



“十二五”职业教育  
国家规划教材  
经全国职业教育教材  
审定委员会审定

# 电机及拖动

(第4版)

许晓峰 主编

高等教育出版社



“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

DIANJI JI TUODONG

# 电机及拖动

(第4版)

许晓峰 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是“十二五”职业教育国家规划教材,是普通高等教育“十一五”国家级规划教材修订版(高职高专教育)。全书共8章,主要内容有直流电机、直流电动机的电力拖动、变压器、三相异步电动机、三相异步电动机的电力拖动、同步电机及同步电动机的电力拖动、微控电机和电力拖动系统中电动机的选择等。

本书可作为高职高专院校的电气自动化技术、生产过程自动化技术、供用电技术、机电一体化技术和电气化铁道技术等专业的“电机及拖动”课程的教材,也可供有关工程技术人员工作时参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机及拖动/许晓峰主编. --4版. --北京:高等教育出版社,2014.9(2015.2重印)

ISBN 978-7-04-038573-1

I. ①电… II. ①许… III. ①电机-高等职业教育-教材②电力传动-高等职业教育-教材 IV. ①TM3②TM921

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 245108 号

|          |          |          |         |
|----------|----------|----------|---------|
| 策划编辑 王莉莉 | 责任编辑 王莉莉 | 封面设计 张楠  | 版式设计 余杨 |
| 插图绘制 郝林  | 责任校对 杨凤玲 | 责任印制 赵义民 |         |

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  
印 刷 北京机工印刷厂  
开 本 787mm × 1092mm 1/16  
印 张 17.25  
字 数 410千字  
购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598

|      |                                                                                                                                  |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 网 址  | <a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a><br><a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>           |
| 网上订购 | <a href="http://www.landracom.com">http://www.landracom.com</a><br><a href="http://www.landracom.cn">http://www.landracom.cn</a> |
| 版 次  | 2000年7月第1版<br>2014年9月第4版                                                                                                         |
| 印 次  | 2015年2月第2次印刷                                                                                                                     |
| 定 价  | 29.80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 38573-00

# 出版说明

教材是教学过程的重要载体,加强教材建设是深化职业教育教学改革的有效途径,推进人才培养模式改革的重要条件,也是推动中高职协调发展的基础性工程,对促进现代职业教育体系建设,切实提高职业教育人才培养质量具有十分重要的作用。

为了认真贯彻《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》(教职成[2012]9号),2012年12月,教育部职业教育与成人教育司启动了“十二五”职业教育国家规划教材(高等职业教育部分)的选题立项工作。作为全国最大的职业教育教材出版基地,我社按照“统筹规划,优化结构,锤炼精品,鼓励创新”的原则,完成了立项选题的论证遴选与申报工作。在教育部职业教育与成人教育司随后组织的选题评审中,由我社申报的1338种选题被确定为“十二五”职业教育国家规划教材立项选题。现在,这批选题相继完成了编写工作,并由全国职业教育教材审定委员会审定通过后,陆续出版。

这批规划教材中,部分为修订版,其前身多为普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专)或普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专),在高等职业教育教学改革进程中不断吐故纳新,在长期的教学实践中接受检验并修改完善,是“锤炼精品”的基础与传承创新的硕果;部分为新编教材,反映了近年来高职院校教学内容与课程体系改革的成果,并对接新的职业标准和新的产业需求,反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有鲜明的时代特色和职教特色。无论是修订版,还是新编版,我社都将发挥自身在数字化教学资源建设方面的优势,为规划教材开发配备数字化教学资源,实现教材的一体化服务。

这批规划教材立项之时,也是国家职业教育专业教学资源库建设项目及国家精品资源共享课建设项目深入开展之际,而专业、课程、教材之间的紧密联系,无疑为融通教改项目、整合优质资源、打造精品力作奠定了基础。我社作为国家专业教学资源库平台建设和资源运营机构及国家精品开放课程项目组织实施单位,将建设成果以系列教材的形式成功申报立项,并在审定通过后陆续推出。这两个系列的规划教材,具有作者队伍强大、教改基础深厚、示范效应显著、配套资源丰富、纸质教材与在线资源一体化设计的鲜明特点,将是职业教育信息化条件下,扩展教学手段和范围,推动教学方式方法变革的重要媒介与典型代表。

教学改革无止境,精品教材永追求。我社将在今后一到两年内,集中优势力量,全力以赴,出版好、推广好这批规划教材,力促优质教材进校园、精品资源进课堂,从而更好地服务于高等职业教育教学改革,更好地服务于现代职教体系建设,更好地服务于青年成才。

高等教育出版社

2014年7月

## 第4版前言

本书是在2007年第3版基础上修订而成的。本书第1版作为教育部高职高专规划教材于2000年8月出版,于2002年荣获全国普通高等学校优秀教材二等奖。第2版是普通高等教育“十五”国家级规划教材,并于2007年被评为辽宁省精品教材。第3版是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,累计发行33万多册。本版是“十二五”职业教育国家规划教材。

本书可作为高职高专院校的电气自动化技术、生产过程自动化技术、供用电技术、机电一体化技术和电气化铁道技术等专业的“电机及拖动”课程的教材,也可供相关工程技术人员工作时参考。

全书共分8章,主要内容有直流电机、直流电机的电力拖动、变压器、交流异步电动机、三相异步电动机的电力拖动、同步电机及同步电动机的电力拖动、微控电机和电力拖动系统中电动机的选择等。和传统教材相比,编入了全密封变压器、非晶合金变压器、Y3系列异步电动机和异步电动机的软起动等新技术内容,增加了直线电动机、开关磁阻电动机、永磁无刷直流电动机和交直流两用电机等新型电机内容,还增加了同步电动机的电力拖动内容,另外,对交直流电机的磁场分析、繁杂的公式推导等内容进行了删减,直接给出公式并作物理解释,以更加适合高等职业教育的特点与要求。

在教材编写过程中,力求体现如下特点:

1. 侧重于基本原理和基本概念的阐述,并强调基本理论的实际应用。
  2. 从培养学生自学能力出发,重点、难点内容讲清讲透,不吝篇幅,教材的编写适合学生自学。
  3. 教材编写时,部分内容采用提出问题、分析问题、解决问题,最后总结出概念并推广到一般的写作方法。
  4. 教材中编入了一些工程中已经应用且较为成熟的新技术内容,力求取材新颖,以体现先进性和适用性。
  5. 编写时采用了对比的写作方法,例如,在编写异步电动机内容时,将其与变压器的相关内容进行比较,阐述两者的异同点,使学生理解更加深刻。
  6. 书中配有大量的例题、思考题和习题,便于学生巩固应掌握的基本知识和引导应用。
  7. 在每章末附有自测题目,书后还配有思考题与习题解答,便于学生自检自测。
  8. 制作了相配套的电子教案、教学指导、试题库、动画和图片库等,利于广大师生使用。
- 书中带有“\*”的内容为选学内容。

本书的绪论、第1、3、4章由许晓峰教授编写,第2、5、8章由吕宗枢教授编写,第7章由衣丽葵副教授编写,第6章由王秀平编写,全书由许晓峰统稿并担任主编。

本书部分插图由苗鹤老师帮助绘制,在此表示衷心的感谢。另外,还要特别感谢为本书前三

版的出版做出重大贡献的吕树清和邹振春两位作者。

由于编写时间紧迫,编者水平有限,书中难免存在不少错误和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2014年8月于沈阳

## 第3版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育),是在2004年6月第2版的基础上修订而成的。本书第1版作为教育部高职高专规划教材于2000年8月出版,于2002年荣获全国普通高等学校优秀教材二等奖。本书第2版被纳入普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)。

全书共分8章,主要内容有直流电机、直流电动机的电力拖动、变压器、交流异步电动机、三相异步电动机的电力拖动、同步电机及同步电动机的电力拖动、微控电机和电力拖动系统中电动机的选择。和第2版相比,增加了电焊变压器和整流变压器等特种变压器内容,增加了全密封变压器和Y3系列异步电动机等新技术内容,增加了同步电动机的电力拖动内容,增加了各种控制电机的应用内容,同时还增加了例题的数量。在难度上有所降低,如对直流电机换向、串励及复励直流电动机的电力拖动和交流绕组等内容进行了删减,降低了思考题与习题的难度,在结构上进行了部分改动,例如,将单相异步电动机内容纳入到异步电机一章中讲授,将电机理论中常用的物理概念与基本电磁定律内容放到绪论中讲授等。

在教材编写过程中,力求体现如下特点:

1. 侧重于基本原理和基本概念的阐述,并强调基本理论的实际应用,体现实用性。
2. 编写教材时,部分内容采用提出问题、分析问题、解决问题,最后总结出概念并推广到一般的写作方法,体现创新性。
3. 教材中编入了一些新技术内容,体现先进性。
4. 在每章末附有自测题目,便于学生自检自测,体现创新性和实用性。
5. 书中配有大量的例题、思考题和习题,便于学生巩固应掌握的基本知识和引导应用,体现实用性。
6. 力争做到概念准确、内容精练,重点突出。在讲解上力求通俗易懂、便于自学,体现实用性。

本书还配有相应的学习指导书,编写时兼顾了教与学两个方面,既适合教师教学使用,又适合学生学习使用。书中内容包括内容提要、基本要求、重点与难点分析、典型例题分析、部分思考题与习题解答、自测题参考答案六个方面。另外,为方便使用本教材的师生,出版社还免费提供与本教材相配套的电子教案和微机试题库系统,力争使教材做到“立体化”。

书中带有“\*”的内容为选学内容。

本书第2章、5章、8章由沈阳工程学院吕宗枢教授编写,第1章、第7章中的第7.1~7.4节和第7.6节由承德石油高等专科学校邹振春教授编写,第6章和第7.5节由南昌工程学院吕树清教授编写,其余部分由沈阳工程学院许晓峰教授编写,全书由许晓峰教授统稿并担任主编。

另外,与本书配套的电子教案由赵君有和许晓峰共同制作。与本书配套的微机试题库系统

由吕宗枢和许晓峰共同编写。

本书由北京工商大学郭兴朴教授主审,审阅过程中提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢。

由于编写时间紧迫,编者水平有限,书中缺点和错误之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2007年8月于沈阳

## 第2版前言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),是在2000年8月第一版的基础上修订而成的。本书第一版于2002年获全国普通高等学校优秀教材二等奖。

全书共分8章,主要内容有直流电机、直流电机的电力拖动、变压器、三相异步电动机,三相异步电动机的电力拖动、同步电机、驱动和控制微电机以及电力拖动系统中电动机的选择等。和第一版相比,在难度上有所降低(特别是降低了习题的难度),在内容与结构上进行部分改动,例如,将交流绕组及电动势和磁动势内容放到三相异步电动机一章中讲述,将各种微电机内容并入控制电机章节中。删掉了电机及拖动实验以及部分附录等内容,增加了直线电动机和开关磁阻电动机等内容。

另外,编者还为本书编写了配套的学习指导书,书中内容包括内容提要、基本要求、重点与难点分析、典型例题分析、部分思考题与习题解答、自测题参考答案等六个方面。

本教材力争做到概念准确、内容精练、重点突出、理论联系实际。在讲解上力求通俗易懂、便于自学。本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的工业电气自动化、供用电技术和电气技术等专业的“电机及拖动”课程的教材,也可供有关工程技术人员工作时参考。

书中带有\*的内容为选学内容。

本书第2、5、8章由沈阳工程学院吕中枢教授编写,第1章和第7章中的第7.4~7.8节由承德石油高等专科学校邹振春副教授编写,第6章和第7章中的第7.3节由南昌水利水电高等专科学校吕树清教授编写,其余部分由沈阳工程学院许晓峰副教授编写,全书由许晓峰统稿并担任主编。

本书由北京交通大学武慧芳副教授主审。主审审阅过程中提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

2004年1月

# 第1版前言

本书是根据1999年6月在北京联合大学召开的“高职高专机械、电子类教材研讨会”确定的教材编写原则,参考了现行高等工程专科基础课程教学基本要求,并结合我国高等职业教育的现状和发展趋势,按照“三教统筹,协调发展”的思路编写,可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的工业电气自动化、电气技术、供用电技术和机电一体化等专业的“电机及拖动”课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

“电机及拖动”课程是高等职业技术学院、高等专科学校和部分成人高等学校工业电气自动化、电气技术、供用电技术和机电一体化等专业学生必修的一门技术基础课,它是将“电机学”、“电力拖动”和“控制电机”等课程有机结合而成的一门新课。

本书编写时注意体现如下特点:

1. 侧重于基本原理和基本概念的阐述,并强调基本理论的实际应用。
2. 编写教材时,部分内容采用提出问题、分析问题、解决问题,最后总结出概念并推广到一般的写作方法。
3. 教材中编入了一些工程中已经应用且较为成熟的新技术,力求取材新颖。
4. 为便于巩固应掌握的基本知识和引导应用,书中配有大量的例题、思考题和习题。
5. 教材中所反映的实验和试验等实践环节内容,采用单独列章的方式加以叙述。
6. 在每章末附有自测题目,以便于学生自检、自测。
7. 教学内容模块化,各模块教学目标明确,具有针对性、可组合性和可选择性,便于不同专业选修。为了满足各专业的需要,并考虑各专业讲授的学时数相差较大(60~120学时),本书按多学时情况编写,对于少学时情况,可根据专业需要进行删减或选择。书中带有\*的内容为选学内容。
8. 内容叙述力求简明扼要,通俗易懂,深入浅出,富于启发性。
9. 书中符号和插图采用国家新标准。

全书共分10章,其中2、6和9章由沈阳电力高等专科学校吕中枢教授编写,1、8章由承德石油高等专科学校邹振春副教授编写,7、10章由南昌水利水电高等专科学校吕树清副教授编写,4章由沈阳电力高等专科学校吴志宏老师编写,其余部分由沈阳电力高等专科学校许晓峰副教授编写,全书由许晓峰统稿并担任主编。

本书由深圳职业技术学院曹家喆副教授主审,审阅过程中提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢。

由于编写时间紧迫,编者水平有限,书中缺点和错误之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2000年2月于沈阳

## 主要符号表

$a$ ——直流电机电枢绕组并联支路对数;交流绕组并联支路数

$B$ ——磁通密度

$B_a$ ——电枢磁通密度

$B_{av}$ ——平均磁通密度

$B_0$ ——空载磁通密度

$B_\delta$ ——气隙磁通密度

$C_E$ ——电动势常数

$C_T$ ——转矩常数

$D_a$ ——直流电机电枢铁心外径

$E$ ——感应电动势

$E_a$ ——电枢电动势

$E_{ad}$ ——直轴电枢反应电动势

$E_{aq}$ ——交轴电枢反应电动势

$E_0$ ——空载电动势

$E_1$ ——变压器一次电动势;异步电动机定子绕组感应电动势

$E_2$ ——变压器二次电动势;异步电动机转子不动时的感应电动势

$E_{2s}$ ——异步电动机转子旋转时的电动势

$E_v$ —— $\nu$ 次谐波电动势

$E_\sigma$ ——定子漏磁电动势

$E_\delta$ ——气隙电动势

$E_p$ ——每相电动势

$E_Q$ ——虚构电动势

$E_{1\sigma}$ ——变压器一次漏电动势

$E_{2\sigma}$ ——变压器二次漏电动势

$e$ ——电动势瞬时值

$e_L$ ——直流电机换向元件中的自感电动势

$e_M$ ——直流电机换向元件中的互感电动势

$e_r$ ——直流电机换向元件中的电抗电动势

$e_a$ ——直流电机换向元件中的电枢反应电动势

$F$ ——电机磁动势;力

$F_a$ ——直流电机电枢磁动势

$F_{ad}$ ——直轴电枢反应磁动势

$F_{aq}$ ——交轴电枢反应磁动势

$F_f$ ——励磁磁动势

$F_\delta$ ——气隙磁动势

$f$ ——频率;磁动势瞬时值

$f_N$ ——额定频率

$f_1$ ——异步电机定子电路频率

$f_2$ ——异步电机转子电路频率

$f_\nu$ —— $\nu$ 次谐波频率

$GD^2$ ——飞轮矩

$H$ ——磁场强度

$I$ ——电流

$I_a$ ——电枢电流

$I_f$ ——励磁电流

$I_{fN}$ ——额定励磁电流

$I_S$ ——短路电流

$I_N$ ——额定电流

$I_0$ ——空载电流

$I_{0a}$ ——铁损耗电流

$I_{0r}$ ——空载励磁电流

$I_1$ ——变压器一次电流;异步电机定子电流

$I_2$ ——变压器二次电流;异步电机转子电流

$I_{1L}$ ——定子电流或一次电流的负载分量

$I_{st}$ ——起动电流

$i_a$ ——绕组支路电流

$J$ ——转动惯量

$K$ ——直流电机换向片数;系数

|                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| $k$ ——变压器的变比                   | $P_{mec}$ ——机械损耗,摩擦损耗      |
| $k_a$ ——自耦变压器变比                | $P_f$ ——励磁损耗               |
| $k_E$ ——异步电机电动势变比              | $P_s$ ——短路损耗               |
| $k_i$ ——异步电机电流变比               | $P_{SN}$ ——额定短路损耗          |
| $k_I$ ——起动电流倍数                 | $P_0$ ——空载损耗               |
| $k_{q1}$ ——交流绕组基波分布因数          | $Q$ ——无功功率                 |
| $k_{qv}$ ——交流绕组谐波分布因数          | $q$ ——每极每相槽数               |
| $k_{st}$ ——异步电动机起动转矩倍数         | $R$ ——电阻                   |
| $k_{w1}$ ——交流绕组基波绕组因数          | $R_a$ ——直流电机电枢回路电阻         |
| $k_{wv}$ ——交流绕组谐波绕组因数          | $R_{cr}$ ——直流发电机励磁回路的临界电阻  |
| $k_{y1}$ ——交流绕组基波短距因数          | $R_f$ ——励磁回路电阻             |
| $k_{yv}$ ——交流绕组谐波短距因数          | $R_L$ ——负载电阻               |
| $k_\mu$ ——饱和系数                 | $R_m$ ——磁阻                 |
| $L$ ——自感系数                     | $R_1$ ——变压器一次绕组电阻;异步电机定子电阻 |
| $L_r$ ——换向元件等效合成漏电感            | $R_2$ ——变压器二次绕组电阻;异步电机转子电阻 |
| $l$ ——有效导体的长度                  | $R_s$ ——变压器、异步电机的短路电阻      |
| $M$ ——互感系数                     | $R_m$ ——变压器、异步电机的励磁电阻      |
| $m$ ——相数;直流电动机起动级数             | $S$ ——直流电机元件数;变压器视在功率      |
| $N$ ——直流电机电枢绕组总导体数             | $s$ ——异步电动机转差率             |
| $N_1$ ——变压器一次匝数;异步电机定子绕组每相串联匝数 | $s_m$ ——临界转差率              |
| $N_2$ ——变压器二次匝数;异步电机转子绕组每相串联匝数 | $s_N$ ——额定转差率              |
| $n$ ——转速                       | $T$ ——转矩;周期;时间常数           |
| $n_N$ ——额定转速                   | $T_{em}$ ——电磁转矩            |
| $n_1$ ——同步转速                   | $T_L$ ——负载转矩               |
| $n_0$ ——直流电动机理想空载转速            | $T_m$ ——最大电磁转矩             |
| $P_e$ ——涡流损耗                   | $T_N$ ——额定转矩               |
| $P_H$ ——磁滞损耗                   | $T_{st}$ ——起动转矩            |
| $P_N$ ——额定功率                   | $T_0$ ——空载转矩,制动转矩          |
| $P_{em}$ ——电磁功率                | $T_1$ ——输入转矩,拖动转矩          |
| $P_{MEC}$ ——总机械功率              | $T_2$ ——输出转矩               |
| $P_1$ ——输入功率                   | $U$ ——电压                   |
| $P_2$ ——输出功率                   | $U_f$ ——励磁电压               |
| $p$ ——极对数                      | $U_s$ ——变压器短路电压            |
| $P_{ad}$ ——附加损耗,杂散损耗           | $U_N$ ——额定电压               |
| $P_{Cu}$ ——铜损耗                 | $U_1$ ——变压器一次电压;交流电机定子电压   |
| $P_{Fe}$ ——铁损耗                 | $U_2$ ——变压器二次电压;异步电机转子电压   |

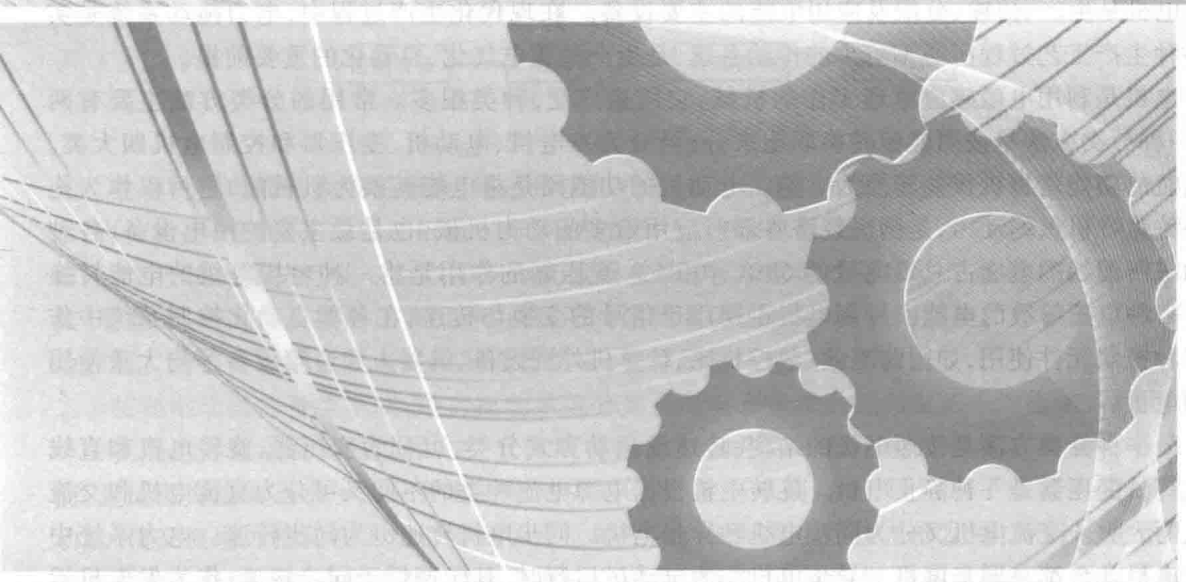
|                                |                                        |
|--------------------------------|----------------------------------------|
| $U_{20}$ ——变压器二次空载电压           | 阻抗                                     |
| $u_s$ ——短路电压百分值                | $\alpha$ ——角度;槽距角                      |
| $u_{sa}$ ——短路电压的有功分量           | $\beta$ ——角度;变压器负载系数                   |
| $u_{sr}$ ——短路电压的无功分量           | $\gamma$ ——角度                          |
| $v$ ——线速度                      | $\delta$ ——气隙长度;功角(又称为功率角)             |
| $X$ ——电抗                       | $\eta$ ——效率                            |
| $X_a$ ——电枢反应电抗                 | $\eta_{\max}$ ——最大效率                   |
| $X_{ad}$ ——直轴电枢反应电抗            | $\theta$ ——角度;温度                       |
| $X_{aq}$ ——交轴电枢反应电抗            | $\theta_{sc}$ ——步进电机的步距角               |
| $X_d$ ——直轴同步电抗                 | $\mu$ ——磁导率                            |
| $X_q$ ——交轴同步电抗                 | $\mu_{Fe}$ ——铁磁性材料磁导率                  |
| $X_s$ ——短路电抗                   | $\mu_r$ ——相对磁导率                        |
| $X_L$ ——负载电抗                   | $\nu$ ——谐波次数                           |
| $X_m$ ——励磁电抗                   | $\tau$ ——极距;温升                         |
| $X_t$ ——同步电抗                   | $\tau_{\max}$ ——绝缘材料允许的最高温升            |
| $X_{\sigma}$ ——漏电抗             | $\Phi$ ——主磁通;每极磁通                      |
| $X_1$ ——变压器一次漏电抗;交流电机定子漏电抗     | $\Phi_m$ ——变压器主磁通最大值                   |
| $X_2$ ——变压器二次漏电抗;异步电机转子不动时的漏电抗 | $\Phi_{1\sigma}$ ——一次漏磁通               |
| $X_{2s}$ ——异步电动机转子转动时的漏电抗      | $\Phi_{2\sigma}$ ——二次漏磁通               |
| $y$ ——节距;直流电机电枢绕组的合成节距         | $\Phi_1$ ——基波磁通                        |
| $y_k$ ——直流电机换向器节距              | $\Phi_{\nu}$ —— $\nu$ 次谐波磁通            |
| $y_1$ ——直流电机第一节距               | $\Phi_0$ ——空载磁通;异步电动机气隙主磁通             |
| $y_2$ ——第二节距                   | $\varphi$ ——相位角;功率因数角                  |
| $Z$ ——电机槽数;阻抗                  | $\varphi_1$ ——变压器一次功率因数角;异步电机定子功率因数角   |
| $Z_s$ ——短路阻抗                   | $\varphi_2$ ——变压器二次功率因数角;异步电机转子电路功率因数角 |
| $Z_L$ ——负载阻抗                   | $\Psi$ ——磁链;内功率因数角                     |
| $Z_m$ ——励磁阻抗                   | $\Omega$ ——机械角速度                       |
| $Z_r$ ——步进电机转子齿数               | $\Omega_1$ ——同步机械角速度                   |
| $Z_1$ ——变压器一次漏阻抗;异步电动机定子漏阻抗    | $\omega$ ——电角速度;角频率                    |
| $Z_2$ ——变压器二次漏阻抗;异步电动机转子漏      | $\lambda$ 或 $\lambda_T$ ——过载能力         |

# 目 录

|                                    |    |                                      |     |
|------------------------------------|----|--------------------------------------|-----|
| 绪论 .....                           | 1  | 本章自测题 .....                          | 69  |
| 0.1 电机及电力拖动系统概述 .....              | 2  | 第3章 变压器 .....                        | 71  |
| 0.2 电机及拖动课程的性质与任务 .....            | 4  | 3.1 变压器的用途、工作原理及结构 .....             | 72  |
| 0.3 本课程(教材)的内容与一般<br>分析方法 .....    | 5  | 3.2 单相变压器的空载运行 .....                 | 78  |
| 0.4 本课程的特点及学习方法 .....              | 6  | 3.3 单相变压器的负载运行 .....                 | 84  |
| 0.5 电机理论常用的物理概念与<br>基本电磁定律 .....   | 6  | 3.4 变压器的参数测定 .....                   | 90  |
| 第1章 直流电机 .....                     | 14 | 3.5 标么值及其应用 .....                    | 95  |
| 1.1 直流电机的基本工作原理与<br>结构 .....       | 15 | 3.6 变压器的运行特性 .....                   | 97  |
| 1.2 直流电机的电枢绕组简介 .....              | 20 | 3.7 三相变压器 .....                      | 101 |
| 1.3 直流电机的电枢反应 .....                | 25 | *3.8 变压器的并联运行 .....                  | 106 |
| 1.4 直流电机的电枢电动势、电磁转<br>矩和电磁功率 ..... | 27 | *3.9 特种变压器 .....                     | 110 |
| *1.5 直流电机的换向 .....                 | 29 | 小结 .....                             | 114 |
| 1.6 直流发电机 .....                    | 32 | 思考题与习题 .....                         | 115 |
| 1.7 直流电动机 .....                    | 37 | 本章自测题 .....                          | 117 |
| 1.8 直流电机的优缺点及应用情况 .....            | 41 | 第4章 三相异步电动机 .....                    | 119 |
| 小结 .....                           | 41 | 4.1 三相异步电动机的基本工作原理<br>和结构 .....      | 120 |
| 思考题与习题 .....                       | 42 | 4.2 交流电机的绕组和感应电动势 .....              | 128 |
| 本章自测题 .....                        | 43 | 4.3 三相异步电动机的空载运行 .....               | 134 |
| 第2章 直流电动机的电力拖动 .....               | 45 | 4.4 三相异步电动机的负载运行 .....               | 136 |
| 2.1 电力拖动系统的运动方程式和<br>负载转矩特性 .....  | 46 | 4.5 三相异步电动机的折算、等效<br>电路和相量图 .....    | 140 |
| 2.2 他励直流电动机的机械特性 .....             | 49 | 4.6 三相异步电动机的功率平衡、<br>转矩平衡和工作特性 ..... | 144 |
| 2.3 他励直流电动机的起动 .....               | 54 | *4.7 三相异步电动机的参数测定 .....              | 148 |
| 2.4 他励直流电动机的制动 .....               | 56 | 4.8 异步电机的应用 .....                    | 150 |
| 2.5 他励直流电动机的调速 .....               | 61 | 小结 .....                             | 151 |
| 小结 .....                           | 67 | 思考题与习题 .....                         | 151 |
| 思考题与习题 .....                       | 68 | 本章自测题 .....                          | 152 |
|                                    |    | 第5章 三相异步电动机的电力<br>拖动 .....           | 155 |

|                        |     |                           |     |
|------------------------|-----|---------------------------|-----|
| 5.1 三相异步电动机的机械特性 ..... | 156 | 7.1 单相异步电动机 .....         | 219 |
| 5.2 三相异步电动机的起动 .....   | 161 | 7.2 伺服电动机 .....           | 222 |
| 5.3 三相异步电动机的制动 .....   | 168 | 7.3 测速发电机 .....           | 226 |
| 5.4 三相异步电动机的调速 .....   | 172 | 7.4 步进电动机 .....           | 228 |
| 小结 .....               | 181 | *7.5 微型同步电动机 .....        | 232 |
| 思考题与习题 .....           | 182 | *7.6 直线异步电动机 .....        | 234 |
| 本章自测题 .....            | 183 | *7.7 其他微控电机 .....         | 236 |
| <b>第6章 同步电机及同步电动机的</b> |     | 小结 .....                  | 241 |
| <b>电力拖动</b> .....      | 185 | 思考题与习题 .....              | 242 |
| 6.1 同步电机的基本工作原理与       |     | 本章自测题 .....               | 242 |
| 结构 .....               | 186 | <b>*第8章 电力拖动系统中电动机的</b>   |     |
| 6.2 同步发电机的空载运行 .....   | 191 | <b>选择</b> .....           | 244 |
| 6.3 同步发电机的电枢反应与机       |     | 8.1 电动机的发热和冷却 .....       | 245 |
| 电能量转换 .....            | 192 | 8.2 电动机的工作制分类 .....       | 246 |
| 6.4 同步发电机的负载运行 .....   | 196 | 8.3 电动机容量的选择方法 .....      | 248 |
| 6.5 同步发电机的并联运行 .....   | 202 | 8.4 电动机种类、型式、电压、转速        |     |
| 6.6 同步电动机和同步调相机 .....  | 208 | 的选择 .....                 | 251 |
| *6.7 同步电动机的电力拖动 .....  | 211 | 小结 .....                  | 252 |
| 小结 .....               | 214 | 思考题与习题 .....              | 252 |
| 思考题与习题 .....           | 215 | <b>部分思考题与习题参考答案</b> ..... | 253 |
| 本章自测题 .....            | 216 | <b>参考文献</b> .....         | 255 |
| <b>第7章 微控电机</b> .....  | 218 |                           |     |

# 绪 论



### 0.1 电机及电力拖动系统概述

人类社会的生存和发展离不开能源。而能源则有多种形式,如热能、光能、化学能、机械能、电能和原子能等。其中,电能是最重要的能源之一,和其他能源形式相比具有明显的优点:适宜大量生产和集中管理、转换经济、传输和分配容易、便于自动控制;另外,它还是一种洁净能源,对环境的污染非常小。因此,电能在工农业生产、交通运输、科学技术、信息传输、国防建设以及日常生活等各个领域获得了极为广泛的应用。

电机是生产、传输、分配及应用电能的主要设备。在现代化生产过程中,电力拖动系统是实现各种生产工艺过程所必不可少的传动系统,是生产过程电气化、自动化的重要前提。

电机是利用电磁感应原理工作的机械,它用途广泛,种类很多。常用的分类方法主要有两种:一种分类方法是按照能源转换职能来分,可分为发电机、电动机、变压器和控制电机四大类。发电机的功能是将机械能转换为电能。电动机的功能则是将电能转换为机械能,它可以作为拖动各种生产机械的动力,是国民经济各部门应用最多的动力机械,也是最主要的用电设备,各种电动机所消耗的电能占总发电量的 60% ~ 70%。变压器的作用是将一种电压等级的电能转换为另一种电压等级的电能。控制电机主要用于信号的变换与传递,在各种自动化控制系统中作为多种控制元件使用,如国防工业、数控机床、计算机外围设备、机器人和音箱设备等均大量使用控制电机。

另一种分类方法是按照电机的结构、转速或运动方式分类,可分为变压器、旋转电机和直线电机等。变压器是一种静止电机。旋转电机根据电源电流种类的不同又可分为直流电机和交流电机两大类。交流电机又分为同步电机和异步电机。同步电机转速恒为同步转速。电力系统中的发电机几乎都是同步电机。异步电机作为电动机运行时,其转速低于同步转速;作为发电机运行时,其转速高于同步转速。异步电机主要用作电动机。直线电动机就是把电能转换成直线运动的机械能的电机。直线电动机又可分为直线异步电动机、直线同步电动机、直线直流电动机和其他直线电动机等。

综合以上两种分类方法,可归纳如下:

