

电 机 学

上 册

章 名 涛 主 編

科 学 出 版 社

电 机 学

上 册

章 名 涛 主 編

科 学 出 版 社

电 机 学

下 册

章 名 涛 主 編

科 学 出 版 社

1949.6.46

內 容 簡 介

本书是根据清华大学电机教研组历年教学经验而编写成的。编写的重点放在阐明电机的基本原理方面。全书共有五篇：第一篇变压器；第二篇直流电机；第三篇同步电机；第四篇异步电机；第五篇交流整流子电机。分上、下两册出版。

上册包括第一篇及第二篇。第一篇讲述了变压器的运行分析，三相变压器，变压器的过渡过程、发热和冷却。第二篇讲述了直流机无载时磁场，电枢绕组，发电机，电动机，换向，特殊电机。

本书可作为工科大学电机系各专业的电机学课程教本或参考书，也可供有关的工程技术人员参考之用。

电 机 学

上 册

章 名 涛 主 编

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门大街 117 号

北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1964 年 7 月 第 一 版 开本：850×1168 1/32

1964 年 7 月 第一次印刷 印张：10 3/8 插页：2

印数：0001—9,300 字数：272,000

统一书号：15031·119

本社书号：2964·15

定价：[科六] 1.60 元

內 容 簡 介

本书是根据清华大学电机教研组历年教学经验而编写成的。

本书编写的重点放在阐明电机的基本原理方面,全书共有五篇:第一篇变压器;第二篇直流电机;第三篇同步电机;第四篇异步电机;第五篇交流整流子电机,分上下两册出版。

下册的内容包括第三篇、第四篇及第五篇。第三篇有同步电机的磁路和绕组;磁势;对称运行;不对称运行;突然短路;并联运行;电动机及补偿机;振荡;损耗、效率、发热和冷却。第四篇有异步电机的运行原理;圆图;起动;调速;其它运行方式;单相异步电动机。第五篇有三相整流子电机;单相整流子电机。

本书可作为工科大学电机系各专业的电机学课程教本或参考书,也可供有关的工程技术人员参考之用。

电 机 学

下 册

章 名 涛 主 編

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝花门大街117号

北京市书刊出版业营业许可証出字第061号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1964年8月第一版 开本:850×1168 1/32
1964年8月第一次印刷 印张:14 15/16 插圖:2
印数:0001—9,600 字数:396,000

統一书号:15031·155

本社书号:3019·15

定价:「科六」2.20元

序 言

自 1952 年以来,清华大学电机教研组采用了 Л. М. 朴德罗夫斯基著“电机学”为教科书。几年后,教研组从教学需要出发,认为有自编教材的必要。于 1961 年根据教研组几年来的教学经验,由艾维超教授、陈汤铭副教授、高子伟、李发海、吉崇庆同志及编者合编了“电机学”讲义。本书是在这基础上经过一些修改和补充而编写成的。

本书分为五篇,共三十三章,对主要类型电机的基本原理进行了分析,以便读者能掌握电机中的主要问题,同时尽量避免对次要类型电机和非基本问题的叙述。编者认为这样可以对今后进一步的深入和发展打下基础。此外,考虑到有些问题虽然是基本的,但如在课堂上讲授有可能超出教学规定的学时,故放在书后的附录里。书后并附有思考题及习题,这是由俞鑫昌、朱东起、李隆年同志搜集编出的。这些题目对基本原理的理解与应用有益,经过教师的选择,可以更好地配合教学需要。

本书可作为我国工科大学电机系各专业的电机学课程教本,也可做为工程技术人员巩固电机学基础之用的参考书。

本书在编写中得到了清华大学电机教研组许多同志的支持,特别是朱东起同志多方面的协助,谨表感谢。

本书在满足当前的教学要求上还存在许多缺点,希望读者批评和指正。

编 者

1963 年 12 月

目 录

緒論	1
----	---

第一篇 变 压 器

第一章 概述	11
§ 1-1 变压器的用途及分类	11
§ 1-2 变压器的主要部件的结构	13
§ 1-3 变压器的额定数据	19
§ 1-4 結語	20
第二章 变压器的运行分析	22
§ 2-1 概述	22
§ 2-2 理想变压器的运行	23
§ 2-3 变压器的无载情况	27
§ 2-4 变压器的負載运行	32
§ 2-5 变压器参数的計算和測定	44
§ 2-6 阻抗的标么值	53
§ 2-7 变压器的运行性能	56
§ 2-8 結語	61
第三章 变压器的联接組及三相变压器的运行問題	63
§ 3-1 概述	63
§ 3-2 变压器的联接	63
§ 3-3 三相变压器无載运行时的电势波形	71
§ 3-4 三相变压器不对称运行問題	74
§ 3-5 V/V 联接变压器	86
§ 3-6 結語	87
第四章 变压器的并联运行	89
§ 4-1 概述	89

§ 4-2 并联运行时的負載分配	91
§ 4-3 变比不等的变压器并联运行	94
§ 4-4 变压器联接組別对并联运行的关系	96
§ 4-5 結語	97
第五章 变压器的过渡过程	99
§ 5-1 概述	99
§ 5-2 过电流現象	99
§ 5-3 过电压現象	110
§ 5-4 結語	114
第六章 特殊变压器	116
§ 6-1 概述	116
§ 6-2 三繞組变压器	116
§ 6-3 自耦变压器	122
§ 6-4 調压变压器	128
§ 6-5 电鋸变压器	131
§ 6-6 結語	131
第七章 变压器的发热和冷却	133
§ 7-1 概述	133
§ 7-2 油浸变压器的发热和冷却	134
§ 7-3 变压器的各种冷却方式	138
§ 7-4 变压器的允許溫升和变压器的負載問題	142
§ 7-5 油浸变压器油箱的保护装置	145
§ 7-6 結語	147

第 二 篇 直 流 机

第八章 直流机的用途、基本工作原理及結構	148
§ 8-1 直流机的用途	148
§ 8-2 直流机的基本工作原理	149
§ 8-3 直流机的主要結構部件	151
§ 8-4 直流机的发展概况	157
§ 8-5 直流机的分类和我国生产的直流机的型号	158
§ 8-6 結語	158

第九章 无载时的磁場	159
§ 9-1 磁通的分布, 气隙磁密分布曲綫	159
§ 9-2 产生磁通的磁势	160
§ 9-3 磁化曲綫	163
§ 9-4 結語	164
第十章 直流机的电枢繞組	166
§ 10-1 概述	166
§ 10-2 环形繞組轉化为鼓形繞組	167
§ 10-3 单迭繞組	169
§ 10-4 复迭繞組	174
§ 10-5 单波繞組	176
§ 10-6 复波繞組	180
§ 10-7 直流机电枢繞組的均压綫	182
§ 10-8 混合繞組	189
§ 10-9 槽內每层元件边 u 大于 1 的情况	191
§ 10-10 应用电势多边形的方法来分析电枢繞組	192
§ 10-11 各种繞組的应用范围	195
§ 10-12 繞組的感应电势	195
§ 10-13 結語	198
第十一章 直流发电机	199
§ 11-1 直流发电机的用途及分类	199
§ 11-2 直流发电机的运行原理	200
§ 11-3 直流发电机的运行特性	214
§ 11-4 直流发电机的并联运行	227
§ 11-5 結語	231
第十二章 直流电动机	233
§ 12-1 直流电动机的用途及分类	233
§ 12-2 直流电动机的运行原理	234
§ 12-3 直流电动机的运行性能	239
§ 12-4 直流电机的制动	254
§ 12-5 結語	257
第十三章 換向	259

§ 13-1 概述·····	259
§ 13-2 换向的电磁理论·····	261
§ 13-3 产生火花的原因·····	268
§ 13-4 改善换向的方法·····	271
§ 13-5 调整换向的方法·····	275
§ 13-6 直流机的环火现象·····	278
§ 13-7 結語·····	281
第十四章 特殊直流电机·····	282
§ 14-1 概述·····	282
§ 14-2 单极电机·····	283
§ 14-3 电机放大机·····	284
§ 14-4 結語·····	291
主要参考书·····	292
附录·····	293
一、关于变压器的基本公式·····	293
二、用对称分量解三相变压器不对称运行的方法·····	296
三、自耦变压器的等值电路和短路阻抗·····	300
习题·····	304
变压器习题·····	304
直流机习题·····	315

3-10102

目 录

第三篇 同步电机

第十五章 同步电机概論	327
§ 15-1 概述	327
§ 15-2 同步电机的基本类型及其结构	330
§ 15-3 同步电机的发展概况	342
§ 15-4 結語	344
第十六章 同步电机的磁路、电枢繞組及电势	346
§ 16-1 概述	346
§ 16-2 同步电机的磁路	346
§ 16-3 对电枢繞組的要求及繞組結構	350
§ 16-4 导綫中的电势	352
§ 16-5 綫匝及元件中的电势	355
§ 16-6 整数槽繞組的电势	360
§ 16-7 齿諧波电势	370
§ 16-8 分数槽繞組	373
§ 16-9 結語	378
第十七章 电枢繞組的磁势	380
§ 17-1 概述	380
§ 17-2 一匝及元件的磁势	381
§ 17-3 相繞組的磁势	386
§ 17-4 三相繞組的磁势, 交流电机的旋轉磁場	392
§ 17-5 三相繞組的諧波磁势及其磁通	399
§ 17-6 三相繞組的磁势图	406
§ 17-7 分数槽三相繞組磁势的概念	408
§ 17-8 漏磁通及漏电抗	410

§ 17-9 結語	417
第十八章 同步发电机的对称运行	419
§ 18-1 概述	419
§ 18-2 无載特性	421
§ 18-3 对称負載时的电枢反应	422
§ 18-4 時間向量图与空間向量图	430
§ 18-5 对称負載时的向量图	432
§ 18-6 电压变化率及其求法	438
§ 18-7 短路特性和短路比	441
§ 18-8 負載特性	443
§ 18-9 发电机的运行特性	446
§ 18-10 参数的实验求法	447
§ 18-11 标么值	451
§ 18-12 結語	455
第十九章 同步发电机的不对称运行	457
§ 19-1 概述	457
§ 19-2 发电机不对称运行的分析	458
§ 19-3 发电机不对称短路的分析	465
§ 19-4 发电机不对称負載的分析	469
§ 19-5 不对称运行对发电机的影响	471
§ 19-6 不对称运行的高频干扰	472
§ 19-7 阻尼繞組在不对称运行中的作用	473
§ 19-8 結語	474
第二十章 同步发电机的突然短路	475
§ 20-1 概述	475
§ 20-2 突然短路分析的理論基础——超导体迴路的概念	475
§ 20-3 三相突然短路分析	478
§ 20-4 不对称突然短路	496
§ 20-5 突然短路与同步电机及电力系统的关系	500
§ 20-6 結語	504
第二十一章 同步发电机的并联运行	505

§ 21-1 概述·····	505
§ 21-2 并联条件及方法·····	506
§ 21-3 同步发电机与无穷大电网并联运行·····	512
§ 21-4 同步发电机与相近容量的电网并联运行·····	523
§ 21-5 結語·····	526
第二十二章 同步电动机及补偿机·····	527
§ 22-1 同步电动机·····	527
§ 22-2 反应式同步电动机·····	535
§ 22-3 补偿机·····	537
§ 22-4 結語·····	540
第二十三章 同步电机的振荡·····	541
§ 23-1 概述·····	541
§ 23-2 同步电机在振荡过程中力矩平衡方程式·····	544
§ 23-3 同步电机的自由振荡·····	547
§ 23-4 同步电机的强制振荡·····	547
§ 23-5 結語·····	550
第二十四章 同步电机的损耗、效率、发热和冷却·····	551
§ 24-1 概述·····	551
§ 24-2 大型同步机的损耗和效率·····	552
§ 24-3 大型同步机的发热与冷却·····	557
§ 24-4 結語·····	567

第四篇 异步电机

第二十五章 异步电机概論·····	568
§ 25-1 异步电机的用途·····	568
§ 25-2 基本工作原理及运行中的問題·····	569
§ 25-3 异步机的分类和主要結構部件·····	572
§ 25-4 异步电机的发展概况·····	577
§ 25-5 我国生产的异步机的型号·····	578
§ 25-6 結語·····	579
第二十六章 异步电机运行原理·····	580

§ 26-1 概述·····	580
§ 26-2 异步机在轉子不动时的情况及其基本原理·····	581
§ 26-3 异步机在旋轉时的情况及其基本方程式及等值电路·····	589
§ 26-4 异步机的等值电路及其簡化·····	593
§ 26-5 鼠籠轉子的参数及折合·····	596
§ 26-6 异步机的力矩·····	600
§ 26-7 力矩的实用公式·····	605
§ 26-8 异步机的运行特性·····	606
§ 26-9 結語·····	611
第二十七章 异步机的圓图·····	613
§ 27-1 概述·····	613
§ 27-2 异步机的簡單圓图·····	615
§ 27-3 由无載及短路試驗作出簡單圓图·····	618
§ 27-4 由簡單圓图确定异步机的运行特性·····	624
§ 27-5 柯斯琴柯的較准确圓图·····	631
§ 27-6 結語·····	633
第二十八章 三相异步电动机的起动·····	634
§ 28-1 概述·····	634
§ 28-2 鼠籠式电动机的起动·····	635
§ 28-3 有較高起动力矩的鼠籠式电动机·····	639
§ 28-4 繞綫式电动机的起动·····	647
§ 28-5 异步电机的附加力矩和对起动的影響·····	648
§ 28-6 同步电动机的异步起动·····	653
§ 28-7 結語·····	655
第二十九章 三相异步电动机的調速·····	657
§ 29-1 概述·····	657
§ 29-2 变更电压 U_1 的調速·····	657
§ 29-3 变更极对数的調速·····	658
§ 29-4 变更頻率的調速·····	664
§ 29-5 变更轉子串联电阻的調速·····	665
§ 29-6 串級联接的調速·····	665

§ 29-7 結語	668
第三十章 异步机的其它运行方式	669
§ 30-1 概述	669
§ 30-2 异步发电机的原理	669
§ 30-3 异步发电机的运行	672
§ 30-4 异步机的制动	675
§ 30-5 移相器	678
§ 30-6 感应調压器	679
§ 30-7 結語	682
第三十一章 单相异步电动机	684
§ 31-1 概述	684
§ 31-2 单相电动机的工作原理	684
§ 31-3 单相电容器电动机	690
§ 31-4 遮极电动机	693
§ 31-5 結語	693

第五篇 交流整流子电机

第三十二章 三相整流子电机	695
§ 32-1 概述	695
§ 32-2 三相整流子电机中的几个共同問題	696
§ 32-3 异步电动机副边串入附加电势	700
§ 32-4 三相并联整流子电动机	703
§ 32-5 三相串联整流子电动机	708
§ 32-6 相位补偿机	712
§ 32-7 变频器	716
§ 32-8 三相整流子发电机	717
§ 32-9 异步电动机的串級联接	721
§ 32-10 結語	722
第三十三章 单相整流子电动机	723
§ 33-1 概述	723
§ 33-2 单相整流子电动机的电势、力矩及換向	723

§ 33-3 串联电动机	727
§ 33-4 推斥电动机	730
§ 33-5 結語	735
主要参考书	736
附录	737
四、关于繞組系数的符号	737
五、异步机的基本原理(瞬时值法)	740
六、电机的力矩	747
七、电机中的慣例	756
习题	758
同步电机习题	758
异步电机习题	789

緒 論

1. 电机制造工业的发展及其在国民經济中的作用

自从 1820 年, 奥斯特发现了, 随后安培总结了电流在磁場中的机械力之后, 电动机的雛形就出現在实验室里。同样, 自 1831 年法拉第提出了电磁感应定律后, 各种各样的发电机雛形也先后出現。当时所提出的电动机和发电机远远不同于現代的构造, 与其称之为电机还不如称之为仪器。由于电灯的发明, 发电机有了工业上的用途, 直流发电机找到了发展的基础。这时交流单相发电机也已出現。为了扩大饋电区域, 使有可能集中发电, 形成中央发电站, 激发了变压器的出現和发展。直到十九世紀末叶, 工业上的主要动力还是来自蒸汽机和水輪机。最初的电动机是由电池供电的, 随后由直流发电机供电。但直流供电受到距离的限制, 其发展也同时受到限制。当时的单相交流电动机(异步机)不能自己起劲, 必須用其它方法先把它轉起来才能发生力矩, 这在工业应用上很不方便。直到 1885 年, 費拉里斯提出了二相交流异步机的模型, 在以后的年代中得到了一定的应用。到 1888 年, 多利沃-多勃罗沃尔斯基提出了三相制和三相异步机, 这才奠定了交流电动机在工业上应用的基础。自 1891 年三相制开始使用起, 工业上的动力很快地为电动机所代替。以上简单的叙述虽不能說明电机发展中的多方面問題, 但可以看出它的发展是有一定規律的, 整个經济的发展是它的基础, 而科学技术的发展反过来又起了促进作用。

在这里不准备詳細討論电机中的科学技术問題, 但了解一下在电机发展中遇到了哪些性质的科学技术問題还是有益的。

最先遇到的是电磁方面的問題。一台电机总是有电压、电流、功率、力矩、轉速和效率, 我們必須能够計算这些量, 通过这些量提出它的規格和性能, 只有这样才能正确地去运用它。这些量的計