法	763
22.7	张弛振荡	735	20.3	非线性磁路	765
22.8	非线性电路过渡过程的计算 方法	736	21.1	非线性电路中电流和电压 波形曲线的形状;等效正 弦曲线法	766
22.9	计算非线性电路过渡过程 的图解积分法	737	21.2	铁心线圈和铁心变压器; 铁磁振荡现象	767
			21.3	非线性特性曲线的谐波平衡 法和分段线性逼近法	768
			22.1	平衡状态的稳定性	769
			22.2	非线性电路中的自激振荡	770
			22.3	非线性电路过渡过程的 计算	771
			22.4	相平面法	772

第二卷习题解答(第9—22章) 773

9.1 计算过渡过程的一般方法;

状态变量法 773

9.2 R 、 L 和 R 、 C 电路中的过渡

过程 776

9.3 R 、 L 、 C 电路中的过渡过程 ... 777

9.4 电路参数瞬变引起的过渡

过程 778

10.1 函数、函数微分和积分的算

子表征 778

10.2 用算子法计算过渡过程 779

11.1 非周期性信号的频率特性..... 783

11.2 借助信号和电路的频率特性

计算过渡过程 784

12.1 电路的阶跃响应和冲激

响应 784

12.2 借助卷积积分计算电路的过

渡过程 786

12.3 脉冲串作用下电路过渡过程

的计算 788

13.1 四端网络的参数方程和方

程组 790

13.2 四端网络的等效电路 793

13.3 四端网络参数的试验测定 ... 794

13.4 四端网络的连接 795

13.5 四端网络的传递函数 796

13.6 反馈 802

14.1 四端网络的特性参数 803

14.2 滤波器 804

14.3 k 型和 m 型低通滤波器 807

14.4 低通滤波器 808

14.5 电路的稳定性 809

15.1 二端网络的综合 811

15.2 四端网络的综合 812

17.1 传输线的稳态计算 813

17.2 无畸变传输线 814

17.3 传输线的开路 and 短路状态 ... 814

18.1 单传输线上的过渡过程 816

18.2 若干不同波阻抗传输线连接

情况下的过渡过程 817

18.3 传输线终端的波反射 820

19.1 非线性电路的元件参数 823

19.2 晶体三极管作为电路元件 ... 824

19.3 铁磁材料的非线性性质 827

19.4 非线性特性曲线的近似

逼近 827

20.1 非线性元件的串联、并联和

混联 828

20.2 非线性电路的计算方法 829

20.3 非线性磁路 830

21.1 非线性电路中电流和电压波

形曲线的形状;等效正弦曲

线法 831

21.2 铁心线圈和铁心变压器;

铁磁振荡现象 831

21.3 非线性特性曲线的谐波平衡

法和分段线性逼近法 832

22.1 平衡状态的稳定性 832

22.2 非线性电路中的自激振荡 ... 833

22.3 非线性电路过渡过程的

计算 833

22.4 相平面法 836

计算任务题 837

1. 集中参数电路中过渡过程的

计算 837

2. 均匀传输线上过渡过程的

计算 842