



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电机及拖动基础

汤天浩 主编

第2版



免费
电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育

规划教材

电机及拖动基础

第2版

主编 汤天浩
参编 谢 卫 窦金生
主审 陈伯时 陈敏逊

机械工业出版社

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,针对自动化、电气工程及其自动化等专业大学本科生编写。为适应当前教育改革和学科发展的需要,将原“电机学”与“电力拖动基础”两门课程的主要内容合并为“电机及拖动基础”。全书分为4篇,共13章。第1篇是全书的基础,分别阐述电机的基本原理,包括电磁感应、机电能量转换和旋转电机的基本概念、结构与模型;电力拖动动力学基础,包括电力拖动系统的运动方程、稳态和动态分析等内容。在此基础上,第2篇专门分析和讨论直流电机及拖动,包括:电机的原理、结构和运行特性,电机的起动、制动和调速等问题。第3篇为交流电机及拖动,包括变压器、异步电机和同步电机的原理、结构、运行特性和交流传动等问题。第4篇介绍了电机的选择、校验和设计,以及特种电动机。

本书适用于普通高等学校本科非电机专业,亦可作为职工大学、夜大以及大专院校有关专业的教材,也可供有关工程技术人员阅读和参考,其中部分较深入的内容可作为研究生学习和研究的参考资料。

本书配有电子课件,欢迎选用本书作教材的老师登录 <http://www.cmpedu.com/> 下载。

图书在版编目(CIP)数据

电机及拖动基础/汤天浩主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2016.6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-111-53568-3

I. ①电… II. ①汤… III. ①电机-高等学校-教材②电力传动-高等学校-教材 IV. ①TM3②TM921

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第080340号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王雅新 责任编辑:王雅新 张利萍

封面设计:张静 责任校对:任秀丽 胡艳萍

责任印制:常天培

北京京丰印刷厂印刷

2016年6月第2版·第1次印刷

184mm×260mm·20印张·490千字

标准书号:ISBN 978-7-111-53568-3

定价:42.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379469

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书包括了原“电机学”和“电力拖动基础”两门课程的主要内容,适用于自动化、电气工程及其自动化等专业本科生学习电机原理与电力拖动基础之用,也可供有关专业师生、工程技术人员和其他人员参考。全书共13章,其中有些较深内容的章节上加了“*”号,主要内容的教学时数为54~72学时,各学校可根据各自教学大纲的需要选择内容和安排教学。

为适应宽口径复合型人才培养的需要,本书的编写始终贯彻以电机基本原理和电力拖动基础知识为主线的指导思想,其特色就是突破传统的教学模式,按照由电机模型得到等效电路,然后推出电机方程,再分析电机特性这样的思路组织课程内容和进行教学,使学生掌握常用电机的基本结构、工作原理、运行特性以及电力拖动的基础知识,并侧重于总结电机的共性问题 and 一般规律。

本书保留了第1版教材的体系结构,同时与时俱进,充分关注新的科学技术发展和新的理论方法应用,主要做了如下补充与修改:

1. 重新组织第7章变压器的内容,增加节能变压器、高频变压器、直流变压器与固态变压器等方面的新知识,使学生对变压器在柔性直流输电等新技术中的应用有所了解。

2. 在第9章增加利用MATLAB软件完成电机运行特性计算的内容,给出基于等效电路计算异步电动机工作特性与机械特性的程序,使学生掌握利用软件编程分析电机运行特性的方法。

3. 对第10章永磁式同步电动机的内容做了较多补充,包括永磁材料的基本特性和永磁电机的主要结构,以及正弦波永磁同步电动机和永磁无刷直流电动机的区别与联系,突出永磁电机在现代电力拖动控制系统中的重要地位。

4. 在第11章增加异步电动机减压起动的仿真算例,给出额定电压和减压起动两种情况下异步电动机起动电流和起动转矩的曲线,说明空载或轻载减压起动的可行性,增强学生对电机起动方法的感性认识。

5. 在第12章增加电机设计的基本知识,并给出一个基于Ansoft的永磁同步电机电磁设计与磁场分析的算例,使学生对电机设计与分析的基本过程和主要内容有所认识。

6. 第13章特种电动机部分删除了与电力拖动无直接关系的旋转变压器、测速发电机等内容,增加了开关磁阻电动机等较新颖的内容。

编 者

常用符号表

1. 元件和装置用的文字符号

A	A 相绕组, 电枢绕组	Q	断路器
B	B 相绕组	QS	隔离开关
C	C 相绕组	R	电阻器、变阻器
C	电容器	RP	电位器
F	励磁绕组	SA	控制开关, 选择开关
FU	熔断器	SB	按钮
G	发电机	SM	伺服电动机
K	继电器, 接触器	T	变压器
KA	继电器	TA	电流互感器, 霍尔电流传感器
KM	接触器	TC	调压变压器
L	电感器, 电抗器	TI	逆变变压器
M	电动机 (总称)	TU	自耦变压器
MA	异步电动机	U	变换器, 调制器
MD	直流电动机	UCR	可控整流器
MS	同步电动机	UI	逆变器
PA	电流表	UPE	电力电子变换器
PC	脉冲计数器	V	晶闸管整流装置
PV	电压表		

2. 常见下角标

A	A 相绕组	lim	极限, 限制 (limit)
a	电枢绕组 (armature); a 相绕组	m	磁的 (magnetic); 主要部分 (main)
add	附加 (additional)	m, mech	机械的 (mechanical)
av	平均值 (average)	m, max	最大值 (maximum)
B	B 相绕组	min	最小值 (minimum)
b	b 相绕组; 制动 (brake)	N	额定值, 标称值 (nominal)
bl	堵转 (block)	p	磁极 (poles); 峰值 (peak value)
C	C 相绕组	q	q 轴 (quadrature axis)
c	环路、环流 (circulating); 铁心 (core)	r	转子 (rotator); 反向 (reverse)
cr	临界 (critical)	ref	参考 (reference)
d	直流 (direct current); d 轴 (direct axis)	rec	整流器 (rectifier)
e	电 (electricity); 电源 (electric source)	s	定子 (stator); 串联 (series)
em	电磁的 (electric-magnetic)	sh	短路 (shorting)
f	磁场 (field); 正向 (forward)	ss	稳态 (steady state)
g	气隙 (gap)	st	起动 (starting)
is	初态 (initial state)	sy	同步 (synchronous)
L	负载 (Load)	T	转矩 (torque)
l	线值 (line)	W	线圈 (winding)

3. 参数和物理量文字符号

A	散热系数	g	重力加速度; 气隙宽度
a	直流电机电枢支路对数	GD^2	飞轮矩
B	磁通密度	h	高度
B_m	主磁通密度、最大磁通密度	H	磁场强度
B_r	剩余磁通密度	H_c	矫顽力
C	电容; 电机热容量	I, i	电流
C_e	他励直流电机的电动势系数	I_a, i_a	电枢电流
C_{es}	串励直流电机的电动势系数	I_c, i_c	导体电流
C_T	他励直流电机的转矩系数	I_d	整流器输出电流
C_{Ts}	串励直流电机的转矩系数	I_f, i_f	励磁电流
D	直径; 调速范围; 粘滞系数	I_0, i_0	空载电流
D_{il}	定子铁心内径	I_1, i_1	变压器一次电流
E, e	感应电动势 (有效值, 瞬时值, 下同)	I_2, i_2	变压器二次电流
E_a, e_a	电枢感应电动势、反电动势	I_2', i_2'	变压器二次侧折算电流
E_{add}, e_{add}	附加电动势	I_L, i_L	负载电流
E_1, e_1	变压器一次绕组感应电动势	I_N, i_N	额定电流
$E_{1\sigma}, e_{1\sigma}$	变压器一次绕组漏磁电动势	I_r, i_r	交流电机转子电流
E_2, e_2	变压器二次绕组感应电动势	I_r', i_r'	交流电机转子折算电流
E_2', e_2'	变压器二次绕组折算感应电动势	I_s, i_s	交流电机定子电流
$E_{2\sigma}, e_{2\sigma}$	变压器二次绕组漏磁电动势	I_{st}, i_{st}	电机起动电流
$E_{2\sigma}', e_{2\sigma}'$	变压器二次绕组折算漏磁电动势	I_{sh}, i_{sh}	短路电流
$E_r, \dot{E}_r$	交流电机转子感应电动势	J	转动惯量
$E_r', \dot{E}_r'$	交流电机转子折算感应电动势	j	传动机构减速比
$E_{r0}, \dot{E}_{r0}$	交流电机转子静止电动势	K	系数、因数、常数、比值
$E_{r0}', \dot{E}_{r0}'$	交流电机转子折算静止电动势	K_1	起动电流倍数
$E_{r\sigma}, \dot{E}_{r\sigma}$	交流电机转子漏磁电动势	K_T	起动转矩倍数
$E_{r\sigma}', \dot{E}_{r\sigma}'$	交流电机转子漏磁折算电动势	k	变压器电压比; 比例因数
$E_s, \dot{E}_s$	交流电机定子感应电动势	k_e	异步电动机电压比
$E_{s\sigma}, \dot{E}_{s\sigma}$	交流电机定子漏磁电动势	k_i	异步电动机电流比
F	力	k_{q1}	定子绕组分布因数
F_m	磁动势	k_{q2}	转子绕组分布因数
F_a	电枢磁动势	k_{w1}	定子绕组因数
F_e	电磁力	k_{w2}	转子绕组因数
F_f	励磁磁动势	k_{y1}	定子绕组短距因数
F_r	转子磁动势	k_{y2}	转子绕组短距因数
F_s	定子磁动势	L	电感
F_{sr}	定子、转子合成磁动势	l	长度
f	频率	L_σ	漏感
f_e	电源频率	L_m	互感
f_1	变压器一次侧电源频率, 定子频率	m	相数
f_2	交流电机转子频率	M	质量
f_s	交流电机转差频率	N	绕组匝数
G	重力	n	转速
		n_0	理想空载转速



n_1	同步转速	U_c	整流装置控制电压
n_p	电机极对数	U_{d0}	整流器输出电压
P	功率	U_f, u_f	励磁电压
P_0	空载功率	U_L, u_L	负载电压
P_1	输入功率	U_N, u_N	额定电压
P_2	输出功率	U_r, u_r	交流电机转子电压
P_{em}	电磁功率	U'_r, u'_r	交流电机转子折算电压
P_L	负载功率	U_{r0}, u_{r0}	交流电机转子静止电压
P_m	机械功率	U'_{r0}, u'_{r0}	交流电机转子静止折算电压
P_N	额定功率	U_s, u_s	交流电机定子电压
P_s	转差功率	U_{sh}, u_{sh}	短路电压
P_{sh}	短路输入功率	V	体积
q	交流绕组每极每相槽数	v	速度, 线速度
Q	无功功率; 热量	w	宽度、厚度
R	电阻; 电枢回路总电阻	W	能量
R_a	直流电机电枢电阻	W_E, W_e	电能
R_{cb}	能耗制动电阻	W_f	磁场储能
R_f, R_{fb}	励磁电阻	W_{fc}	磁共能 (磁余能)
R_1	变压器一次绕组电阻	W_M, W_m	机械能
R_2, R'_2	变压器二次绕组电阻及折算	x	位移、距离
R_r, R'_r	转子绕组电阻及折算	X	电抗
R_{rb}	反接制动电阻	X_1	变压器一次绕组电抗
R_{rec}	整流装置内阻	X_2, X'_2	变压器二次绕组电抗及折算
R_s	定子绕组电阻	X_c	同步电抗
R_{sh}	短路电阻	X_d	直轴同步电抗
R_{st}	起动电阻	X_f, X_{fb}	励磁电抗
R_m	磁阻	X_q	交轴同步电抗
R_σ	漏磁阻	X_r, X'_r	转子绕组旋转漏电抗及折算
S	视在功率; 面积	X_{r0}, X'_{r0}	转子绕组静止漏电抗及折算
s	转差率; 静差率	X_s	定子绕组漏电抗
T	转矩; 周期	X_{sh}	短路电抗
T_0	空载转矩	γ	电机绕组节距
T_e	电磁转矩	Z	电阻抗
T_{em}	最大电磁转矩	Z_f, Z_{fb}	励磁阻抗
T_f	摩擦转矩	Z_0	变压器空载总阻抗
T_L	负载转矩	Z_1	变压器一次绕组阻抗; 定子槽数
T_m	机械转矩	Z_2, Z'_2	变压器二次绕组阻抗及折算
T_M	过渡过程时间常数	Z_L, Z'_L	负载阻抗及折算
T_N	额定转矩	Z_r, Z'_r	转子绕组阻抗及折算
T_{st}	起动转矩	Z_{r0}, Z'_{r0}	转子绕组静止阻抗及折算
t	时间	Z_s	定子绕组阻抗
U, u	电压, 电源电压	Z_{sh}	短路阻抗
U_1, u_1	变压器一次电压	α	机械特性硬度; 槽距角
U_2, u_2	变压器二次电压	β	机械特性斜率; 变压器负载系数
U'_2, u'_2	变压器二次侧折算电压	γ	夹角
U_a	直流电机电枢电压	δ	放大系数



Δn	转速降落	Φ_f	励磁磁通
Δp	功率损耗	Φ_m	主磁通
Δp_{add}	附加损耗	Φ_N	额定磁通
Δp_{Cu}	铜耗	Φ_r	转子磁通
Δp_{Fe}	铁耗	Φ_{rs}	定转子合成磁通
Δp_m	机械损耗	Φ_s	定子磁通
ΔP_h	磁滞损耗	Φ_σ	漏磁通
ΔP_v	涡流损耗	φ	相位角；阻抗角
ΔU	电压差	φ_1	一次侧定子相位角；阻抗角
η	效率	φ_2	二次侧转子相位角；阻抗角
η_c	传动装置的传递效率	φ_r	转子磁动势与合成磁动势的夹角
θ	角位移；温度	φ_{rs}	转子磁动势与定子磁动势的夹角
λ	电机允许过载倍数	φ_s	定子磁动势与合成磁动势的夹角
μ	磁导率	φ_δ	同步电机内功率因数角
μ_0	真空磁导率	Ψ, ψ	磁链
μ_r	相对磁导率	Ψ_m	交互磁链
ρ	调速比；电阻系数	ω	角速度，角频率
σ	漏磁系数；转差功率损耗系数	ω_1	同步角速度，同步角频率
τ	温升；绕组极距	ω_2	转子角速度，转子角频率
Φ	磁通	ω_e	电角频率
Φ_0	空载磁通	ω_s	转差角速度

目 录

前言

常用符号表

绪论

第1篇 电机及拖动的基础理论

第1章 电磁感应原理与磁路分析	7	3.2 感应电动势的产生	32
1.1 电磁感应原理	7	3.3 电磁转矩的产生	32
1.2 导磁材料及其特性	9	3.4 电机的能量损耗与发热	34
1.3 磁路与磁路分析	13	3.5 电机的研究内容与分析步骤	36
小结	21	小结	37
思考题与习题	21	思考题与习题	38
第2章 机电能量转换原理	22	第4章 电力拖动系统的动力学基础	39
2.1 机电能量的转换装置	22	4.1 电力拖动系统的运动方程	39
2.2 磁场中的能量关系	24	4.2 生产机械的负载转矩特性	41
2.3 机电能量转换	26	4.3 电力拖动系统的稳态分析—— 稳定运行的条件	42
2.4 电磁力与电磁转矩	27	4.4 电力拖动系统的动态分析—— 过渡过程分析	46
小结	29	4.5 多轴电力拖动系统的化简*	49
思考题与习题	29	小结	56
第3章 电机的基本结构与工作 原理	30	思考题与习题	56
3.1 模型电机的结构	30		

第2篇 直流电机及拖动

第5章 直流电机	59	6.1 他励直流电动机的机械特性	80
5.1 直流电机的基本原理与结构	59	6.2 他励直流电动机的起动	82
5.2 直流电机的电枢绕组和磁场	64	6.3 他励直流电动机的调速	86
5.3 电枢绕组感应电动势和电磁转矩	68	6.4 他励直流电动机的制动	94
5.4 直流电机的基本方程和工作特性	70	6.5 串励和复励直流电动机的电力 拖动*	108
小结	78	小结	113
思考题与习题	79	思考题与习题	113
第6章 直流电动机的电力拖动	80		

第3篇 交流电机及拖动

第7章 变压器	117	7.3 变压器的等效电路	126
7.1 变压器的工作原理与结构	117	7.4 变压器的参数测定	128
7.2 变压器的运行方式	121	7.5 变压器的运行特性	132

7.6 三相变压器	134	小结	190
7.7 其他用途的变压器	140	思考题与习题	190
7.8 变压器的新技术*	144	第10章 交流同步电机	192
小结	147	10.1 同步电机的结构与运行方式	192
思考题与习题	148	10.2 同步电动机的电磁关系	195
第8章 交流电机的共性问题	150	10.3 同步电动机的功率与转矩	198
8.1 交流电机的电枢绕组	150	10.4 同步电动机的工作特性	204
8.2 电枢绕组的感应电动势	153	10.5 永磁式同步电动机	206
8.3 电枢绕组的磁动势和旋转磁场	158	小结	214
8.4 交流电机的磁场分析	163	思考题与习题	215
小结	165	第11章 交流电动机的电力拖动	216
思考题与习题	165	11.1 异步电动机的机械特性	216
第9章 交流异步电机	166	11.2 异步电动机的起动	222
9.1 异步电机的结构与运行方式	166	11.3 异步电动机的调速	235
9.2 异步电动机的电磁关系	171	11.4 异步电动机的制动	247
9.3 异步电动机的功率与转矩	179	11.5 同步电动机的电力拖动*	256
9.4 异步电动机的工作特性	182	小结	262
9.5 单相异步电动机*	186	思考题与习题	263
第4篇 电动机的选择与特种电动机			
第12章 电力拖动系统电动机的选择、 校验和设计	267	13.1 伺服电动机	288
12.1 电动机的分类及额定参数	267	13.2 磁阻电动机	291
12.2 电动机的绝缘等级与工作制分类	270	13.3 磁滞电动机	293
12.3 不同工作制下电动机的功率选择	274	13.4 步进电动机	294
12.4 电动机额定数据的选择	278	13.5 开关磁阻电动机	297
12.5 电机的设计	281	13.6 直线电动机	300
小结	286	13.7 超导电动机	303
思考题与习题	287	13.8 超声波电动机	304
第13章 特种电动机*	288	小结	306
		参考文献	307

绪 论

1. 概述

物质、能量和信息是人类赖以生存的三大基本要素。电能作为一种能量形式，由于其易于传输、变换、分配和控制，已成为使用最为广泛的现代能源，也是人们生产和生活中使用动力的主要来源。在电能的生产、传输、变换、分配、控制和管理中，电机是主要的机电能量转换装置。例如：在电能的生产过程中，发电机将机械能转换成电能；在电能的传输过程中，变压器是主要的传输设备；在电能的使用中，电动机将电能转换成机械能。

电力拖动就是使用各种电动机作为原动机拖动生产机械运动，以完成一定的生产任务。由于电动机具有性能优良、高效可靠、控制方便等优点，因此现代化生产中，大多数生产机械都采用电力拖动。例如：在工农业生产和交通运输中，机床、轧钢机、起重机、卷扬机、鼓风机、抽水机、纺织机、印染机、印刷机、电动工具和电动车辆等都采用电力拖动；在人们的日常生活中，各种家用电器大都使用微特电机作为驱动装置。在自动控制系统、计算机系统和机器人等高新技术中，大量使用控制电机作为检测、放大和执行元件。

因此可以说，电机与电力拖动系统已广泛应用到现代社会生产和生活的方方面面。如果没有发电机也就没有大量的电能产生，如果没有电动机也就没有用电力拖动的运动装置和设备。目前，电机与拖动的现状可以概括为两点：

1) 电力拖动现已取代了其他拖动形式，成为主要的拖动形式。这是因为电动机与其他原动机相比有许多优点，比如：电能的获得和转换比较经济；传输和分配比较便利；操作和控制容易，特别是易于实现自动与远程控制。因此，目前绝大多数的生产机械都采用电力拖动。而且，目前电力拖动的方式也几乎全部是单机或多机拖动。

2) 当代科学和技术的新成果广泛地应用于电力拖动系统之中，比如：电力电子学的发展，使半导体变流装置广泛地用作电力拖动的电源；微电子学的发展，使电子控制器件和微处理机成为电力拖动的主要控制手段；自动控制理论广泛应用于电力拖动自动控制系统中，大大提高了系统的性能等。

随着现代电力电子技术、自动化技术和计算机技术的发展，电机与拖动的发展趋势为：

- 1) 用交流电力拖动取代直流电力拖动。
- 2) 从节能的角度改造电力拖动系统，比如：用交流调速系统拖动电动水泵可以节能。
- 3) 继续采用新技术不断提高电力拖动系统的性能和完善系统功能。
- 4) 通过系统集成和技术融合，组成综合自动化系统，以进一步提高生产效率。



2. 电力拖动的历史、现状与发展趋势

早在远古时代,人类已经应用流水为动力带动水车。据史料记载:公元前3000年,中国有了水车。后来又出现了风车,这些都是最简单的拖动系统。17世纪末,人类开始利用蒸汽为动力。1782年,瓦特发明了第一台连续运转的蒸汽机,开创了机器时代。那时原动机与生产机械之间的连接是靠绳索或传动带,而各车间甚至全厂所有的工作就靠这种传动方式与一台原动机相连。

1831年,法拉第发现了电磁感应现象。1888年,特斯拉发明感应电动机,从此开始了电机与电力拖动的时代。最初的电力拖动是采用传导拖动(又称联动电力拖动)的方式,它是由一台电动机,并由数个传动装置将运动传输到数个工作机构。代替传导拖动的是单机电力拖动方式,即一台机床或一个工作机械由一台电动机拖动。后来,由于生产的需要,工作机械也越来越复杂,出现了多电机电力拖动,如自动化机床、加工中心等。

1956年,晶闸管在贝尔实验室诞生,开始了第二次电子革命,从此“电子”进入到强电领域,电力电子器件成为弱电控制强电的纽带。其重要意义在于:电力电子学把机器时代、电气时代和电子时代开创的技术融合在一起。20世纪60年代,电力电子器件进入电力拖动领域,可以方便地通过电能变换装置来控制电机的运行方式。其后,自动化技术和计算机技术也不断应用于电机控制,使电力拖动系统发生了根本性改变。

目前,电力拖动系统的工业应用范围不断扩大,已遍及能源、电力、机械、采矿、冶金、轻纺、化工、电子信息、交通运输和家用电器等领域,特别在大功率、高电压交流调速系统的应用上取得了重大的突破。交流拖动系统由于结构简单、价格便宜、维护方便等优势,已取代直流拖动系统,成为现代电力拖动的主流形式。

新材料和新元件的结合,正在全面改变传统电机的面貌。由于稀土永磁材料的迅速发展和电力电子器件性能的不断改善,涌现了大量的新型实用电机,如无刷直流电动机、开关磁阻电动机、无刷双馈电动机等。这些电机调速性能优良,进一步扩展了电力拖动技术的应用范围。此外,风力发电、磁悬浮电力传动、超导电机的出现为电力传动的发展开辟了新领域。

高性能的微处理器如DSP的出现,为采用新的控制理论和控制策略提供了良好的技术基础,使电力拖动系统的自动化程度大为提高。神经网络控制和模糊控制等智能控制技术以及现代控制理论在电力拖动系统中的应用已成为新的研究热点。

由此可见,电力电子技术、自动化技术和计算机技术的发展是推动现代电力拖动系统不断进步的动力。

3. 本课程的性质、任务和要求

本课程是自动化、电气工程及其自动化等相关专业的一门专业基础课,其任务是使学生掌握电机的基本结构、工作原理和性能参数,电力拖动系统的各种运行方式、动静态性能分析以及电机选择和实验方法,为进一步学习“电力电子技术”“电力拖动自动控制系统”“PLC控制系统”等课程准备必要的基础知识。学习本课程必须具备“电路原理”或“电工基础”课程的基本知识。

本课程主要研究和分析电机与电力拖动系统的基本理论问题,为突出实用性也涉及一些简单的电机控制电路,具有原“电机学”和“电力拖动基础”的主要内容。通过本课程的学习,学生应达到如下要求:

- 1) 掌握一般交直流电机和变压器的基本理论,包括电磁关系和能量关系等,能运用基

本方程式、等效电路和相量图等方法推演电机的基本数学模型，并进行相关的参数计算。

- 2) 掌握电力拖动系统静态特性及其分析方法，包括电动机机械特性与各种运行状态。
- 3) 熟悉电力拖动系统的动态特性及其分析方法，了解系统参数对过渡过程的影响。
- 4) 熟悉电机的铭牌参数，掌握选择电机的方法。
- 5) 掌握电机与电力拖动系统的基本实验方法和技能。
- 6) 了解电机与电力拖动系统的应用领域和发展趋势。

第 1 篇 电机及拖动的基础理论

电机虽然种类繁多、大小不一、形式各异，但具有共同的基本原理和特征。本篇试图从电磁感应和机电能量转换这两个角度来探究电机的基本原理；以一个简单的两极电机为原型，建立电机的物理模型，进而导出电机的电动势和电磁转矩的一般方程；建立电力拖动系统的运动方程，分析和求解电力拖动系统的动力学问题。

第 1 章

电磁感应原理与磁路分析

自 1831 年法拉第发现电磁感应定律的 100 多年来,各种类型的电机不断被发明并广泛应用于人们生产和生活的方方面面,电磁感应原理奠定了电机的理论基础。本章将讨论电磁感应原理和磁路分析方法。

1.1 电磁感应原理

众所周知,电和磁是自然界的两种现象,近代通过物理学家的深入研究,发现了电和磁的一些基本规律以及它们之间的联系。本节将概要地介绍电磁感应的基本概念和定律,作为学习本课程的物理基础。

1.1.1 磁场

除了天然磁体会产生磁场外,人们发现在导体中通过电流时会在其周围产生磁场,还进一步发现了由电产生磁场的一些基本规律。

1. 磁场强度和方向

由载流导体产生的磁场大小可用磁场强度 H 来表示,磁力线的方向与电流的方向满足右手螺旋关系。如图 1-1 所示,假定在一根导体中通以电流 i ,则在导体周围空间的某一平面上产生的磁场强度 H 为

$$H = \frac{i}{l} \quad (1-1)$$

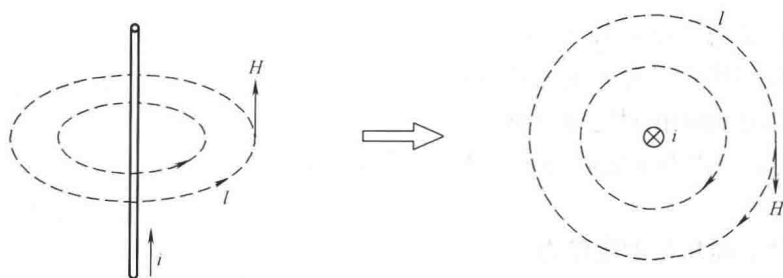


图 1-1 载流导体产生的磁场