



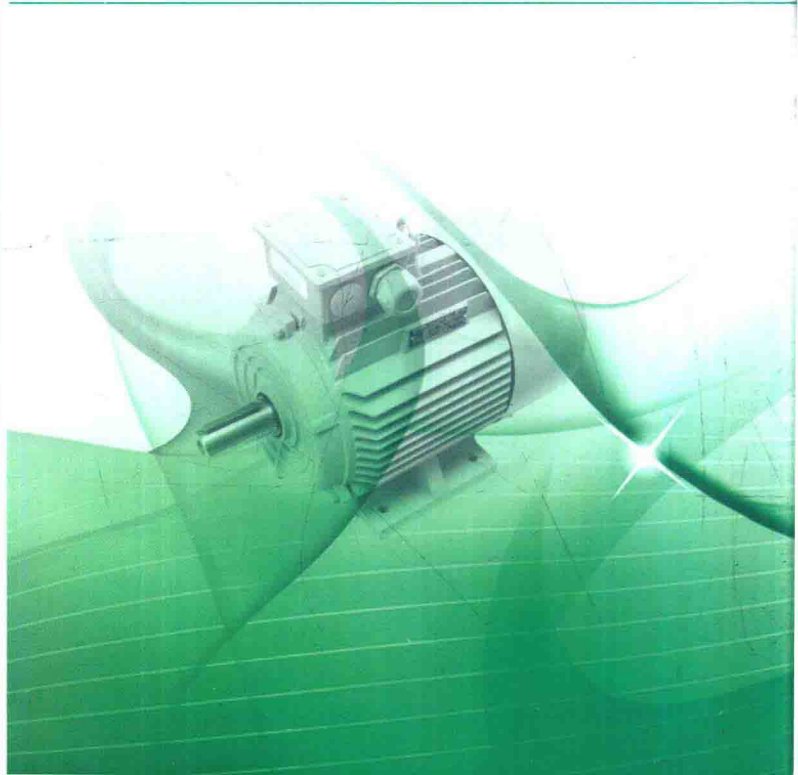
面向“十三五”高等教育规划教材

电机与拖动

(本书配DVD-ROM光盘)

刘翠玲 孙晓荣 于家斌 / 编著

DIANJI YU TUODONG



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十三五”高等教育规划教材

电机与拖动

刘翠玲 孙晓荣 于家斌 编著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书主要介绍电机与拖动基本理论和基础知识。作者根据多年的教学经验和体会,将《电机与拖动》基本内容分为绪论和12章,主要介绍直流电机的原理结构与拖动基础、变压器的原理与运行、交流电机原理与拖动、控制电机与电机选择等内容。与生产实际结合,以现代影视制作手段和多媒体技术,在电机制造现场,录制制作了“交流异步电机制造工艺”“直流电机制造工艺”教学片,制成配套的多媒体课件,有全套的教学资料,既便于学生更好地了解电机的结构原理,又便于教师以各种灵活的方式讲授该课程。内容编写由浅入深,每章有例题,后附思考题与习题以及参考答案,便于学生自己预习和复习,符合当前教育教学的指导思想。

本书适合电气工程及其自动化、自动化、机电一体化等非电机专业的“电机与拖动基础”课程教学及从事电气工程、电力系统、电机及控制、水电工程、工业自动化等领域工作的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电机与拖动 / 刘翠玲, 孙晓荣, 于家斌编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2016. 3

ISBN 978 - 7 - 5682 - 1938 - 9

I. ①电… II. ①刘…②孙…③于… III. ①电机②电力传动 IV. ①TM3②TM921

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 042796 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 17

字 数 / 400 千字

版 次 / 2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

定 价 / 42.00 元

责任编辑 / 孟雯雯

文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

序

“电机与拖动”课程团队自从20世纪80年代初为自动化和电气技术专业开设“电机与电力拖动”基础课程以来，至今已经30余年。2009年，该课程组在总结教学经验的基础上，编写了《电机与电力拖动基础》教材。本次的《电机与拖动》就是在2009年教材的基础上修订编著的。

“电机与拖动”课程，一方面原理比较抽象复杂，另一方面又与实际应用紧密结合，对初学者来说不易理解，历来都是难教难学的课程之一。而当前面临的情况是，“电机与拖动”课堂讲授学时数不断缩减，实践的环节也相应减少，但这门课又是我国《工程教育认证标准》中电子信息与电气工程类专业重要的专业基础知识领域课之一。所以，如何让学生在有限的学时和规定的教学模式内掌握应有的知识，如何组织与实施好这门课程，是电机类课程教师们面临的新课题。

针对这些新问题，“电机与拖动”课程团队着眼于人才培养目标的需要，根据教学计划的调整，在多年教学经验的基础上，对“电机与拖动”课程的教学内容、教学方法、教学手段、教学条件等方面进行了全方位的改革，收到了很好的教学效果，也开发出了丰富的教学资料和工具。例如，他们克服种种困难，到电机制造厂录制了电机制造全过程的教学片，制作出多媒体课件及实验教学视频片，解决了学生到工厂实习难、开放性实验实行难的矛盾，为学生学好这门课程提供了有效的手段。在这些高清视频中，电机制造的工艺流程及结构清晰明了，而且镜头的角度、特写的运用和解说等都具有很强的专业性。本教材配备多部高清视频，反映出“电机与拖动”课程团队在“电机与拖动”课程上所花费的大量心血。

这次编著出版的《电机与拖动》，提炼了课程组近几年教学改革的新成果，特别是以“翻转课堂”为指导思路，修订了教学内容，丰富了教学素材，配置了《交流异步电机制造工艺》和《直流电机制造工艺》2部教学片及配套的多媒体课件，可以帮助学生更直观地了解电机的结构原理，便于教师以各种灵活的方式讲授该课程。

新颖的编写方法并配合丰富的教学素材，特色鲜明，深入浅出，便于自学，这样的《电机与拖动》教材，不仅是非常好的教科书，而且对专业人员也是很好的资料，非常具有推广价值。

北京交通大学

2016年1月

“电机与拖动”是研究交直流电机原理及其起动、调速、制动等拖动基础理论、分析方法、基本特性，及变压器运行原理、特性及工程应用等的一门专业基础课程，是电气工程与自动化类专业学生学习多数后续专业课程所必需的主要的技术基础，也是从事电气工程、电力系统、电力拖动、电机及控制、水电工程、工业自动化等领域工作重要的理论和技术基础，其内容给工科专业大学生奠定了扎实的工程实践基础，是当今工科大学唯一不可撼动的强电基础课。本课程理论与实际相结合较紧密，而其原理部分较为抽象复杂，对初学者来说不易理解，历来都是难教难学的课程之一，对后续专业课程易形成瓶颈。随着教育改革的推进，“电机与拖动”课程的计划学时数越来越少，授课方式越来越灵活，如何让学生在规定的学时内掌握应有的知识，又如何教好这门课程，给教师提出了新的难题。

针对上述问题，课程组在多年积累的一线教学经验基础上，着眼于人才培养目标的需要，从2004年对该课程进行了全方位的改革与建设，取得了显著的效果，积累了丰富的授课教学资料和工具。课程组到电机制造厂录制了电机制造的全过程完整教学片，编辑制作配套的多媒体课件及实验教学视频片，解决了学生到工厂实习难、开放性实验实行难的矛盾，为学生学好这门课程提供了有效的手段。2009年，基于多年的授课讲义，课程组出版了第一部教材及配套实验教材：《电机与电力拖动基础》和《电机与电力拖动基础实验视频教程》。该套教材配套了《交流异步电机制造工艺》和《电机与电力拖动基础实验视频指导》2部DVD教学片，反映良好。

本次编著出版的《电机与拖动》，进一步提炼了近几年的教学改革成果，以“翻转课堂”为指导思路，丰富了教学素材，修订了内容，并配置了《交流异步电机制造工艺》和《直流电机制造工艺》2部教学片及配套的多媒体课件，既便于学生更好地了解电机的结构原理，又便于教师以各种灵活的方式讲授该课程。目前市场上还没有此类教材。该书适合电气工程及其自动化、机电一体化等非电机专业的本科、技术学院的课程教学，以及从事电气工程、电力系统、电机及控制、水电工程、工业自动化等领域工作的工程技术人员参考，具有很广阔的推广价值。

《电机与拖动》包含绪论和12章内容，覆盖直流电机的原理结构与

拖动基础、变压器的原理与运行、交流电机原理与拖动、控制电机与电机选择等教学内容，符合当前教育教学的指导思想。编写由浅入深，每章有思考题与习题，便于学生自己预习和复习，是一本实用的教学书籍。

本书由刘翠玲、孙晓荣、于家斌编著。绪论和第1~5章由刘翠玲执笔，第6~9章由孙晓荣执笔，第10~12章由于家斌执笔。北京交通大学范瑜教授对全书进行了审阅，并作序，肯定了该书的特色及教学思想，并提出了许多宝贵的建议。刘翠玲、孙晓荣、于家斌策划了《交流异步电机制造工艺》《直流电机制造工艺》教学片的拍摄和制作，孙晓荣、于家斌、刘欢参加了编辑制作，同时得到了本单位其他相关部门与同志从各方面给予的热情支持和帮助。另外，在编写过程中，参阅了一些国内外相关优秀著作和资料，作者在此一并表示诚挚的谢意。

限于作者水平和实践经验，书中可能存在错误和疏漏，恳请读者批评、指正。

作 者

目 录

CONTENTS

绪论	1
0.1 电机的定义及分类	1
0.2 电机及电力拖动系统在国民经济中的作用	1
0.3 电机及电力拖动系统发展概况	2
0.4 本课程的性质、任务与学习方法	4
0.5 本书常用的电磁概念与定律	4
0.5.1 电路的基本定律	4
0.5.2 磁场的基本知识	5
0.5.3 电磁学的基本定律	6
0.5.4 简单磁路的计算方法	7
0.5.5 铁磁材料的磁化特性	8
思考题与习题	9

第一篇 直流电机与拖动

第1章 直流电机	13
1.1 直流电机的基本工作原理	13
1.1.1 直流发电机的工作原理	13
1.1.2 直流电动机的工作原理	14
1.2 直流电机的主要结构与铭牌	15
1.2.1 直流电机的定子部件	15
1.2.2 直流电机的转子部件	17
1.2.3 直流电机的铭牌数据	18
1.3 直流电机的电枢绕组	18
1.3.1 电枢绕组的基本知识	19

1.3.2	单叠绕组	20
1.3.3	单波绕组	23
1.4	直流电机的励磁方式及磁场	26
1.4.1	直流电机的励磁方式	26
1.4.2	直流电机的空载磁场	27
1.4.3	直流电机负载时的磁场	29
1.4.4	直流电机的电枢反应	31
1.5	直流电机的感应电动势和电磁转矩	32
1.5.1	感应电动势	32
1.5.2	电磁转矩	33
1.6	直流电机的换向	34
1.6.1	直流电机的换向过程	34
1.6.2	改善换向的方法	35
1.7	直流发电机	36
1.7.1	直流发电机的基本方程式	37
1.7.2	直流发电机的运行特性	39
1.8	直流电动机	43
1.8.1	直流电机的可逆原理	43
1.8.2	直流电动机的基本方程式	43
1.8.3	直流电动机的工作特性	44
	思考题与习题	46
第2章	直流电动机的电力拖动	48
2.1	电力拖动系统的动力学基础	48
2.1.1	电力拖动系统的运动方程式	48
2.1.2	负载的转矩特性	50
2.2	他励直流电动机的机械特性	52
2.2.1	机械特性的表达式	52
2.2.2	固有机械特性和人为机械特性	53
2.2.3	机械特性的求取	56
2.2.4	电力拖动系统稳定运行的条件	58
2.3	他励直流电动机的启动	59
2.3.1	电枢回路串联电阻启动	60
2.3.2	降压启动	61
2.4	他励直流电动机的制动	61
2.4.1	能耗制动	62
2.4.2	反接制动	63
2.4.3	回馈制动	66
2.5	他励直流电动机的调速	67
2.5.1	调速指标	67

2.5.2 调速方法	69
2.5.3 调速方式与负载类型的配合	73
思考题与习题	75

第二篇 变压器

第3章 变压器的基本概念	81
3.1 变压器的用途、工作原理及分类	81
3.1.1 变压器的用途	81
3.1.2 变压器的工作原理	81
3.1.3 变压器的分类	82
3.2 变压器的基本结构	83
3.3 变压器的额定值与主要系列	87
思考题与习题	88
第4章 变压器的运行分析	90
4.1 单相变压器的空载运行	90
4.1.1 空载时的磁场	90
4.1.2 电压、电动势和磁通的关系	90
4.1.3 空载电流和空载损耗	92
4.1.4 空载运行时的等效电路和相量图	92
4.2 单相变压器的负载运行	94
4.2.1 负载时的物理状况	94
4.2.2 负载运行时的基本方程式	95
4.2.3 负载运行时的等效电路和相量图	96
4.3 变压器参数的测定	99
4.3.1 空载试验	99
4.3.2 短路试验	100
4.4 标么值	101
4.5 变压器的运行特性	102
4.5.1 变压器的外特性与电压变化率	102
4.5.2 变压器的效率特性	103
思考题与习题	105
第5章 三相变压器	107
5.1 三相变压器的磁路系统	107
5.2 三相变压器的电路系统——连接组别	108
5.2.1 三相变压器绕组的连接法	108
5.2.2 三相变压器的连接组别	110
5.2.3 标准连接组	112

5.3 变压器的并联运行	113
5.3.1 变压器并联运行的理想条件	114
5.3.2 不满足并联运行理想条件时的运行分析	114
思考题与习题	116
第6章 其他特种变压器	118
6.1 自耦变压器	118
6.2 仪用互感器	120
思考题与习题	122

第三篇 交流电机与拖动

第7章 交流电机的定子绕组、磁动势及感应电动势	125
7.1 交流电机的电枢绕组	125
7.1.1 三相交流绕组的基本要求和分类	125
7.1.2 单层绕组	126
7.1.3 双层叠绕组	132
7.2 交流绕组的电动势	133
7.2.1 线圈的感应电动势	133
7.2.2 线圈组电动势	135
7.2.3 相电动势	136
7.2.4 短距绕组与分布绕组对电动势波形的影响	137
7.3 交流绕组的磁动势	138
单相绕组的磁动势——脉振磁动势	138
思考题与习题	143
第8章 异步电动机原理	145
8.1 异步电动机的结构与工作原理	145
8.1.1 异步电动机的结构	145
8.1.2 异步电动机的工作原理	148
8.1.3 异步电动机的铭牌数据	150
8.2 三相异步电动机的空载运行	152
8.2.1 空载运行时的电磁关系	152
8.2.2 空载运行时的电压平衡方程	153
8.3 三相异步电动机的负载运行	154
8.3.1 负载运行时的物理情况	154
8.3.2 负载运行时的电磁关系	156
8.4 三相异步电动机的等效电路和相量图	157
8.4.1 折算	157
8.4.2 异步电动机的等效电路与相量图	159

8.5 三相异步电动机的功率平衡和转矩平衡	160
8.5.1 功率平衡	160
8.5.2 转矩平衡	161
8.6 三相异步电动机的工作特性	162
8.7 三相异步电动机的参数测定	164
8.7.1 空载试验	164
8.7.2 堵转试验	165
思考题与习题	166
第9章 三相异步电动机的电力拖动	168
9.1 三相异步电动机的电磁转矩表达式	168
9.1.1 物理表达式	168
9.1.2 电磁转矩的参数表达式	168
9.1.3 电磁转矩的实用表达式	171
9.2 三相异步电动机的机械特性	171
9.2.1 固有机械特性	171
9.2.2 人为机械特性	172
9.3 三相异步电动机的启动	173
9.3.1 三相笼型异步电动机的启动	173
9.3.2 深槽式及双笼型异步电动机	176
9.3.3 绕线转子异步电动机的启动	178
9.3.4 三相异步电动机的软启动	181
9.4 三相异步电动机的制动	182
9.4.1 能耗制动	182
9.4.2 反接制动	184
9.4.3 回馈制动	186
9.5 三相异步电动机的调速	187
9.5.1 降电压调速	188
9.5.2 绕线异步电动机转子回路串联电阻调速	188
9.5.3 笼型三相异步电动机变极调速	190
9.5.4 变频调速	194
9.5.5 绕线转子电动机的串级调速	196
思考题与习题	198
第10章 同步电机	200
10.1 同步电机的用途和分类	200
10.2 同步电机的基本结构及工作原理	201
10.2.1 同步电机的结构	201
10.2.2 同步电机的工作原理	202
10.2.3 三相同步电机的铭牌数据	203
10.3 同步发电机	204

10.3.1	同步发电机的励磁方式	204
10.3.2	同步发电机的运行特性	206
10.3.3	同步发电机的并联运行	209
10.4	同步电动机	211
10.4.1	同步电动机的基本方程式和相量图	211
10.4.2	同步电动机的功角特性和机械特性	213
10.4.3	同步电动机的工作特性和 V 形曲线	216
10.4.4	同步电动机的启动方法	218
	思考题与习题	219

第四篇 控制电机与电机选择

第 11 章	控制电机	223
11.1	伺服电动机	223
11.1.1	直流伺服电动机	224
11.1.2	交流伺服电动机	226
11.2	测速发电机	230
11.2.1	直流测速发电机	231
11.2.2	交流测速发电机	231
11.3	步进电动机	233
11.3.1	步进电动机概述	233
11.3.2	反应式步进电动机	234
11.4	自整角机	236
11.4.1	力矩式自整角机的工作原理	237
11.4.2	控制式自整角机的工作原理	238
11.4.3	自整角机的误差与选用时应注意的事项	240
11.5	旋转变压器	240
	思考题与习题	242
第 12 章	电动机的选择	243
12.1	电动机的一般选择	243
12.1.1	电动机种类的选择	243
12.1.2	电动机形式的选择	244
12.1.3	电动机额定电压的选择	244
12.1.4	电动机额定转速的选择	244
12.2	电动机的发热与冷却	245
12.2.1	电动机的发热过程	245
12.2.2	电动机的冷却过程	246
12.2.3	电动机的允许温升	246
12.3	电动机额定功率的选择	247

12.3.1 连续工作制电动机额定功率的选择.....	247
12.3.2 短时工作制电动机额定功率的选择.....	249
12.3.3 断续周期工作制电动机额定功率的选择.....	250
思考题与习题.....	250
部分参考答案.....	252

绪 论

0.1 电机的定义及分类

电机是指依靠电磁感应作用而运行的电气设备，用于机械能和电能之间的转换、不同形式电能之间的变换，或者信号的传递与转换。

电机的种类繁多，按其功能分类，可分成常规电机和控制电机，具体分类如图 0-1 所示。

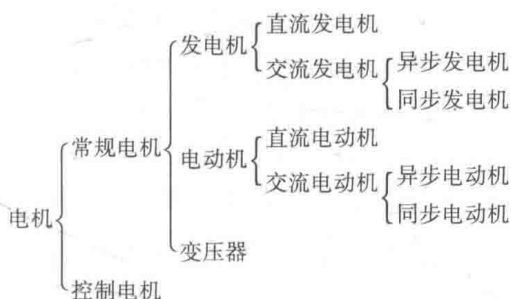


图 0-1 电机的分类

常规电机的主要任务是完成能量的转换，其功能如下：

- (1) 发电机。将机械能转换成电能输出。
- (2) 电动机。将电能转换成机械能输出，主要用于电力拖动系统中，带动生产机械运转。
- (3) 变压器。将一种电压等级的交流电能转换成同频率的另一种电压等级的交流电能。

控制电机的主要任务是完成控制信号的传递和转换，通常用于自动控制系统中，作为检测、校正及执行元件使用。其主要包括交/直流伺服电动机、步进电动机、交/直流测速发电机等，各类电机的功能如下：

- (1) 伺服电动机。将控制电压信号转换成转轴上的角位移或角速度输出，主要用作执行元件。
- (2) 步进电动机。将电脉冲信号转换成转轴上的角位移或线位移输出，主要用作执行元件或驱动元件。
- (3) 测速发电机。将转速信号转换成电压信号输出，主要用作速度检测元件。

0.2 电机及电力拖动系统在国民经济中的作用

在国民经济生产中，电机工业是机械工业的一个重要组成部分，电机是机电一体化中机

和电的结合部位,是机电一体化的重要基础。电机可称为电气化的“心脏”,它对国民经济的发展起着举足轻重的作用,并随着国民经济和科学技术的发展而不断发展。

电机的发展又与电能的发展紧密联系在一起。电能是现代社会一种最主要的能源,这主要是由于它的生产和转换比较经济,传输和分配比较容易,使用和控制比较方便,而要实现电能的生产、转换、传输、分配、使用和控制都离不开电机。

在电力工业中,发电机和变压器是发电站和变电所的主要设备。在发电站,利用发电机可将原始能源(如水力、风力、热力、化学能、太阳能、核能等)转换为电能。在变电站,电能远距离传输前,利用升压变压器把发电机发出的低压交流电转换成高压交流电,而电能供给用户使用前,利用降压变压器把来自高压电网的高电压转换成低电压后才能安全使用。

在电能的应用中,电动机起着重要的作用。在机械、冶金、化工等工业企业中,大量应用电动机把电能转换为机械能,去拖动机床、起重机、轧钢机、电铲、抽水机、鼓风机等各种生产机械。在现代化农业生产中,电力灌溉、播种、收割等农用机械都需要不同规格的电动机去拖动。在交通运输业中,电车、地铁、电动自行车、飞机、轮船等也需要各种电动机。在医疗器械及家用电器中也离不开功能各异的小功率电动机。在工业、航天和国防等领域的自动控制技术中,各式各样小巧灵敏的控制电机广泛地作为检测、转换和执行元件。

由电动机作为原动机来拖动生产机械运行的系统称为电力拖动系统。在现代工业、农业、交通运输等各行行业中,为了实现生产工艺过程的各种要求,需要广泛采用各种各样的生产机械。其中,一部分生产机械采用气动或液压拖动,而大多数生产机械都采用电动机拖动即电力拖动。电力拖动系统容易控制,能够获得控制系统所需的各种静态特性和动态特性,具有良好的启/制动性能和较宽的调速范围,特别是便于实现自动控制,所以目前多数自动控制系统都采用电动机作为原动机。

一个自动控制系统中往往会用到多个不同的电机(包括各种控制电机),一个现代化工厂拥有几百台至几万台电机是很平常的事。随着新型电机、大功率半导体器件、大规模集成电路的发展和计算机技术的应用,电力拖动系统的品种、质量和性能都有了进一步的提高,以全数字式的三相永磁同步电机伺服系统、三相异步电机伺服系统和直流电机伺服系统为代表的新型电力拖动系统的出现,带动了数控机床、工业机器人、交通运输、航空航天及家用电器等一系列高科技产品的迅速发展。随着科学技术的发展,工业、农业和国防等各部门都要求有性能更好的新型电机及电力拖动系统,以满足各种不同的要求。因此,电机与电力拖动系统将在国民经济发展中发挥越来越重要的作用。

0.3 电机及电力拖动系统发展概况

1. 电机的发展概况

电机的出现已有一百多年的历史。1820年前后,法拉第发现了电磁感应现象并提出了电磁感应定律,组装了第一台直流电机样机;1829年,亨利制造了第一台实用的直流电机;直至1837年,直流电机才真正变为商业化产品;1887年,特斯拉发明了三相异步电动机。此后,其他各种类型的电机相继问世。各类电机无论是在结构材料或特性上,还是在运行原理上都存在较大差异。应该讲,各类电机的采用,标志着以煤和石油为主要能源体系的电气

化时代的开始,从而为现代工业奠定了基础。作为机电能量转换装置,电机既可以作为电动机用于电气传动,也可以作为发电机用于发电。

在当今工业和日常生活中,人们到处都可以找到电机的踪影。从以煤和石油为原料的火力发电厂中的汽轮发电机、以水资源为动力的水轮发电机、以风为动力的风力发电机,到高压输电、配电的变压器,从工厂的自动生产线、车间的机床、机器人到家庭中的家用电器甚至电动玩具等,电机几乎无处不在。

目前,电机制造业的发展主要有如下几大趋势:

(1) 大型化。单机容量越来越大,如 60 万 kW 及以上的汽轮发电机。

(2) 微型化。为适应设备小型化的要求,电机的体积越来越小,重量越来越轻。

(3) 新原理、新工艺、新材料的电机不断涌现,如无刷直流电机、开关磁阻电机、直线电机、超声波电机等。

2. 电力拖动系统的发展概况

从结构上看,电力拖动系统经历了最初的“成组拖动”“单电机拖动”到“多电机拖动”几个阶段。

成组拖动是由一台电动机拖动一组生产机械,从电动机到各生产机械的能量传递以及在各生产机械之间的能量分配完全用机械方法,靠传动轴及机械传动系统实现。这种方式无法实现自动控制,且其能量损耗大、生产安全得不到保证,容易发生人身、设备事故。如果电动机有故障,则被拖动的所有生产设备都将一起停车,这是一种陈旧落后的电力拖动方式。

随着工作机械运行要求的提高,这种落后的电力拖动系统已经满足不了需要,因此出现了单电机拖动。单电机拖动系统中的一台生产机械用一台单独的电动机拖动。这样使每台生产设备既可独立工作,实现电气调速,又省去了大量的中间传动机构,使机械结构简化,并且易于实现生产机械运转的全部自动化。

但是,如果用一台电动机拖动具有多个工作机构的生产机械,则机械内部仍将保留着复杂的机械传动机构。因此,自 20 世纪 30 年代起,广泛采用了多电动机拖动,即每一个工作机构采用单独的电动机拖动,目前先进、复杂的生产设备通常都采用多电动机拖动方式。这种拖动方式可以使机械结构大为简化,而且可使生产设备实现自动控制乃至计算机控制。

随着电机及电器制造业以及各种自动化元件的发展,自动化电力拖动系统得到不断的更新与发展。

最初采用的控制系统是继电器-接触器组成的断续控制系统,到后来普遍采用由电力电子变流器供电的连续控制系统两大阶段。连续控制系统包括由相控变流器或斩波器供电的直流电力拖动系统,以及由变频器或伺服驱动器供电的交流调速系统两大类。后者包括由绕线式异步电动机组成的双馈调速系统、由异步与同步电动机组成的变频调速与伺服系统等。

目前,随着电力电子技术、计算机技术以及控制理论的发展,电力拖动系统的性能指标也上了一大台阶,不仅可以满足生产机械快速启/制动以及正/反转的要求(即四象限运行状态),而且还可以确保整个电力拖动系统工作在具有较高的调速、定位精度和较宽的调速范围内。这些性能指标的提高使得设备的生产率和产品质量大大提高。除此之外,随着多轴电力拖动系统的发展,过去许多难以解决的问题也变得迎刃而解,如复杂曲轴、曲面的加工,机器人、航天器等复杂空间轨迹的控制与实现等。

目前,电力拖动系统正朝着网络化、信息化方向发展,包括现场总线、智能控制策略以

及互联网技术在内的各种新技术、新方法均在电力拖动领域中得到了应用。电力拖动的发展真可谓是日新月异。由于电力拖动是各类工业、各种生产机械的主要拖动方式,其理论与技术的发展,必将在我国实现现代化与工业化的进程中起到十分重要的作用。

0.4 本课程的性质、任务与学习方法

“电机与拖动”是将“电机学”和“电力拖动基础”两门课程有机结合起来的一门课程。它是自动化、电气工程及其自动化等专业的一门主要专业基础课,其内容主要包括直流电机及其电力拖动、变压器、三相异步电动机及其电力拖动、同步电动机、微控电机和电动机的选择等。

本课程的任务主要是使学生掌握电机的基本知识、基本理论、基本计算方法和一般的应用问题,从而为后续专业课(如“运动控制系统”“电力电子技术”等)的学习打好基础,并为学生在未来的技术工作中分析和解决在电机方面所遇到的问题打好扎实的基础。

在“电机与拖动”课程中,不仅有理论的分析推导和磁场的抽象描述,而且要用基本理论分析研究比较复杂的带有机/电/磁综合性的工程实际问题,这是本课程的特点,也是学习的难点。因此,必须要有一个良好的学习方法,才能学好本课程。这里提供几点学习方法供大家参考。

(1) 学习之前,必须理解和掌握电和磁的基本概念,熟练运用电磁感应定律、电磁力定律、电路和磁路定律、力学、机械制图等已学过的知识。

(2) 学习过程中,对于电机结构,要弄清各主要部件的组成和作用;对于有关公式,要从物理概念上去理解和记忆,不要孤立地、单独地去死记硬背;本课程涉及电机的类型较多,要注意各种电机结构的异同点、电磁关系和能量转换关系的异同点、拖动问题的异同点等,运用总结对比的方法融会贯通,加深理解;分析实际问题时,要运用工程的观点和方法,突出主要矛盾,忽略次要矛盾,从而简化实际问题的分析和计算。

(3) 为了提高课堂教学效果,课前应预习:一是对相关的已学知识进行回顾;二是对将要学习的内容预习一遍,对新的名词和术语及相关内容有所了解,便于有的放矢地听课。课后应及时复习和小结,并选做适当的思考与练习题,以巩固所学的理论知识,提高理解和应用能力。

(4) 必须进行必要的实验和实习,这样既可以加深对相关知识的理解和掌握,又可以培养与提高学生的实验操作技能和工作能力。

0.5 本书常用的电磁概念与定律

电机是通过电磁感应原理来实现能量转换的机械装置,电和磁是构成电机的两大要素,缺一不可。因此,本节简要介绍有关电磁学的基本知识与电磁学定律。

0.5.1 电路的基本定律

1. 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律(KCL)指出:电路中流入某一节点电流的代数和等于零,即