



面向21世纪机电及电气类专业高职高专规划教材



电机拖动与控制

■ 主编 刘保录 主审 李益



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪机电及电气类专业高职高专规划教材

电机拖动与控制

主 编 刘保录

主 审 李益民

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书是根据我国高职高专教育的现状和发展趋势,针对当前教学改革的需要,对现有的课程进行有机整合编写而成的。全书共分三篇 11 章,主要内容有直流电机,直流电动机的电力拖动,变压器,交流电机的定子绕组、磁动势及感应电动势,三相感应电动机,交流电动机的电力拖动,控制电机,电力拖动系统中电动机的选择,继电器-接触器控制系统,可编程序控制器及应用,工厂供电等。本书的编写采用模块化方式,内容以必需、够用为度,减少了原有课程教学内容中重复的部分。本书的特点是讲述透彻,深入浅出,通俗易懂,便于教学。

本书可以作为高职高专院校工业电气自动化技术、电气技术、供用电技术、数控应用技术、机电一体化等专业相关课程的教材,也可供有关工程技术人员参考使用。

★ 本书配有电子教案,需要者请与西安电子科技大学出版社发行部联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

电机拖动与控制/刘保录主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2006.3

面向 21 世纪机电及电气类专业高职高专规划教材

ISBN 7-5606-1643-7

I. 电… II. 刘… III. ①电机—电力传动—高等学校:技术学校—教材 ②电机—控制系统—高等学校:技术学校—教材 IV. TM30

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 007201 号

策 划 马武装

责任编辑 张晓燕 马武装

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 23.75

字 数 555 千字

印 数 1~4000 册

定 价 25.00 元

ISBN 7-5606-1643-7/TM·0024

XDUP 1935001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

面向 21 世纪

机电及电气类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

主任：李迈强

副主任：唐建生 李贵山

机电组

组长：唐建生（兼）

成员：（按姓氏笔画排列）

王春林	王周让	王明哲	田 坤	宋文学
陈淑惠	张 勤	肖 珑	吴振亭	李 鲤
徐创文	殷 铖	傅维亚	魏公际	

电气组

组长：李贵山（兼）

成员：（按姓氏笔画排列）

马应魁	卢庆林	冉 文	申凤琴	全卫强
张同怀	李益民	李 伟	杨柳春	汪宏武
柯志敏	赵虎利	戚新波	韩全立	解建军

项目策划：马乐惠

策 划：马武装 毛红兵 马晓娟

电子教案：马武装

前 言

本书是根据编者多年从事高职高专教学的实践经验及教学改革的成果，按照高职高专课程的基本教学要求，并结合我国高等职业教育的现状和发展趋势，依据高等职业教育“淡化理论，够用为度，培养技能，重在应用”的原则编写而成的。

“电机学”、“电力拖动基础”、“工厂电气控制”、“可编程序控制器原理”、“工厂供电”等课程是高职高专院校工业电气自动化、电气技术、供用电技术、机电一体化、数控技术应用等专业学生必修的课程。本书按照“知识归类，科学组合，优化内容，精简学时，加强实践”的原则，将上述五门课程有机结合起来，形成一门新的课程。

本书在编写过程中，根据专业教学的要求，在内容的选择 and 问题的阐述方面进行了一些新的探索。本书在内容上兼顾当前科学技术的发展和我国的实际情况，同时也考虑了后续课程对本课程的要求，以更好地为专业培养目标服务；在问题的阐述方面则力求做到叙理简明、概念清晰、突出重点，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。书中编入了一些工程中已经应用的、较为成熟的新技术，力求取材新颖。在编写过程中，编者充分考虑到学生现有的自学能力及基础知识，鼓励学生主动学习，勤于思考，学会学习，掌握分析问题的方法，提高解决问题的能力。

本书对首次出现的一些专业名词术语加注了英文，以便于进行双语教学。教学内容编排模块化，各模块相对独立；教学目标明确，具有针对性，可组合、可选择，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，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。

本书可作为高职高专院校工业电气自动化技术、电气技术、供用电技术、数控应用技术、机电一体化等专业相关课程的教材，也可供有关工程技术人员参考使用。

全书共分三篇 11 章，其中第 2、5、6、7 章及附录 B 由刘保录副教授编写，第 4、8、11 章及附录 A 由刘燕副教授编写，第 9、10 章及附录 C 由王淑红副教授编写，第 1、3 章由刘新辉老师编写；全书由刘保录副教授统稿并担任主编。

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
2006 年 1 月

欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

~~~~~ 国家级、部级重点教材 ~~~~		局域网组建、管理与维护 (高职)	20.00
计算机系统结构 (第三版) (统编)	22.00	综合布线技术 (高职)	18.00
离散数学 (第三版) (统编) (乔维声)	16.00	计算机网络技术导论	16.00
雷达对抗原理 (统编)	15.00	计算机网络 (第二版) (袁家政)	26.00
雷达原理 (第三版)	23.00	计算机网络技术 (刘敏涵)	20.00
通信网的安全——理论与技术	42.00	计算机网络 (第二版) (蔡皖东)	18.00
模拟电子线路基础 (傅丰林)	16.00	计算机网络 (第二版) (雷振甲)	21.00
移动通信 (第三版) (统编) (郭梯云)	26.00	计算机网络工程	20.00
智能控制理论和方法	18.00	计算机网络实验教程	14.00
~~~~~ 计算机提高普及类 ~~~~		计算机组网实验教程	23.00
计算机应用基础 (第三版) (丁)	19.00	计算机网络学习辅导及习题详解	23.00
计算机组装与维护 (高职) (杜飞明)	22.00	网络工程设计与实践	29.00
计算机组装与维护实用教程		网络应用程序设计	21.00
(第二版) (高职)	29.00	现代网络技术	24.00
《新编计算机应用基础》		网络计算	19.00
(Windows 2000&Office 2002) (第二版)	22.00	~~~~~ 计算机技术类 ~~~~	
《新编计算机应用基础 (第二版)》		计算机系统结构 (陈智勇)	22.00
实践技能训练与案例分析	12.00	计算机系统设计——概念与技术 (洪龙)	18.00
计算机应用基础 (Windows 2000		计算机组成原理	
&Office 2002版) (教育部高职)	23.00	与系统结构实验教程 (杨小龙)	12.00
《计算机应用基础》实践技能训练		计算机系统安全	22.00
与案例分析 (教育部高职)	11.00	电子政务理论与实务	20.00
计算机应用基础上机与实习指导 (第三版)	12.00	电子商务概论	17.00
计算机软件技术基础教程	21.00	电子商务基础与应用 (第四版) (含盘)	34.00
计算机综合能力实训教程 (高职)	10.00	数据结构(C) (第二版) (杨秀金)	20.00
办公自动化技术及应用教程	22.00	《数据结构》算法实现及解析	
办公自动化设备的使用和维护		——配合严蔚敏的《数据结构》(C语言版)	
(第二版) (高职)	18.00	(含光盘) (第二版)	35.00
网络办公自动化技术及应用 (高职)	21.00	数据结构——使用 C++语言 (第二版)	23.00
~~~~~ 计算机网络类 ~~~~		数据结构 (高职) (周岳山)	15.00
Internet基础与使用 (第二版) (高职)	13.00	计算方法与实习 (高职)	11.00
Internet基础与使用 (第二版) (中专)	12.00	算法设计与分析	15.00
计算机网络安全 (高职)	15.00	编译原理教程	15.00
网络安全技术 (高职)	17.00	《编译原理教程》习题解析与上机指导	12.00
网络安全与保密	24.00	编译原理基础	13.00
网络信息安全技术	17.00	《编译原理基础》习题与上机题解答	10.00
网站建设与维护 (崔良海)	18.00	编译原理学习指导	19.00
网站建设与维护 (廖常武)	19.00	《离散数学》习题解答	16.00
Internet技术及其应用教程	15.00	离散数学 (蔡英)	19.00
计算机图形图像与网页制作 (高职)	19.00	《离散数学》学习指导书	16.00
互联网实用技术与网页制作 (高职)	14.00	离散数学 (马光思)	22.00

离散数学(乔维声)	21.00	3DS MAX 6.0实用教程(高职)	23.00
软件工程(第二版)	22.00	~~~~~微机与控制类~~~~~	
软件工程与数据库概论	14.00	微型计算机原理与应用(第二版)(本科)	33.00
信息系统分析与设计(卫红春)	19.00	《微型原理及应用》(第二版)学习指导	18.00
信息系统分析与设计(高职)(卫红春)	18.00	微型计算机原理(第四版)	29.00
信息系统分析与设计(第二版)(陈圣国)	14.00	《微型计算机原理》(第四版)学习指导书	14.00
人工智能技术导论(第二版)	18.00	《微型计算机原理》学习与实验指导	18.00
~~~~~计算机辅助技术类~~~~~			
电子工程制图(含习题集)(高职)	25.00	微型计算机原理及接口技术(新世纪)	25.00
工程制图(含习题集)(高职)	22.00	微型计算机原理与组成	20.00
计算机绘图(第二版)(许社教)	25.00	80X86 微机原理与接口技术	26.00
DSP应用技术(高职)	25.00	单片机原理及接口技术	15.00
现代DSP技术	22.00	单片机应用实训教程(高职)	22.00
电子电路CAD程序及其应用(高职)	16.00	新编单片机原理与应用(第二版)	22.00
电子线路CAD实用教程(第二版)	22.00	可编程序控制器原理及应用(第二版)	22.00
电子工艺与电子CAD(高职)	14.00	计算机控制技术(高职)(温希东)	12.00
电子电路EDA技术	15.00	计算机外部设备(第二版)	17.00
EDA技术及应用(第二版)	24.00	微机外围设备的使用与维护(高职)	19.00
EDA技术综合应用实例与分析	22.00	~~~~~数据库及计算机语言类~~~~~	
EDA技术与数字系统设计(高职)	14.00	数据库原理(第二版)(郭盈发)	16.00
数字电路EDA设计(高职)	19.00	数据库原理(高荣芳)	18.00
~~~~~操作系统类~~~~~			
计算机操作系统(第二版)(颜)	17.00	Visual FoxPro 6.0数据库原理与应用	
计算机操作系统(修订版)(汤)	24.00	(高职)	21.00
《计算机操作系统》学习指导与题解	16.00	基于VFP和SQL的数据库技术及应用	16.00
计算机操作系统(王津)	16.00	SQL Server 2000应用基础与实训教程	
计算机操作系统(孙)	15.00	(高职)	19.00
计算机操作系统(方敏)	28.00	Oracle数据库SQL和PL/SQL实例教程	
计算机操作实训教程(张)	18.00	(高职)	17.00
操作系统教程——Linux实例分析(孟)	21.00	数据库技术及应用(高职)	14.00
Linux操作系统实用教程(高职)	20.00	网络数据库技术及应用(高职)	20.00
Linux实训指导教程(高职)	13.00	QBASIC程序设计教程	20.00
~~~~~图形处理类~~~~~			
多媒体技术及应用(王坤)	21.00	程序设计与C语言	23.00
多媒体软件设计技术(第二版)	20.00	《程序设计与C语言》学习指导	16.00
多媒体技术与应用(第二版)(傅献祯)	16.00	C语言程序设计实例教程(高职)(丁爱萍)	18.00
多媒体技术教程(杨安琪)	20.00	C语言程序设计案例教程(高职)(李培金)	18.00
多媒体技术基础及其应用(吕辉)	22.00	C++程序设计(陈圣国)	14.00
计算机图形学(张义宽)	20.00	C++程序设计语言	20.00
计算机图形学(丁爱玲)	14.00	《C++程序设计语言》经典题解与实验指导	13.00
计算机图形学(研究生系列)(璩柏青)	26.00	新编C语言程序设计教程(第二版)	22.00
计算机图形学——图形的计算与显示原理	22.00	《新编C语言程序设计教程(第二版)》	
数字图像处理	20.00	习题解答与实验指导	15.00
		C++Builder 6.0 程序设计(高职)	19.00
		Visual Foxpro 6.0 程序设计教程(丁)	22.00
		Visual Basic 程序设计(第二版)	20.00
		Visual Basic- NET程序设计教程(高职)	18.00



汇编语言程序设计(第二版)(韩海)	18.00	电工技术(常晓玲)	19.00
汇编语言程序设计(李强)	23.00	电工技术实训(高职)	12.00
汇编语言程序设计(李革新)	19.00	电工基础(王秀英)	19.00
微型计算机汇编语言程序设计(龚)	23.00	电工与工业电子学	18.00
面向对象程序设计与VC++实践	22.00	电工技能实训教程(高职)	26.00
面向对象程序设计与C++语言	17.00	电力电子技术(高职)	15.00
面向对象程序设计教程	19.00	电子线路仿真设计(王皓)	18.00
面向对象程序设计——JAVA	23.00	电子测量技术(高职)	16.00
《面向对象程序设计——JAVA》 学习指导与习题解答	19.00	电子技术基础(高职)(苏丽萍)	22.00
JAVA语言程序设计教程	18.00	电子技术基础——模拟电子技术(高职)	20.00
JAVA程序设计(高职)	18.00	电子技术基础——数字电子技术(高职)	14.00
Visual C++.NET管理信息系统开发案例	26.00	智能卡技术(刘守义)	20.00
~~~~~电子技术类~~~~~		手机原理与维护(陈良)	13.00
测试与计量技术基础	19.00	光电探测原理	25.00
传感器原理及工程应用	13.00	天线与电波传播(含光盘)	24.00
模拟电子技术(第二版)(教育部高职)	17.00	天线技术(高职)	14.00
模拟电子电路基础(王卫东)	23.00	电子线路基础(21世纪)(傅丰林)	19.00
模拟电子技术基础(21世纪)(孙肖子)	22.00	《电子线路基础》学习和题解指导	22.00
模拟电子技术(第二版)(江)	18.00	电子线路基础	20.00
《模拟电子技术》学习指导与题解	12.00	电磁场微波技术与天线	18.00
数字电子技术(第二版)(江)	18.00	电磁场与电磁波(第二版)	20.00
《数字电子技术》学习指导与题解	14.00	电磁场与电磁波(含光盘)(郭辉萍)	21.00
数字电子技术(第二版)(郭永贞)	19.00	电磁场与电磁波学习指导(21世纪)	21.00
数字电子技术(第二版)(教育部高职)	12.00	高频电子线路(中专)	16.00
数字电子技术基础(21世纪)	18.00	扩频通信	9.80
《数字电子技术基础》学习指导(21世纪)	8.00	扩展频谱通信及其多址技术	19.00
现代数字系统设计	25.00	信号与系统(第二版)(陈生潭)	29.00
数字电路与系统设计	25.00	《信号与系统》学习指导	17.00
数字电路与逻辑设计	18.00	信号与系统(张小虹)	22.00
数字系统设计基础	19.00	《信号与系统》学习指导	19.00
电路理论基础	20.00	信号与线性系统	26.00
电路基础(第二版)(21世纪)	21.00	数字信号处理(第二版)(丁玉美)	21.00
《电路基础》学习指导与习题全解(刘)	15.00	数字信号处理(丁玉美)	16.00
电路基础学习指导(21世纪)	15.00	数字信号处理(刘顺兰)	19.00
电路分析——基础理论与实用技术(高职)	20.00	自适应信号处理(研究生系列)	16.00
电路分析(第二版)(教育部高职)	18.00	随机信号处理	13.00
电路分析学习指导与题解(高职)(李)	19.00	数字信号处理——时域离散随机信号处理	19.00
电路分析基础(第二版)(张永瑞)	18.00	《数字信号处理 ——时域离散随机信号处理》学习指导	10.00
电路分析基础全真试题详解(张永瑞)	20.00	微波电路CAA与CAD(研究生系列)	21.00
电路分析基础(高职)(牛金生)	16.00	射频/微波电路导论	28.00
电路与电子技术(路松行)	22.00	微电子器件可靠性(研究生系列)	13.00
电力电子技术(曾方)	15.00	物理光学与应用光学	26.00
电工基础(第二版)(教育部高职)	18.00	非线性光学(研究生系列)	40.00

现代光学(研究生系列)	18.00	计算机数据通信教程(张燕)	15.00
红外物理(研究生系列)	20.00	纠错码——原理与方法(王新梅)	35.00
常用低压电器与可编程序控制器	22.00	编码理论	19.00
可编程逻辑器件原理、开发与应用	22.00	数字通信原理与技术(第二版)	25.00
可编程逻辑器件原理及应用(朱明程)	23.00	现代通信新技术	20.00
多传感器数据融合及其应用(研究生系列)	18.00	现代交换技术	20.00
毕业设计指导(电类)(高职)	28.00	程控交换技术实用教程(高职)(李正吉)	11.00
~~~~~通信与自动控制类~~~~~			
《通信电子线路(第二版)》学习指导	25.00	程控数字交换原理学习指导与习题解析	12.00
光纤通信(方强)	15.00	自动控制原理(赵四化)	16.00
光纤通信(张宝富)	18.00	自动控制原理(薛安克)	19.00
光纤通信(刘增基)	15.00	《自动控制原理》学习指导与题解(方斌)	22.00
卫星通信	12.00	自动控制原理及其应用(高职)	15.00
移动通信(章坚武)	16.00	智能化仪器原理及应用(曹建平)	16.00
蜂窝移动通信技术	23.00	楼宇自动化(高职)	14.00
移动通信技术(高职)	18.00	电梯原理及逻辑排故(高职)	22.00
数字通信系统(强世锦)	17.00	~~~~~家用电器与机电类~~~~~	
数字通信原理与技术(第二版)	25.00	电视原理与系统(赵坚勇)	16.00
数字通信原理(黎洪松)	25.00	电视原理与电视机检修(高职)	16.00
通信原理与通信技术	23.00	电视机原理与技术(李林和)	20.00
《通信原理与通信技术》学习指导	22.00	数字电视技术	20.00
多媒体通信技术(王汝言)	23.00	电器原理与技术(裴昌幸)	24.00
现代通信系统	24.00	调音技术(高职)	16.00
通信电路(沈伟慈)	18.00	音响技术	13.00
通信电源(高职)	14.00	现代音响与调音技术	19.00
通信系统(修订版)(王秉钧)	22.00	工程力学(皮)	12.00
现代通信系统导论(高职)	18.00	机械工程基础(李茹)	26.00
现代通信网概论	25.00	机械设计基础(赵冬梅)	21.00
现代通信理论与技术导论	25.00	机械设计基础(张京辉)	24.00
现代通信技术与网络应用	23.00	机械基础(周家泽)	17.00
现代通信新技术	20.00	机械CAD/CAM技术(方新)	20.00
现代通信原理与技术	26.00	计算机辅助机械设计(秦汝明)	19.00
通信工程专业英语	12.00	数控机床原理与编程(陈富安)	20.00
微波技术与天线	17.00	数控加工与编程(高职)	19.00
锁相技术	14.80	机电一体化技术	17.00
计算机通信网(沈)	24.00	电切削加工技术(高职)(詹)	13.00
计算机通信网(修订版)(刘后铭)	18.00	液压与气动技术(朱梅)	19.00
		特种加工技术(周旭光)	10.00

~~~~~  
 欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

从邮局或银行汇款邮购者, 汇款单上务必写清收书人姓名、地址、邮编、电话。款到后我社将挂号发书, 加收5元包装邮费(一次购书30元以上者可免收邮费)。

通信地址: 西安市太白南路2号 西安电子科技大学出版社发行部 邮 编: 710071

电 话: (029) 88201467

传 真: (029) 88213675

主 页: <http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

目 录

第一篇 电机与拖动

| | |
|-------------------------------|----|
| 第 1 章 直流电机 | 3 |
| 1.1 直流电机的基本工作原理 | 3 |
| 1.1.1 直流电动机的基本工作原理 | 3 |
| 1.1.2 直流发电机的基本工作原理 | 4 |
| 1.2 直流电机的基本结构与铭牌 | 5 |
| 1.2.1 直流电机基本结构 | 5 |
| 1.2.2 直流电机的额定值及铭牌 | 8 |
| 1.2.3 直流电机主要系列简介 | 9 |
| * 1.3 直流电机的电枢绕组 | 9 |
| 1.3.1 直流电枢绕组的基本知识 | 10 |
| 1.3.2 单叠绕组 | 11 |
| 1.3.3 单波绕组 | 13 |
| 1.4 直流电机的磁场 | 15 |
| 1.4.1 直流电机的励磁方式 | 15 |
| 1.4.2 直流电机的空载磁场和磁化曲线 | 16 |
| 1.4.3 直流电机的负载磁场与电枢反应 | 18 |
| 1.5 直流电机的电枢电动势和电磁转矩 | 20 |
| 1.5.1 直流电机的电枢电动势 | 20 |
| 1.5.2 直流电机的电磁转矩 | 21 |
| 1.6 直流电动机 | 21 |
| 1.6.1 直流电动机稳态运行的基本方程 | 21 |
| 1.6.2 直流电动机的工作特性 | 23 |
| * 1.7 直流电机的换向 | 25 |
| 1.7.1 直流电机的换向过程 | 25 |
| 1.7.2 影响换向的电磁原因 | 26 |
| 1.7.3 改善换向的方法 | 28 |
| 本章小结 | 30 |
| 思考题与习题 | 31 |
| 第 2 章 直流电动机的电力拖动 | 32 |
| 2.1 电力拖动系统的动力学基础 | 32 |

| | | |
|-------|--------------------------|----|
| 2.1.1 | 电力拖动系统的运动方程式 | 32 |
| 2.1.2 | 工作机构转矩、飞轮矩、力和质量的折算 | 34 |
| 2.1.3 | 负载的转矩特性 | 39 |
| 2.2 | 他励直流电动机的机械特性 | 41 |
| 2.2.1 | 机械特性的表达式 | 41 |
| 2.2.2 | 固有机械特性和人为机械特性 | 42 |
| 2.2.3 | 机械特性曲线的求取与绘制 | 44 |
| 2.2.4 | 电力拖动系统稳定运行条件 | 46 |
| 2.3 | 他励直流电动机的起动 | 47 |
| 2.3.1 | 电枢回路串电阻起动 | 48 |
| 2.3.2 | 降压起动 | 49 |
| 2.4 | 他励直流电动机的制动 | 49 |
| 2.4.1 | 能耗制动 | 50 |
| 2.4.2 | 反接制动 | 51 |
| 2.4.3 | 回馈制动 | 53 |
| 2.4.4 | 直流电动机的反转 | 56 |
| 2.5 | 他励直流电动机的调速 | 56 |
| 2.5.1 | 调速指标 | 56 |
| 2.5.2 | 调速方法 | 58 |
| 2.5.3 | 调速方式与负载类型的配合 | 61 |
| 2.6 | 串励及复励直流电动机的电力拖动 | 64 |
| 2.6.1 | 串励直流电动机的机械特性 | 64 |
| 2.6.2 | 串励直流电动机的电气制动 | 66 |
| 2.6.3 | 复励直流电动机 | 67 |
| | 本章小结 | 68 |
| | 思考题与习题 | 69 |

第3章 变压器

| | | |
|-------|--------------------------|----|
| 3.1 | 变压器的原理与结构 | 70 |
| 3.1.1 | 变压器的用途与分类 | 70 |
| 3.1.2 | 变压器的基本结构 | 71 |
| 3.1.3 | 变压器的型号和额定值 | 75 |
| 3.2 | 变压器的空载运行 | 76 |
| 3.2.1 | 变压器空载运行的电磁关系 | 77 |
| 3.2.2 | 变压器空载时的电动势和电压平衡方程式 | 78 |
| 3.2.3 | 变压器的空载电流和空载损耗 | 79 |
| 3.2.4 | 变压器空载时的等效电路与相量图 | 81 |
| 3.3 | 变压器的负载运行 | 81 |
| 3.3.1 | 变压器负载运行时的物理状况 | 82 |
| 3.3.2 | 变压器负载运行时的基本方程 | 82 |
| 3.4 | 变压器的等效电路 | 84 |
| 3.4.1 | 绕组折算 | 84 |
| 3.4.2 | 等效电路与相量图 | 85 |

| | |
|--|------------|
| 3.5 变压器的标么值 | 87 |
| 3.5.1 变压器标么值的定义 | 88 |
| 3.5.2 标么值的计算 | 88 |
| 3.5.3 采用标么值的优缺点 | 89 |
| 3.6 变压器参数的测定 | 89 |
| 3.6.1 变压器的空载试验 | 89 |
| 3.6.2 变压器的短路试验 | 90 |
| 3.7 变压器的运行性能 | 92 |
| 3.7.1 变压器的外特性 | 92 |
| 3.7.2 变压器的损耗和效率特性 | 94 |
| 3.8 三相变压器 | 95 |
| 3.8.1 三相变压器的磁路系统 | 95 |
| 3.8.2 三相变压器的电路系统——连接组别 | 97 |
| 3.8.3 三相变压器连接法和磁路系统对电动势波形的影响 | 101 |
| 3.9 变压器的并联运行 | 102 |
| 3.9.1 变压器并联运行的理想条件 | 103 |
| 3.9.2 不满足并联运行理想条件时的运行分析 | 103 |
| 3.10 特殊用途变压器 | 105 |
| 3.10.1 自耦变压器 | 105 |
| 3.10.2 仪用互感器 | 107 |
| 本章小结 | 109 |
| 思考题与习题 | 110 |
| * 第4章 交流电机的定子绕组、磁动势及感应电动势 | 113 |
| 4.1 交流电机的定子绕组 | 113 |
| 4.1.1 三相交流绕组的基本要求和分类 | 113 |
| 4.1.2 单层绕组 | 114 |
| 4.1.3 双层叠绕组 | 119 |
| 4.2 绕组的磁动势 | 121 |
| 4.2.1 单相绕组的磁动势——脉振磁动势 | 121 |
| 4.2.2 三相绕组基波合成磁动势——旋转磁动势 | 126 |
| 4.3 绕组的感应电动势 | 127 |
| 4.3.1 线圈的感应电动势 | 127 |
| 4.3.2 线圈组电动势 | 129 |
| 4.3.3 相电动势 | 130 |
| 4.3.4 短距绕组与分布绕组对电动势波形的影响 | 130 |
| 本章小结 | 132 |
| 思考题与习题 | 132 |
| 第5章 三相感应电动机 | 133 |
| 5.1 三相感应电动机的基本工作原理与结构 | 133 |
| 5.1.1 三相感应电动机的基本结构 | 133 |
| 5.1.2 三相感应电动机的基本工作原理 | 136 |

| | |
|------------------------------|------------|
| 5.2 三相感应电动机的空载运行 | 140 |
| 5.2.1 空载运行时的电磁关系 | 140 |
| 5.2.2 空载时的定子电压平衡关系 | 142 |
| 5.3 三相感应电动机的负载运行 | 143 |
| 5.3.1 负载运行时的物理情况 | 143 |
| 5.3.2 负载运行时的电磁关系 | 145 |
| 5.4 三相感应电动机的等效电路与相量图 | 145 |
| 5.4.1 折算 | 145 |
| 5.4.2 感应电动机的等效电路与相量图 | 147 |
| 5.5 三相感应电动机的功率和电磁转矩 | 149 |
| 5.6 三相感应电动机的工作特性 | 151 |
| 5.6.1 转速特性 | 151 |
| 5.6.2 定子电流特性 | 151 |
| 5.6.3 定子功率因数特性 | 151 |
| 5.6.4 输出转矩特性 | 152 |
| 5.6.5 效率特性 | 152 |
| 5.7 三相感应电动机的参数测定 | 152 |
| 5.7.1 空载试验 | 153 |
| 5.7.2 堵转试验 | 154 |
| 本章小结 | 155 |
| 思考题与习题 | 156 |
| 第6章 交流电动机的电力拖动 | 157 |
| 6.1 三相感应电动机的机械特性 | 157 |
| 6.1.1 固有机特性的分析 | 157 |
| 6.1.2 人为机械特性的分析 | 159 |
| 6.1.3 机械特性的实用表达式 | 160 |
| 6.2 三相感应电动机的起动 | 161 |
| 6.2.1 三相笼形转子感应电动机的起动 | 161 |
| 6.2.2 深槽式及双笼形感应电动机 | 164 |
| 6.2.3 绕线转子感应电动机的起动 | 166 |
| 6.3 三相感应电动机的制动 | 169 |
| 6.3.1 能耗制动 | 169 |
| 6.3.2 反接制动 | 171 |
| 6.3.3 回馈制动 | 174 |
| 6.4 三相感应电动机的调速 | 176 |
| 6.4.1 降电压调速 | 176 |
| 6.4.2 绕线感应电动机转子回路串电阻调速 | 177 |
| 6.4.3 笼形三相感应电动机变极调速 | 178 |
| 6.4.4 变频调速 | 181 |
| 6.4.5 绕线转子电动机的串级调速 | 183 |
| 6.5 电磁调速感应电动机与直线电动机 | 185 |
| 6.5.1 电磁调速感应电动机 | 185 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| 6.5.2 直线感应电动机 | 187 |
| 6.6 单相感应电动机 | 188 |
| 6.6.1 单相感应电动机的基本结构 | 188 |
| 6.6.2 单相感应电动机的工作原理 | 189 |
| 6.6.3 单相感应电动机的主要类型及起动方法 | 190 |
| * 6.7 同步电动机 | 192 |
| 6.7.1 同步电动机的基本结构及工作原理 | 192 |
| 6.7.2 同步电动机的电动势方程和相量图 | 193 |
| 6.7.3 同步电动机的功率平衡和转矩功角特性 | 194 |
| 6.7.4 同步电动机功率因数的调节和 V 形曲线 | 197 |
| 6.7.5 同步电动机的起动 | 198 |
| 本章小结 | 199 |
| 思考题与习题 | 200 |
| 第 7 章 控制电机 | 202 |
| 7.1 概述 | 202 |
| 7.1.1 控制电机的基本用途和分类 | 202 |
| 7.1.2 对控制电机的基本要求 | 203 |
| 7.2 伺服电动机 | 204 |
| 7.2.1 直流伺服电动机 | 204 |
| 7.2.2 交流伺服电动机 | 206 |
| 7.3 测速发电机 | 209 |
| 7.3.1 直流测速发电机 | 209 |
| 7.3.2 交流测速发电机 | 211 |
| 7.4 步进电动机 | 212 |
| 7.4.1 概述 | 212 |
| 7.4.2 反应式步进电动机的结构和工作原理 | 213 |
| 7.4.3 步进电动机的运行特性 | 216 |
| 7.4.4 步进电动机的驱动电源 | 221 |
| 7.4.5 步进电动机主要技术数据和性能指标 | 221 |
| * 7.5 自整角机 | 222 |
| 7.5.1 力矩式自整角机 | 223 |
| 7.5.2 控制式自整角机 | 225 |
| 7.5.3 自整角机的误差与选用时应注意的事项 | 226 |
| 本章小结 | 227 |
| 思考题与习题 | 227 |
| 第 8 章 电力拖动系统中电动机的选择 | 229 |
| 8.1 电动机的工作制分类 | 229 |
| 8.1.1 连续工作制(S_1) | 229 |
| 8.1.2 短时工作制(S_2) | 229 |
| 8.1.3 断续周期工作制 | 230 |
| 8.2 电动机容量的选择方法 | 231 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 8.2.1 连续工作制电动机容量的选择 | 231 |
| 8.2.2 短时工作制电动机容量的选择 | 232 |
| 8.2.3 断续周期工作制电动机容量的选择 | 232 |
| 8.2.4 统计法和类比法 | 233 |
| 8.3 电动机种类、形式、电压、转速的选择 | 234 |
| 8.3.1 电动机种类的选择 | 234 |
| 8.3.2 电动机形式的选择 | 234 |
| 8.3.3 电动机额定电压的选择 | 235 |
| 8.3.4 电动机额定转速的选择 | 235 |
| 本章小结 | 236 |
| 思考题与习题 | 236 |

第二篇 电气控制与 PLC

| | |
|--------------------------------|-----|
| 第 9 章 继电器-接触器控制系统 | 239 |
| 9.1 常用低压电器 | 239 |
| 9.1.1 接触器 | 240 |
| 9.1.2 继电器 | 241 |
| 9.1.3 熔断器 | 246 |
| 9.1.4 低压隔离器 | 247 |
| 9.1.5 主令电器 | 250 |
| 9.2 电气图及电气控制线路的分析 | 251 |
| 9.2.1 电气图的基本知识 | 251 |
| 9.2.2 电气控制线路分析基础 | 256 |
| 9.3 基本控制环节和典型控制电路 | 257 |
| 9.3.1 起动、停止控制线路 | 257 |
| 9.3.2 可逆运行(正、反转)控制线路 | 260 |
| 9.3.3 自动往复循环控制 | 261 |
| 9.3.4 三相感应电动机的起动 | 262 |
| 9.3.5 三相感应电动机的制动 | 265 |
| 9.3.6 三相感应电动机的调速 | 269 |
| 本章小结 | 270 |
| 思考题与习题 | 270 |
|
 | |
| 第 10 章 可编程序控制器及应用 | 272 |
| 10.1 PLC 的发展概况和主要特点 | 272 |
| 10.1.1 可编程序控制器的产生和现状 | 272 |
| 10.1.2 可编程序控制器的特点和应用 | 273 |
| 10.1.3 可编程序控制器的分类及发展趋势 | 274 |
| 10.2 PLC 的基本结构与工作原理 | 275 |
| 10.2.1 可编程序控制器的组成和等效电路 | 275 |

| | | |
|--------|---------------------------|-----|
| 10.2.2 | 可编程序控制器的工作方式 | 281 |
| 10.2.3 | C系列P型可编程序控制器的内部资源分配 | 283 |
| 10.3 | PLC的指令与编程 | 286 |
| 10.3.1 | 可编程序控制器程序设计语言 | 286 |
| 10.3.2 | 基本指令 | 288 |
| 10.3.3 | 功能指令 | 292 |
| 10.4 | 编程技巧 | 297 |
| 10.4.1 | 编程原则 | 297 |
| 10.4.2 | 电路分块 | 298 |
| 10.4.3 | 电路简化 | 301 |
| * 10.5 | OMRON PLC的计算机辅助编程 | 303 |
| 10.5.1 | SYSMAC-CPT的使用环境 | 303 |
| 10.5.2 | SYSMAC-CPT的软件安装 | 303 |
| 10.5.3 | SYSMAC-CPT的主要功能 | 303 |
| 10.5.4 | SYSMAC-CPT软件的使用 | 304 |
| 10.5.5 | OMRON PLC的计算机辅助编程举例 | 307 |
| | 本章小结 | 311 |
| | 思考题与习题 | 312 |

第三篇 供用电技术

| | | |
|--------|-------------------------------|-----|
| 第11章 | 工厂供电 | 315 |
| 11.1 | 工厂供电系统概述及电压选择 | 315 |
| 11.1.1 | 工厂供电系统概述 | 315 |
| 11.1.2 | 电力系统的组成 | 316 |
| 11.1.3 | 电力系统的电压 | 317 |
| 11.1.4 | 工厂供电系统配电电压的选择 | 318 |
| 11.1.5 | 工厂供电系统的质量指标 | 318 |
| 11.2 | 工厂电力负荷的计算 | 320 |
| 11.2.1 | 计算负荷及设备容量 | 320 |
| 11.2.2 | 按需要系数法确定计算负荷 | 321 |
| 11.2.3 | 工厂的功率因数、无功补偿及补偿后的工厂计算负荷 | 324 |
| 11.3 | 变电所位置及变压器台数和容量选择 | 325 |
| 11.3.1 | 变配电所的所址选择 | 325 |
| 11.3.2 | 变电所主变压器台数和容量的选择 | 326 |
| 11.4 | 变配电所高低压一次设备 | 327 |
| 11.4.1 | 高压一次设备 | 327 |
| 11.4.2 | 低压一次设备 | 330 |
| 11.5 | 工厂变配电所的主电路图 | 333 |
| 11.5.1 | 概述 | 333 |
| 11.5.2 | 电气主电路图的基本形式 | 333 |