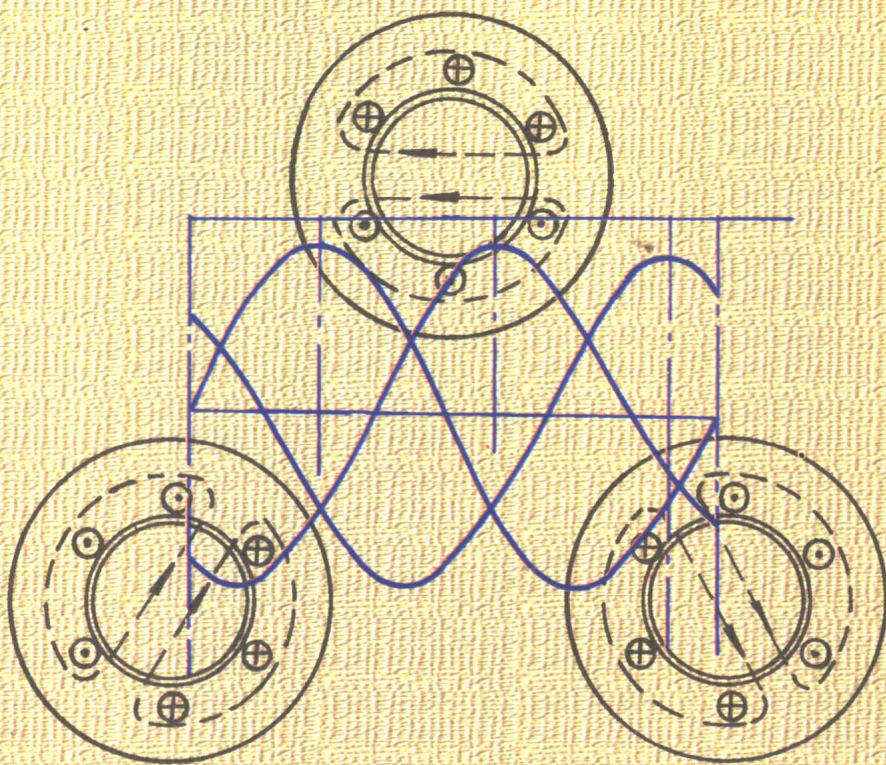


电机学

王正茂 阎治安 崔新艺 苏少平 编著



西安交通大学出版社

电 机 学

王正茂 阎治安 编著
崔新艺 苏少平

西安交通大学出版社

内容简介

本书主要阐述电气自动化和电力系统中常用的直流电机、变压器、异步电机和同步电机的基本原理、结构及运行性能,并对电机实验和电机控制的内容作了一定介绍,以便适应教学改革发展的实际需要。书中各章均附有小结、习题及思考题。本书编写方针是:推陈出新,博采众长,通俗实用,承上启下。为学好各专业后续课程打好坚实的基础。

本书可作为高等学校电工技术类各专业的教材,亦可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机学/王正茂等编著.-西安:西安交通大学出版社,2000.9

ISBN 7-5605-1301-8

I. 电… II. 王… III. 电机学 IV. TM3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 69716 号

*

西安交通大学出版社出版发行

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码:710049 电话:(029)2668316)

西安建筑科技大学印刷厂印装

各地新华书店经销

*

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:17 字数:401 千字

2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷

印数:0 001~3 000 23.00 元

若发现本社图书有倒页、白页、少页及影响阅读的质量问题,请去当地销售部门调换或与我社发行科联系调换。发行科电话:(029)2668357,2667874

前 言

本书为满足教学改革的需要,以全国高等学校电工技术类专业教材编审委员会通过的教学大纲为根据,为适应大学电气工程类各专业面要拓宽的思路而编写,适用于电力系统及其自动化、电机电器及其控制、高电压技术及绝缘、工业自动化、水利电力、农电等系或专业。通过本课程的学习,使学生能掌握几种典型电机的结构、原理、特性和应用,并学会其实验方法,提高操作技能,并且在实际工作中能达到对电机合理使用、正确选择、排除简单故障的目的。

本书由西安交通大学电机教研室王正茂(编写“异步电机”篇及有关异步电机和同步电机共同部分的内容)、阎治安(编写“变压器”篇和“电机的发热和冷却过程”一章及“电机学概述”)、崔新艺(编写“直流电机”篇)、苏少平(编写“同步电机”篇)四位老师合作编写。全书由王正茂、阎治安老师负责联系、组织编写工作。在编写过程中比较系统地总结了交通大学历年来在“电机学”方面的教学经验,广泛听取了教研室其他教师的意见。参考了本校教材和近十多年来我校一直采用的汪国梁教授主编的《电机学》教材。本书由上海交通大学金如鳞教授主审,参加审阅工作的还有顾积栋、鱼振民、曾捷、高琳等老师,他们都为本书提出过许多宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,殷切希望读者批评指正。

编 者

2000年5月

目 录

电机学概述

第一篇 直流电机

第 1 章 直流电机的工作原理和结构

1.1 直流电机的工作原理	(6)
1.1.1 直流发电机的工作原理	(6)
1.1.2 直流电动机的工作原理	(8)
1.2 直流电机的结构	(9)
1.2.1 定子	(9)
1.2.2 转子	(11)
1.3 电枢绕组	(12)
1.4 直流电机的额定值	(14)
本章小结	(15)
习题与思考题	(15)

第 2 章 直流电机的基本理论

2.1 直流电机的励磁方式	(16)
2.2 空载时直流电机的磁场	(17)
2.3 负载时直流电机的磁场	(17)
2.4 电枢绕组中的感应电势	(20)
2.5 直流电机的电势平衡方程	(21)
2.5.1 直流发电机的电势平衡方程	(21)
2.5.2 直流电动机的电势平衡方程	(21)
2.6 电磁转矩	(22)
2.7 直流电机中的损耗和功率平衡方程	(23)
2.7.1 直流电机中的损耗	(23)
2.7.2 直流发电机的功率平衡方程	(23)
2.7.3 直流电动机的功率平衡方程	(24)
本章小结	(25)
习题与思考题	(26)

第3章 直流发电机

3.1 他励直流发电机的运行特性	(27)
3.1.1 开路特性	(27)
3.1.2 外特性	(27)
3.2 并励直流发电机的运行特性	(28)
3.2.1 并励直流发电机的建压条件	(28)
3.2.2 开路特性	(29)
3.2.3 外特性	(29)
3.3 复励直流发电机的运行特性	(29)
3.3.1 开路特性	(30)
3.3.2 外特性	(30)
本章小结	(30)
习题与思考题	(31)

第4章 直流电动机

4.1 直流电动机的起动	(32)
4.1.1 电枢回路串电阻起动	(32)
4.1.2 他励直流电动机降低电枢回路电压起动	(32)
4.2 他励直流电动机的工作特性	(33)
4.2.1 转速特性	(33)
4.2.2 转矩特性	(33)
4.2.3 效率特性	(34)
4.3 他励直流电动机的机械特性	(34)
4.3.1 机械特性方程式	(34)
4.3.2 固有机械特性	(34)
4.3.3 人为机械特性	(34)
4.4 串励直流电动机的机械特性	(36)
4.5 复励直流电动机的机械特性	(36)
4.6 负载的机械特性	(37)
4.6.1 恒转矩负载	(37)
4.6.2 泵类负载	(37)
4.6.3 恒功率负载	(38)
4.7 电动机稳定运行的条件	(38)
4.8 他励直流电动机的调速方法	(40)
4.8.1 改变电枢电压调节转速	(40)
4.8.2 调节励磁回路电阻,改变励磁电流 I_f 调节转速	(41)
4.8.3 电枢回路串入调节电阻调节转速	(41)
4.8.4 改变电动机转向的方法	(42)

4.9 直流电动机的制动·····	(43)
4.9.1 能耗制动·····	(43)
4.9.2 反接制动·····	(44)
4.9.3 回馈制动·····	(46)
4.10 直流电机的换向 ·····	(47)
本章小结 ·····	(48)
习题与思考题 ·····	(49)

第二篇 变压器

第5章 变压器的结构、原理及额定值

5.1 变压器的用途和工作原理·····	(52)
5.2 变压器的结构及类型·····	(53)
5.2.1 绕组·····	(53)
5.2.2 铁心·····	(54)
5.2.3 油箱和冷却装置·····	(57)
5.2.4 总体结构·····	(58)
5.3 变压器的额定值·····	(58)
本章小结 ·····	(59)
习题与思考题 ·····	(59)

第6章 变压器的运行分析

6.1 变压器的空载运行·····	(61)
6.1.1 变压器空载运行时的物理分析·····	(61)
6.1.2 磁通和电势、电压的相互关系 ·····	(62)
6.1.3 变压器的变比 k 和电压比 K ·····	(63)
6.1.4 变压器空载运行时的等效电路和相量图·····	(64)
6.2 变压器的负载运行·····	(65)
6.2.1 变压器负载时的磁势平衡方程式·····	(65)
6.2.2 负载运行时的电势平衡方程式·····	(66)
6.3 变压器的等效电路和相量图·····	(67)
6.3.1 变压器的折算法·····	(67)
6.3.2 变压器负载运行时的等效电路·····	(68)
6.3.3 变压器负载运行的相量图·····	(70)
6.4 变压器的参数测量和标么值·····	(71)
6.4.1 变压器的空载试验·····	(71)
6.4.2 稳态短路试验·····	(72)
6.4.3 标么值·····	(73)

6.5 变压器运行时副边电压的变化和调压装置·····	(74)
6.5.1 电压调整率·····	(74)
6.5.2 变压器的调压装置·····	(76)
6.6 变压器的损耗和效率·····	(76)
6.6.1 变压器的损耗·····	(76)
6.6.2 效率·····	(77)
本章小结·····	(82)
习题与思考题·····	(83)

第7章 三相变压器

7.1 三相组式和芯式变压器·····	(85)
7.1.1 三相组式变压器·····	(85)
7.1.2 三相芯式变压器·····	(85)
7.2 三相变压器的联结组·····	(86)
7.2.1 原、副绕组感应电势之间的相位关系(即单相变压器的联结组)·····	(86)
7.2.2 三相变压器联结组·····	(87)
7.2.3 三相变压器的标准联结组·····	(90)
7.3 三相变压器的励磁电流和电势波形·····	(91)
7.3.1 单相变压器励磁电流的波形·····	(91)
7.3.2 三相变压器不同联结组中的电势波形·····	(92)
7.4 变压器的并联运行·····	(93)
7.5 三相变压器的不对称运行·····	(97)
7.5.1 对称分量法的原理·····	(97)
7.5.2 Y, y_n 联结变压器的单相短路·····	(99)
本章小结·····	(101)
习题与思考题·····	(101)

第8章 三绕组变压器、自耦变压器和互感器

8.1 三绕组变压器·····	(103)
8.1.1 结构和用途·····	(103)
8.1.2 三绕组变压器的特性·····	(103)
8.2 自耦变压器·····	(104)
8.2.1 定义·····	(104)
8.2.2 变比 k_a ·····	(105)
8.2.3 磁势平衡·····	(105)
8.2.4 容量关系·····	(105)
8.2.5 传导容量和电磁容量·····	(106)
8.3 互感器·····	(106)
8.3.1 电流互感器·····	(107)

8.3.2 电压互感器	(107)
本章小结	(108)
习题与思考题	(108)

第9章 变压器的暂态运行

9.1 变压器空载合闸	(109)
9.2 变压器暂态短路	(111)
9.2.1 副绕组突然短路时的短路电流	(111)
9.2.2 暂态短路时的机械力	(112)
9.3 过电压现象	(113)
本章小结	(114)
习题与思考题	(114)

第三篇 异步电机

第10章 异步电机的结构及绕组

10.1 异步电机的结构及额定值	(116)
10.1.1 定子	(116)
10.1.2 气隙	(117)
10.1.3 转子	(118)
10.1.4 异步电动机的型号及额定值	(119)
10.2 交流电机定子绕组	(119)
10.2.1 与绕组有关的几个基本概念	(119)
10.2.2 三相单层绕组	(120)
10.2.3* 三相双层叠绕组	(125)
本章小结	(126)
习题与思考题	(127)

第11章 交流电机定子绕组的电势与磁势

11.1 交流电机定子绕组感应电势	(128)
11.1.1 导体中的感应电势	(128)
11.1.2 线圈中的电势	(130)
11.1.3 单层绕组的电势	(132)
11.1.4 双层绕组的电势	(134)
11.2 交流电机定子单相绕组中的磁势	(135)
11.2.1 整距集中绕组的磁势	(135)
11.2.2 矩形波磁势的谐波分析法	(136)
11.2.3 整距分布绕组的磁势及分布系数	(138)

11.2.4 双层短距绕组的磁势及短距系数·····	(139)
11.3 三相绕组基波旋转磁势·····	(140)
11.3.1 三相绕组中的单相磁势·····	(141)
11.3.2 用数学方法求合成磁势·····	(141)
11.3.3 关于三相基波合成磁势的结论·····	(142)
11.4 异步电机中的主磁通、漏磁通及漏电抗·····	(144)
11.4.1 主磁通·····	(144)
11.4.2 漏磁通及漏电抗·····	(144)
11.4.3 影响漏电抗大小的因素·····	(144)
本章小结·····	(145)
习题及思考题·····	(146)

第 12 章 异步电机的分析方法

12.1 异步电动机的工作原理·····	(148)
12.1.1 异步电动机是如何转动起来的·····	(148)
12.1.2 异步电动机的电势平衡方程式·····	(149)
12.1.3 异步电动机的磁势平衡规律·····	(151)
12.2 异步电动机的等效电路及其简化·····	(153)
12.2.1 把转子旋转的异步电动机折算为转子静止的异步电动机·····	(153)
12.2.2 异步电动机转子绕组的量折算到定子绕组·····	(154)
12.2.3 异步电动机相量图·····	(156)
12.2.4 等效电路的简化·····	(156)
12.3 异步电动机的功率平衡及转矩平衡关系·····	(156)
12.3.1 功率平衡方程式及效率·····	(157)
12.3.2 转矩平衡方程式·····	(158)
12.4 异步电动机的电磁转矩和机械特性·····	(161)
12.4.1 电磁转矩·····	(161)
12.4.2 机械特性·····	(162)
12.4.3 异步电动机的最大转矩和过载能力·····	(162)
12.4.4 异步电动机的起动转矩·····	(163)
12.4.5 转矩的实用公式·····	(165)
12.5 异步电动机工作特性的分析·····	(166)
本章小结·····	(168)
习题与思考题·····	(169)

第 13 章 三相异步电动机的起动及速度调节

13.1 对异步电动机的起动要求及起动方法选用原则·····	(171)
13.1.1 对异步电动机起动的要求·····	(171)
13.1.2 决定异步电动机起动方法的原则·····	(171)

13.2 鼠笼式异步电动机直接起动·····	(172)
13.3 鼠笼式异步电动机降压起动·····	(172)
13.3.1 定子绕组串电阻或电抗降压起动·····	(172)
13.3.2 星-三角(Y/△)起动·····	(173)
13.3.3 应用自耦变压器(起动补偿器)起动·····	(174)
13.4 绕线式异步电动机的起动·····	(174)
13.4.1 转子串电阻分级起动(三级起动)·····	(175)
13.4.2 转子串联频敏变阻器起动·····	(176)
13.5 异步电动机的调速方法·····	(177)
13.6 异步电动机变极调速·····	(177)
13.6.1 如何实现异步电动机定子绕组极对数的改变—单绕组变极电机·····	(177)
13.6.2 双绕组变极电机——大速比双速电机·····	(178)
13.6.3 单绕组变极电动机的转动方向问题·····	(178)
13.6.4 不同的改接方法时,电动机功率及转矩的变化·····	(179)
13.6.5 变极电机切换时注意事项·····	(180)
13.7 异步电动机变频调速·····	(181)
13.7.1 从基频向下变频调速·····	(181)
13.7.2 从基频向上变频调速·····	(184)
13.8 绕线式转子异步电动机调速·····	(186)
13.8.1 在转子回路中串电阻调速·····	(186)
13.8.2 在转子回路接入附加电势调速——串级调速·····	(187)
本章小结·····	(189)
习题与思考题·····	(189)

第14章 单相异步电动机

14.1 单相异步电动机原理、性能及分类·····	(192)
14.1.1 一相定子绕组通电时的机械特性·····	(192)
14.1.2 两相绕组通电时的机械特性·····	(193)
14.1.3 各种类型的单相异步电动机·····	(194)
14.2 单相异步电动机定子绕组·····	(198)
14.2.1 单层同心式绕组·····	(198)
14.2.2 双层绕组·····	(198)
14.2.3 正弦绕组·····	(198)
本章小结·····	(200)
习题与思考题·····	(200)

第四篇 同步电机

第 15 章 同步电机原理和结构

15.1 同步发电机原理简述·····	(202)
15.1.1 结构模型·····	(202)
15.1.2 工作原理·····	(202)
15.1.3 同步电机的运行方式·····	(203)
15.2 同步发电机的型式与结构·····	(203)
15.2.1 两种基本型式·····	(203)
15.2.2 同步电机的结构特点·····	(204)
15.2.3 同步电机励磁方式简介·····	(205)
15.3 同步电机额定值和型号·····	(206)
15.3.1 额定值·····	(206)
15.3.2 国产同步电机型号·····	(207)
本章小结·····	(207)
习题与思考题·····	(207)

第 16 章 同步发电机对称运行分析

16.1 空载运行分析·····	(208)
16.1.1 空载气隙磁场·····	(208)
16.1.2 空载特性·····	(209)
16.2 负载运行和电枢反应分析·····	(210)
16.2.1 负载后的磁势分析·····	(210)
16.2.2 电枢反应·····	(210)
16.2.3 电枢反应电抗和同步电抗·····	(212)
16.3 同步发电机的电势方程式及相量图·····	(213)
16.4 同步发电机的负载特性和电抗测定·····	(215)
16.4.1 短路特性·····	(215)
16.4.2 利用短路特性和空载特性求取同步电抗·····	(215)
16.4.3 零功率因数负载特性·····	(215)
16.4.4 利用零功率因数特性和空载特性求取同步电抗和漏抗·····	(216)
16.4.5 外特性和电压调整率·····	(217)
本章小结·····	(217)
习题与思考题·····	(219)

第 17 章 同步发电机并网运行

17.1 并联条件及其方法·····	(220)
--------------------	-------

17.2 功角特性及有功功率调节·····	(222)
17.2.1 功率平衡与功角概念·····	(224)
17.2.2 功角特性·····	(224)
17.2.3 有功功率的调节·····	(225)
17.3 并网运行时无功功率的调节·····	(227)
本章小结·····	(228)
习题与思考题·····	(230)

第 18 章 同步电动机

18.1 同步电动机工作原理·····	(232)
18.2 同步电动机电势方程式和相量图·····	(233)
18.3 同步电动机的优缺点·····	(233)
18.4 同步电动机的功角特性·····	(234)
18.5 同步电动机的异步起动·····	(235)
18.6 磁阻同步电动机 * ·····	(236)
18.7 开关磁阻电动机 * ·····	(237)
本章小结·····	(238)
习题与思考题·····	(238)

第 19 章 同步发电机不对称运行和暂态过程

19.1 不对称运行的分析方法·····	(240)
19.2 发电机稳态不对称短路分析·····	(242)
19.2.1 单相线对中性点短路·····	(242)
19.2.2 两相线对线短路·····	(243)
19.3 三相突然短路的分析·····	(244)
19.3.1 分析的基本方法——超导回路磁链不变原则·····	(244)
19.3.2 三相突然短路的物理过程·····	(244)
19.3.3 瞬态短路时的电抗·····	(246)
19.4 突然短路电流·····	(246)
19.5 同步电机的振荡·····	(247)
19.6 不对称运行和突然短路的影响·····	(249)
19.6.1 不对称运行的影响·····	(249)
19.6.2 突然短路的影响·····	(249)
本章小结·····	(250)
习题与思考题·····	(250)

第 20 章 电机的发热和冷却过程

20.1 电机的发热与冷却过程·····	(251)
20.1.1 电机内部散热·····	(251)

20.1.2 电机的发热过程.....	(252)
20.1.3 电机的冷却过程.....	(253)
20.2 电机用绝缘材料和电机的定额.....	(253)
20.2.1 电机中常用绝缘材料及其容许的温度限值.....	(253)
20.2.2 电机的定额.....	(254)
20.3 电机的冷却方式简述.....	(255)
本章小结.....	(256)
参考文献	(257)

电机学概述

课程一开始,初学者首先急于要了解的是“为什么学?学什么?怎么学?”的问题,也是第一次课要解决的问题。解决了这一问题可以为学好“电机学”起到坚定信心、提高兴趣的作用。

1. 什么是“电机”?什么是“电机学”?

电机是一种利用电磁感应原理进行机电能量转换或信号传递的电气设备或机电元件。电机学是阐述电机基本理论的学科。

2. 为什么要学习“电机学”?

这是由于电机在国民经济中的广泛应用和该课程与其它课程的紧密联系所决定的。例如:

(1) 电机在电力系统中的作用。同步发电机是电力系统的电源,变压器是输、配电的关键设备,异步电动机是电厂各种转动机械的原动机,直流电机在电厂某种场合起重要作用。所以,电机是电力系统中地位极为重要,应用非常普遍的设备。这充分说明电机和电力工业的发展是息息相关的。

(2) 工厂里“车、铣、刨、磨、钻、镗、钻”等机床靠电动机来拖动。

(3) 交通运输中的电力机车和无轨电车也是用电动机来拖动。

(4) 农村脱粒机、收割机、磨面机、抽水机等更离不开使用电机。

(5) 文教、医疗系统中的不少设备靠电机运行来达到育人和治病救人的目的。

(6) 国防上雷达天线和人造卫星的自动控制系统也要用许许多多的叫控制电机的小电机来作为元件进行工作和执行命令。

(7) 日常生活中的家用电器绝大多数都离不开电机。

这就足以说明电机的广泛应用已渗透到国民经济的各个领域。

对于电力系统自动化专业的技术人员,必然要从事电力系统稳定性研究,但若不了解电力系统的电源——同步发电机的特性,也就不能搞好稳定性问题;对于从事工业电气自动化专业的技术人员,若搞不清楚所控制的对象和各类电动机的特性,也谈不上搞好自动控制的问题。这说明,“电机学”课程是学好后续各专业课程的重要技术基础课。

3. “电机学”课程的内容和电机的类型

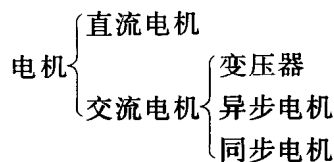
(1) 内容 普通电机学课程通常选择4种典型电机——变压器、直流电机、异步电机和同步电机,来进行理论分析。重点讲述这4种电机的原理、结构、特性和应用。

(2) 电机的类型有多种划分方法,通常按以下几种类型来划分:

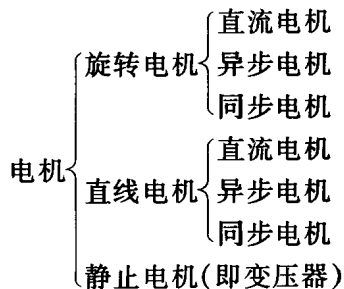
① 从能量角度划分

电机	发电机	(机械能→电能)
	电动机	(电能→机械能)
	变压器	(一种形式的电能→另一种形式的电能)

② 从原理角度划分



③ 从运动方式划分



④ 从使用场合看还可将电机分为潜水电机、防爆电机、航空电机等。

此外,还可以外形(防护式、开启式、封闭式)、额定电压、相数、转速来分类。本书基本上是按照原理来分类的,所以,我们可按照直流电机、变压器、异步电机(或叫感应电机)和同步电机的顺序来学习。

4. 如何学习“电机学”?

(1) 课程特点

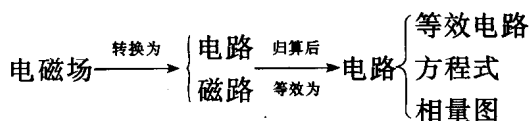
电机学是一门既带基础性又带专业性的课程。通常在学习电机学之前的课程主要是基础理论课,之后一般是专业性课程。故电机学是一门从理论课学习转变到专业课学习的过渡课程,具有承上启下的作用。在基础课(例如高数、电路等课程)中所讨论的一般都是逻辑性较强、条件较单纯的问题。在专业课中所遇到的一般却是综合性问题,考虑的因素比较复杂,要考虑工艺、标准、经济等实际问题。其学习方法也是有所不同的,例如,“电机学”的计算题目中有时会出现多余条件以及有的数据只能从查曲线获得。希望读者能尽快适应该课程的学习。

(2) 学习方法

分析电机问题,主要是结合电机的构造及其工作原理,研究电机内部的电磁现象,找出某种电机的电磁规律;在定性分析的基础上,根据物理学电磁感应定律导出电机各电、磁的量的关系,再对电机进行定量的分析;此外,要紧密联系电机实验,认真分析和解决实验中的问题,从而提高分析、解决实际问题的能力。

电机的运行有两个过程,即稳态运行和暂态运行。

稳态运行是本书的重点,即本书是以稳态为主进行分析的。严格地讲,电机内部的理论属于“电磁场”问题。但是,电磁场的理论分析和计算比较复杂,不利于掌握,随着电机技术的发展,习惯上采用比较简便的方法,那就是把“场”的问题转换成“路”(即电路和磁路)的问题。电机学的经典方法是把电路和磁路又统一为一种电路问题,即归算后的等效电路。其分析方法就是:等效电路、方程式和相量图。其过程表示如下:



这是分析交流电机方法的共性。而直流电机也用等效电路和方程式的方法,只是没有相量图而已。如果这里的方程式是指电势平衡方程式,对交流电机而言,等效电路、方程式和相量图是一致的,知道了其中之一,可以推导出另外两个。如果这里的方程式理解为电势平衡、转矩平衡、功率平衡、磁势平衡方程式,也是“电机学”研究电机的一种必要方法,又是学习各种电机的重点内容。每学完一种电机,这些方程式都应熟练掌握,灵活应用。要比较深入地分析电机理论,还要用到谐波分析法和对称分量法等。

学习“电机学”要不断总结共性,以上“电路”等效的方法和几种平衡方程式的方法可以说是共性之一。此外,电机的原理和结构也有着典型的共性,其理解过程如下:

$$\begin{aligned} \text{电机原理} & \begin{cases} e = Blv (\text{右手定则}) \text{ 或 } e = -N \frac{d\Phi}{dt} \\ f = Bli (\text{左手定则}) \end{cases} \\ \text{电机结构} & \begin{cases} \text{电磁部分} \begin{cases} \text{绕组} \text{——导通电路作用} \\ \text{铁心} \text{——导磁作用} \end{cases} \\ \text{机械部分} \text{——支撑作用} \end{cases} \end{aligned}$$

无论电机是什么形式,大小如何,而电机原理无非建立在两个物理关系式之上,即:(1)电势公式 $e = Blv$ 或 $e = -N \frac{d\Phi}{dt}$,前者为切割电势,后者为变压器电势,方向分别用右手定则和右螺旋定则判断;(2)电磁力公式 $f = Bli$,方向用左手定则判断。无论电机结构多么复杂,它是由两大部分即电磁部分和机械部分所组成。电磁部分即导电的绕组和导磁的铁心,是核心部分。

掌握了电机的共性,同时又注意到各种电机的个性,再结合实验、答疑和做一定数量的习题,学习起来就会转难为易、兴趣颇浓了。

5. 有关的磁路知识简介

从物理学知,电流 I 产生磁场 H ,磁场与磁通变化有关,电流通过导体流动,磁通通过铁心流动,电路和磁路分别有各自的欧姆定律。其分析过程如下:

