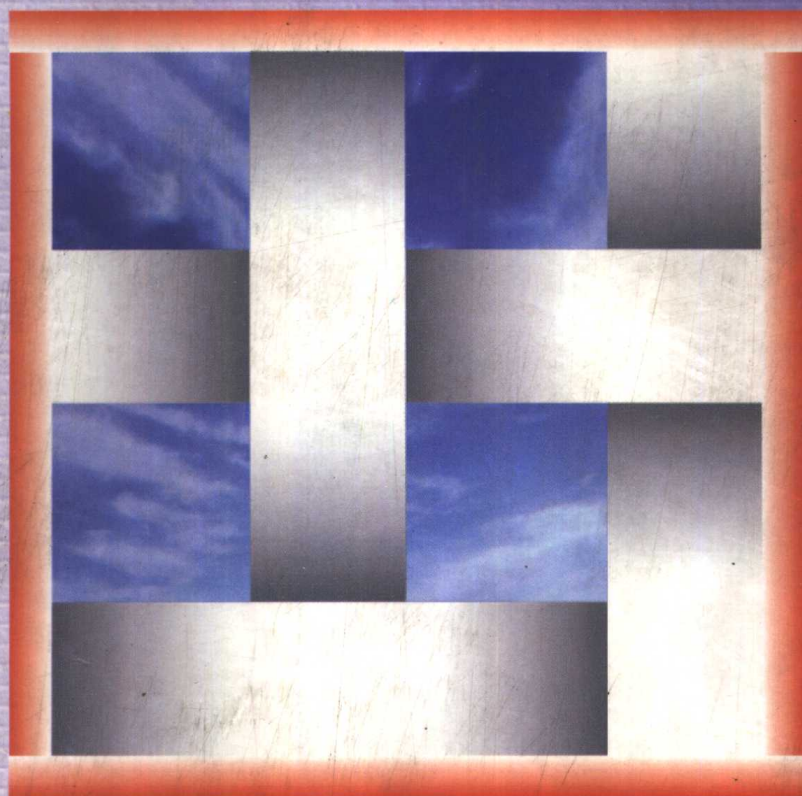


电力传动自动控制系统

唐永哲 编著



- 直流调速系统
- 随动系统
- 交流调速系统
- 数字计算机控制与仿真

西安电子科技大学出版社
XIDIAN UNIVERSITY PRESS

TM921.5

T-079

电力传动自动控制系统

唐永哲 编著

西安电子科技大学出版社

1998

887950

内 容 提 要

本书对近年来电力传动自动控制系统的巨大发展和丰富内容作了比较详细和系统的介绍；从工程实践的角度出发，论述了电力传动自动控制系统设计中的众多问题。内容包括直、交流调速系统，随动系统和数字计算机在电力传动控制系统中的应用。主要论述了系统的总体设计基础、组件和装置的原理、传动系统的动态过程分析和设计、数字计算机控制与仿真以及提高抗干扰性和可靠性的措施等内容。

本书可供自动控制类、机电一体化、设备管理、电机电气等专业的研究人员、工程技术人员参考，也可作为高等院校同类专业学生的教材，还可供广大工程技术人员和业余爱好者阅读。

电力传动自动控制系统

唐永哲 编著

责任编辑 云立实

西安电子科技大学出版社出版发行

陕西省富平县印刷厂印刷

新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 30 4/16 字数 716 千字

1998 年 4 月第 1 版 1998 年 4 月第 1 次印刷 印数 1-4 000

ISBN 7-5606-0559-1/TN·0108

定价：30.50 元

• 前 言 •

现代自动控制系统应用范围极广,以机械运动为主要生产方式,以电动机为执行部件的电力传动自动控制系统,几乎遍及国民经济和国防事业的一切部门。改革开放十余年来,电力传动的控制技术得到了迅速发展,可控关断的电力电子器件和由它实现的 PWM 技术正在中小功率范围内逐步取代晶闸管和相控整流装置,各种交流电机调速系统和随动系统已经得到普遍应用,数字计算机控制系统已经日趋完善并开拓了变结构、自适应控制、自诊断、多重化技术等模拟系统难以达到的领域。

鉴于广大工程技术人员和学生希望在较短时间内能够掌握上述内容,为工程设计打下基础的强烈愿望,编者依据自己多年教学和工程实践中积累的丰富资料,特编写了本书,奉献给读者。

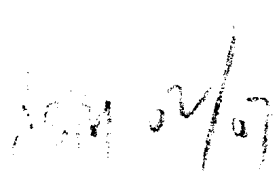
本书系统地介绍了电力传动控制系统的组成、稳态、动态分析和设计。根据内容的系统性和联系的紧密性,共分四篇二十一章。其中第一章为绪论;第一篇包括第二章~第六章,为直流调速系统;第二篇包括第七章~第十三章,为随动系统;第三篇包括第十四章~第十九章,为交流调速系统;第四篇包括第二十章~第二十一章,为数字计算机在电力传动控制系统中的应用。各篇之间互相紧密联系,又各自独立形成一个体系,可根据教学和工程需要选用。

本书强调了工程的设计、处理方法以及工程实现中实际问题的处理。各章都有几个设计实例,可供参考。同时,在各章的后面均有一定数量的练习题,供深入理解其内容和复习之用。

本书内容的先修课程为“自动控制理论”、“晶闸管变流技术”、“电机与电磁器件”。若具备上述知识,学习本书就会得心应手;不完全具备上述知识,本书也便于自学,从中受益。

西安电子科技大学出版社为本书的出版做了大量的工作,在此谨致衷心的感谢。

由于编写者的思想水平、业务造诣和教学经验都很有限,错误或不当之处在所难免,殷切期望广大读者批评指正。



西北工业大学 唐永哲
1997年3月

欢迎选购西安电子科技大学出版社各类计算机图书

书代号	书 名	作 者	定价(元)
084500	MODEM 通信编程技术	陈 坚	20.00
082300	互联网 Internet 和用户软件 Netscape	王永山	16.50
080300	NetWare 3. X~4. X 实用培训教程	蔡皖东	23.50
080800	电子邮件、Internet 及 WWW 实用技巧	金 西	17.60
079200	Internet 操作导航 123 问	苏武荣	13.00
076800	Internet 集成浏览工具	刘彦明	21.00
074500	跟我进入 Internet	李 鹏	22.80
066901	Internet 资源与使用	马鸿飞	15.80
084200	计算机网络技术	蔡皖东	36.00
072600	Novell 实用网络工程方法	莫卫东	17.50
068500	从 DOS 到 Windows	李 杰	17.50
075700	四通利方 Rich Win 4.2 操作与使用技巧	曹国钧	20.00
072701	中文之星 2.0/2.5 for Windows 95 操作与使用技巧	曹国钧	25.00
075500	中英文 Windows 95 快速通	罗昌隆	24.80
070700	中文版 Windows 95 使用大全	梁 晋	36.50
074700	中文 Windows 95 环境与操作	李舜酩	26.00
068200	Windows 95 使用教程	罗昌隆	19.80
0694A1	Windows 95 使用指南	梁 晋	22.00
072200	Windows 3.2 快速入门	凌伟鸣	9.80
073200	中文 Windows 3.2 实用教程	武岳山	32.00
071200	UNIX 系统初级教程	刘彦明	23.00
081100	Norton 8.0 中文版操作应用技巧	曹国钧	31.80
070600	DOS 工具软件例解大全	金 西	25.00
078600	Windows 95 多媒体应用程序设计技术	陈 坚	27.00
075200	微机多媒体技术及应用	李舜酩	18.80
075400	多媒体电脑原理、使用与维护	金 西	22.50
071900	多媒体电脑安装与测试实用技术	潘永雄	22.80
083300	看图学用金蝶财务软件 for Windows	张晓红	17.50
085500	全国计算机等级考试模拟题解(一级)	匡 松	17.00
084900	电脑英语五周通	张强华	24.50
085400	计算机应用基础教程	陈 康	21.00
069800	计算机等级考试培训教程(一级)	李菊莲	14.80
076000	会计电算化实用教程(初级)	张小红	28.00
070800	Windows 入门及其文字处理	卫跃文	12.80
063502	计算机原理、操作与文字处理(第三版)	李菊莲	12.80
076300	微机操作与文字处理(修订版)	张晓云	18.80
070900	精通电脑 150 问	徐 飞	21.00
072100	电脑使用 300 个怎么办?	张建明	28.60
068701	微机常用软件英文提示信息速查手册	曾瑶辉	16.50
078000	Photo shop 图像处理软件实用技术	张红文	16.00
073500	3D Studio 从入门到精通	蔡皖东	24.50
085000	WPS97 实用操作教程	金 西	20.00
081900	中文 Word 8.0 快学通	徐 峰	20.60
083500	中英文 Word 97 速成教程	张建明	20.50
081400	中文 Excel 8.0 快学通	刘振安	19.80
077700	中文版 Microsoft Excel 7.0 实用教程	李忠勇	30.00
077300	中文 Power Point 95 快学通	曹国钧	31.50
071800	中文 Excel 95 快学通	曹国钧	31.50
078800	中文 Word 95 快学通	曹国钧	19.50
078400	中文 Word 6.0、7.0 高级技巧	曹国钧	28.00
077000	中文 Word 7.0 使用与提高	陶 治	29.00
073800	最新中文版 Word 7.0 实用教程	李淑娟	26.00

书代号	书 名	作 者	定价(元)
067600	最新中文 Word 6.0 使用指南	陶 治	21.00
077900	最新一代字表编辑软件 CCED5.0~5.03 实用指南(修订版)	曹国钧	18.80
076700	Power Builder 4.0 使用精解	徐东晖	32.00
084100	智能卡技术及应用	严冬冬	9.50
082600	计算机通信技术及其程序设计	李 鹏	22.00
074300	MD110 程控数字交换机——操作维护教程	罗相根	20.60
084000	Visual FoxPro 5.0 中文版实用指南	曹国钧	22.00
083700	图解 Visual Foxpro 5.0	杨益军	23.00
079500	关系数据库 Sybase SQL Server 应用指南	郭玉东	29.00
074800	ORACLE 7 关系数据库实用技术——编程与应用	刘竹林	27.00
073700	FoxPro 2.6 快速入门	莫 燕	16.00
071000	FoxPro 2.6 实用教程	张小红	22.60
067101	FoxPro 2.5、2.6 及其程序设计	郭盈发	28.00
066700	最新 FoxPro 2.6 for Windows 使用详解	梁 杰	20.00
051302	汉字 FOXBASE+ 及其程序设计	郭盈发	14.80
074200	汉字 FOXBASE+ 及其程序设计——习题解答与上机指导	朱大公	13.40
005200	汉字 FOXBASE+ 高级程序设计技术——方法、技巧与实例	耿国华	15.00
084700	Visual Basic 5.0 中文版实用指南	曹国钧	17.00
080700	MATLAB 程序设计语言	楼顺天	16.80
077800	Java 语言及其程序设计	刘彦明	41.00
080200	Visual Basic 4.0 应用速成	刘振安	24.00
079000	Delphi(1.0/2.0) 实用编程技术	王 强	22.50
079300	Borlound C++ 5.0 OWL 5.0 编程技术与实例	雷 宇	35.50
079900	利用 Visual C++ 2.0/4.0 编制 Windows 95 应用程序	陈 坚	29.50
069200	Visual C++ for Windows 面向对象程序设计	刘培奇	27.50
082400	微型机系统故障分析与实用维修	李国彬	24.50
079400	Motorola 单片机原理及应用技术	赵中奇	20.50
080400	VHDL 硬件描述语言与数字逻辑电路设计	侯伯亨	22.00
062001	可编程序控制器原理及应用	江秀汉	23.50
079700	AutoCAD 12.0 绘图软件包的使用与二次开发技术	吉晓民	27.00
071500	Auto CAD 学与练	赵长利	16.50
060501	电子 CAD 技术基础	李玉山	9.50
060701	电子电路 CAD 技术	郝 跃	17.80
060602	电子系统及专用集成电路 CAD 技术	李玉山	21.50
081200	最新考研数学复习指导	刘三阳	20.50
081800	TOETL 语法满分技巧	贾海鹰	26.70
081600	最新考研英语复习指导	刘国恒	17.80
084300	大学英语常见同义词辨析	张小燕	8.60
082500	大学英语四级阅读综合训练	马春霞	7.80
080000	大学英语六级模拟试题新题型精编	杨华静	11.00
071300	新编大学英语四级考试模拟试题集	杨 跃	10.00
077600	大学英语五、六级研究生英语词汇手册	张新云	13.50
061300	大学英语四级考试词汇手册	杨 跃	7.50
069000	新编大学英语四级考试固定词组手册	杨 跃	4.00

欢迎来函索取本社最新书目, 欢迎投稿, 欢迎经销!

从邮局或银行预汇款邮购者, 款到后五天内我社将挂号发书, 加收 15% 的包装邮寄费。

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

银行户名: 西安电子科技大学

邮编: 710071 传真: (029)8213675

帐 号: 231-144742-20301

电话: (029)8234321-2945

开户银行: 工商银行陵园路分理处

(029)8213675

· 目 录 ·

第一章 绪 论

1-1 电力传动技术在国民经济中的意义	1	使用形式	4
一、电力传动自动控制系统	1	1-4 电力传动自动控制系统的分类	5
二、电力传动自动控制系统的特征	1	1-5 电力传动技术概况	6
1-2 电力传动技术发展的长远目标	1	一、直流传动技术概况	6
1-3 电力传动自动控制系统的特征及使用形式	2	二、交流传动技术概况	6
一、电力传动自动控制系统的特性	2	三、计算机应用技术	7
二、电力传动自动控制系统的		1-6 电力传动技术工程师的任务	7
		练习题	7

第一篇 直流调速系统

第二章 单闭环直流调速系统

2-1 概述	9	四、采用积分调节器的单闭环无静差调速系统	28
一、调速的定义	9	五、采用比例积分(PI)调节器的单闭环无静差调速系统	29
二、直流调速的方案	9	2-5 采用电压负反馈和电流正反馈控制方案的调速系统	33
三、调速指标	10	一、系统组成	33
2-2 单闭环直流调速系统的组成及其特性	13	二、电压负反馈调速系统	34
一、系统组成	13	三、电流正反馈	35
二、单闭环调速系统的稳态特性	14	四、电流补偿控制调速系统的稳定性	37
三、单闭环调速系统的动态特性	18	2-6 单闭环直流调速系统的非线性特性	37
2-3 单闭环调速系统中的电流截止环节及其特性	23	2-7 单闭环调速系统的问题及其解决办法	39
一、问题的提出	23	一、电流脉动的影响及其抑制措施	39
二、电流截止负反馈装置	23	二、交流分量会破坏系统的正常工作，需引入滤波器	39
三、带电流截止负反馈的单闭环调速系统稳态结构图和静特性	24	三、电压负反馈调速系统中的电压隔离变换器	39
2-4 单闭环无静差调速系统	26		
一、引言	26		
二、积分调节器(I 调节器)	26		
三、比例积分(PD)调节器	27		

2-8 例题	39	练习题	44
--------------	----	-----------	----

第三章 多环直流调速系统

3-1 转速、电流双闭环调速系统	46	双闭环调速系统	54
一、引言	46	一、复合控制系统及不变性原理	
二、转速、电流双闭环调速系统的组成	46	的基本概念	54
三、双闭环调速系统的静特性	47	二、具有外扰观测器、补偿器的	
四、稳态工作点和稳态参数的计算	48	双环调速系统	55
五、双闭环调速系统的动态特性	49	3-4 三环调速系统	59
六、双闭环调速系统中两个调节器		一、带电流变化率调节器的三环系统	59
的作用	52	二、带电压内环的三环调速系统	62
3-2 转速超调的抑制——转速微分		3-5 带有励磁控制的调速系统	64
负反馈	52	一、电枢电压与励磁配合控制	64
一、问题的提出	52	二、非独立控制励磁的调速系统	64
二、带转速微分负反馈双闭环调速系统		3-6 例题	66
的数学模型	52	练习题	69
3-3 带负载观测器、补偿器的			

第四章 直流调速系统的工程设计方法

4-1 工程设计的基本方法	71	4-4 转速环的并联微分校正	94
一、工程设计方法与步骤	71	一、引言	94
二、典型系统	72	二、Ⅱ型典型系统微分负反馈并联校正	
4-2 单闭环调速系统的设计	79	的结构图和对数频率特性	94
一、引言	79	三、 τ_0 、 T_0 与系统性能的关系	96
二、工程设计中的近似处理	80	4-5 调速系统的计算机仿真	99
三、单闭环调速系统中调节器的选择	84	一、仿真的数学模型	99
4-3 双闭环调速系统的设计	86	二、编制系统仿真程序 TSF.FOR	100
一、基本思路	86	三、仿真过程	102
二、电流环设计	86	四、结果分析	102
三、转速环的设计	90	4-6 例题	103
四、转速调节器饱和限幅工作状态		练习题	110
超调量的计算	92		

第五章 可逆直流调速系统

5-1 可逆调速	113	5-3 可逆直流调速系统的回馈制动	116
一、可逆调速问题的提出	113	一、逆变状态	116
二、定义	113	二、产生逆变的条件	117
5-2 可逆调速系统的原理方案	113	三、电动机的回馈制动	117
一、电枢反接可逆线路	114	四、如何在 V-M 系统中实现回馈	
二、励磁反接可逆线路	115	制动	118
三、电枢可逆系统和磁场可逆系统		5-4 可逆直流调速系统的环流	119
的比较	115	一、环流及其种类	119

二、配合控制与直流环流	120	5-6 无环流可逆调速系统	127
三、脉动环流产生的原因及其抑制方法	121	一、采用无环流系统的理由	127
5-5 有环流可逆调速系统	122	二、分类	127
一、 $\alpha=\beta$ 工作制配合控制的有环流可逆系统	122	三、逻辑控制的无环流可逆调速系统	128
二、制动过程	124	四、错位控制的无环流可逆调速系统	130
三、有环流可逆系统的优、缺点	127	5-7 例题	133
		练习题	139

第六章 直流脉宽调速系统

6-1 脉宽调制的理论	141	二、逻辑延时电路	147
一、定义	141	三、功率输出级的驱动电路	148
二、PWM 变换器的分类	141	6-4 晶体管脉宽调速系统的特殊问题	148
三、PWM 变换器的工作原理	141	一、电流脉动量	148
四、PWM 变换器的优点	144	二、转速脉动量	150
五、PWM 变换器的缺点	145	三、最佳开关频率	152
六、双极式和单极式可逆 PWM 变换器的比较	145	四、泵升电压	152
6-2 脉宽调速系统的开环机械特性	145	五、脉宽调制器和 PWM 变换器的传递函数	153
6-3 脉宽调速系统的控制回路	146	6-5 设计实例	153
一、脉宽调制器	146	练习题	163

第二篇 随动系统

第七章 随动系统的基本原理

7-1 概述	165	四、按系统部件输入-输出特性的不同分类	168
一、定义	165	五、按执行元件功率大小来分类	168
二、随动系统的应用	165	7-4 随动系统的品质指标	168
7-2 随动系统的基本结构形式	166	7-5 位置随动系统与调速系统的比较	171
7-3 随动系统的分类	166	练习题	171
一、按系统控制方式分类	167		
二、按组成系统元件的物理性质分类	167		
三、按系统信号特点分类	167		

第八章 随动系统的误差测量

8-1 常用的测量元件	172	四、旋转变压器	177
一、电位计	172	五、感应同步器	178
二、差动变压器	173	六、三自由度陀螺仪	180
三、自整角机	174	8-2 粗-精测角线路	180

一、粗-精测角的原理	180	二、增量式编码器	185
二、粗-精测信号切换区的选择	180	8-4 激光式角度传感器	186
三、假零点的产生及消除办法	181	8-5 应用霍尔元件的旋转传感器	187
四、粗-精测信号选择电路	182	8-6 其它测量元件	188
五、精-精测角装置之间速比的选择	183	一、角度和角位移传感器	188
六、带电气速比的粗-精测角装置	184	二、线性位移传感器	188
8-3 编码盘式角位移传感器	184	练习题	189
一、绝对式编码器	185		

第九章 调制器与相敏解调器

9-1 概述	190	三、场效应管调制器	201
一、将直流信号变换为交流载波信号	190	四、乘积调制器的线路	202
二、将交流载波信号变换为直流信号	190	9-4 相敏解调器	203
9-2 调制器	191	一、概述	203
一、调制的作用	191	二、振幅调制波的解调工作原理	203
二、调制方法及其分类	192	三、对解调器的基本要求	206
三、振幅调制器的基本工作原理	193	9-5 解调器线路实例	206
四、对调制器的基本要求	194	一、二极管环形解调器	206
五、由理想开关构成的串、并联调制器	198	二、三极管解调器	208
六、振幅调制器的分类	198	三、乘积解调器	211
9-3 调制器线路实例	198	9-6 正交切除器	212
一、二极管调制器线路	198	练习题	215
二、三极管调制器线路	200		

第十章 功率放大装置

10-1 概述	217	10-4 晶闸管整流电路	227
10-2 晶体管线性放大线路	217	一、控制直流电动机的不可逆 整流电路	227
一、控制直流电动机的不可逆放大线路	217	二、控制直流电动机的可逆整 流电路	229
二、控制直流电动机的可逆放大线路	218	三、其它晶闸管整流电路	232
三、控制两相异步电动机的功放电路	221	四、晶闸管触发电路	236
10-3 晶体管脉冲宽度调制式 放大器	221	五、晶闸管整流器的传递函数	238
一、控制直流电动机的不可逆控制电路	222	练习题	239
二、控制直流电动机的可逆电路	223		
三、应用实例	226		

第十一章 随动系统的设计

11-1 设计步骤	240	二、执行元件和减速器的选择	243
11-2 系统技术要求的确定	241	三、伺服放大器设计中的几个问题	254
11-3 控制方案选择和主要元部件 选择	243	11-4 稳态和动态的分析计算	257
一、测量元件的选择	243	一、概述	257
		二、稳态计算	258

三、动态分析计算	260	练习题	264
----------------	-----	-----------	-----

第十二章 复合控制随动系统

12-1 概述	267	12-3 实现不变性条件的结构	270
一、引言	267	一、复合控制系统的等效传递函数设计	270
二、复合控制与扰动补偿	267	二、扰动补偿设计	271
12-2 不变性原理	268	12-4 复合控制随动系统设计实例	274
一、不变性	268	练习题	281
二、随动系统的不变性分类	269		

第十三章 非线性控制和自适应控制随动系统的设计

13-1 非线性控制随动系统	283	13-2 非线性系统的最佳控制	293
一、利用局部负反馈削弱非线性因素的影响	283	13-3 自适应调节	296
二、非线性并联校正(非线性阻尼控制)	284	一、自适应调节原理	296
三、非线性串联校正(非线性变增益校正)	285	二、直流传动系统中电枢电流的自适应调节	297
四、利用系统的固有饱和特性,组成改善系统品质的有效装置	287	13-4 变结构滑动模态控制系统的设计方法	300
五、非线性积分器及其应用	288	一、概述	300
六、非线性相位超前装置	290	二、变结构理论的基本概念	300
七、利用非线性特性改善系统品质的实例	291	三、滑动模态的基本概念	302
		四、单输入系统的滑动模态	304
		五、消除抖动的方法	305
		练习题	307

第三篇 交流调速系统

第十四章 交流调速系统概况

14-1 引言	309	14-5 选择交流调速方案时考虑的因素	311
14-2 交流调速的重要作用	310	练习题	311
14-3 交流调速的基本类型	310		
14-4 交流调速的主要问题	311		

第十五章 异步电动机的调压调速系统

15-1 控制方式	313	及其静特性	315
15-2 异步电动机调压时的机械特性	314	二、异步电动机变压调速系统动态结构图	316
15-3 闭环控制的变压调速系统及其特性	315	练习题	320
一、具有速度反馈的调压调速系统			

第十六章 异步电动机的变频调速

16-1 概述	321	16-7 转差开环变频调速系统	336
16-2 变频调速的基本控制方式	321	一、转差开环的交-直-交电压源变频调速系统	336
一、基频以下调速	322	二、转差开环的交-直-交电流源变频调速系统	341
二、基频以上调速	322	16-8 转差频率控制的转差闭环调速系统	344
16-3 变频装置	322	一、基本概念	344
一、变频装置的分类	323	二、转差频率控制规律	345
二、间接变频装置(即交-直-交变频装置)	323	三、转差频率控制的变频调速系统结构和原理	346
三、直接变频装置(即交-交变频装置)	323	四、转差频率控制系统的动态结构图	350
四、电压源和电流源变频器	325	16-9 异步电动机矢量控制的变频调速系统	351
16-4 正弦波脉宽调制(SPWM)逆变器	327	一、矢量控制的基本概念	351
一、引言	327	二、矢量变换规律及其实现	352
二、SPWM 逆变器的工作原理	327	三、矢量变换控制方程	357
三、脉宽调制的制约条件	328	四、磁通观测器	358
四、SPWM 逆变器的调制方式	329	五、矢量控制系统的设计	360
16-5 异步电动机变频控制的机械特性	331	练习题	361
一、恒压恒频控制	331		
二、电压、频率协调控制	331		
16-6 交流电动机变频调速方式及其性能的比较	334		

第十七章 异步电动机串级调速系统

17-1 概述	363	三、串级调速系统的动态数学模型	369
一、引言	363	17-4 串级调速系统的性能	372
二、改变电枢电阻调速的缺点	363	一、串级调速系统的机械特性	372
三、提高交流调速性能的方案	363	二、串级调速装置的容量	376
四、串级调速的定义	364	三、串级调速系统的效率	377
五、串级调速的方法	364	四、串级调速系统的功率因素及其改善途径	379
17-2 串级调速的原理	364	17-5 超同步串级调速系统	383
一、异步电动机转子附加电动势时的工作情况	364	一、定义	383
二、串级调速的功率传递关系	365	二、超同步串级调速工作原理	383
三、电气串级调速系统及其附加电动势的获得	366	三、超同步串级调速系统的再生制动工作	384
四、其它类型的串级调速系统	368	17-6 串级调速系统的设计	385
17-3 具有双闭环控制的串级调速系统	369	一、串调系统中异步电动机容量的选择	385
一、用途	369	二、逆变变压器容量选择	386
二、闭环调速系统的组成	369	三、调速系统调节器参数的确定	386

四、启动方式的选择与操作顺序	387	顺序	388
五、转子感应过电压保护与停车操作		练习题	389

第十八章 同步电动机的变频调速系统

18-1 概述	390	同步电动机调速系统	391
18-2 他控变频同步电动机调速系统		三、同步电动机的矢量控制系统	392
和矢量控制	391	四、同步电动机的多变量数学模型	395
一、转速开环恒压频比控制的同步电动机		18-3 自控变频同步电动机调速系统	396
群调速系统	391	练习题	398
二、由交-交变频器供电的大型低速			

第十九章 无换向器电动机调速系统

19-1 概述	400	一、无换向器电动机调速系统的	
19-2 无换向器电动机的基本原理	402	基本组成	409
一、无换向器电动机的构成及其等效		二、电机不同运行情况时, 触发	
直流电动机模型	402	脉冲分配	411
二、无换向器电动机的电磁转矩	403	三、交-交系统无换向器电动机	
三、无换向器电动机逆变器的换流	405	控制系统	414
19-3 无换向器电动机的基本特性	406	四、四极电动机的位置信号检测	
一、性能分析	406	——光电式位置检测器	415
二、过载能力	408	练习题	416
19-4 无换向器电动机调速系统	409		

第四篇 数字计算机在电力传动控制系统中的应用

第二十章 电力传动系统的数字计算机控制

20-1 概述	417	三、劳斯稳定判据在线性数字系统	
一、引言	417	中的应用	428
二、系统的组成与工作原理	417	四、采样系统稳定性的频域分析法	429
三、系统的主要特点和优点	419	五、电力传动数字控制系统稳态误差	
四、计算机应用系统的构成	420	和稳定性分析实例	429
五、数字计算机控制系统方案举例	421	20-3 电力传动数字计算机控制	
六、系统的设计与实现问题	424	系统的设计	431
20-2 电力传动数字控制系统的稳态		一、直流调速计算机控制系统的设计	431
误差和系统稳定性	425	二、位置随动数字计算机控制系统的设计	442
一、电力传动数字控制系统的		三、交流电动机的微机变频控制装置	
稳态误差	425	设计	445
二、电力传动数字控制系统的		练习题	448
稳定条件	427		

第二十一章 电力传动自动控制系统的数字计算机仿真

21-1 系统、模型、仿真.....	450	一、SIMULINK 模块的安排	458
21-2 控制系统仿真软件 SIMULINK	451	二、构造 SIMULINK 型模块	460
一、软件概况	451	三、模型线性化方法及 SIMULINK	
二、控制系统框图模型	452	实现	461
三、建立控制系统的仿真结构框图	454	四、S 函数的编写与使用	462
四、利用 SIMULINK 进行数字仿真	455	五、SIMULINK 界面设置	464
21-3 SIMULINK 使用的高级技术	458	21-4 SIMULINK 仿真应用实例	465
参考文献			471

绪 论

1-1 电力传动技术在国民经济中的意义

一、电力传动自动控制系统

电力传动自动控制系统是把电能转换成机械能的装置。它广泛应用在精密设备和精密机构、加工和再加工机器以及运输工具中,也广泛应用在原材料工业及其它工业部门的传送、预选、一般生产装置和辅助装置等凡是需要动力的场合中。目前,单个设备的功率可从几毫瓦到几百兆瓦,转速从每小时几转到每分钟几十万转,调速范围在无变速机构情况下可达 $1:10\,000$ 。在生产的总电能中,大约有 $2/3$ 用在电力传动上。

二、电力传动自动控制系统的特征

电力传动自动控制系统的特征是,它能自动地完成能量变换和控制所需要的信息处理。因此,采用自动化传动方法,一方面可以把人从繁重的体力劳动中解放出来,另一方面也可以把人从信息处理的工作中解脱出来。这样,总的来看,其结果就是改善人们在生产过程中的工作条件,并且大幅度提高全社会生产和再生产的效率,具体说就是:

- ① 节约劳动力;
- ② 更经济的使用材料和能源;
- ③ 提高生产设备的利用率;
- ④ 提高产品质量;
- ⑤ 提高生产设备的可靠性和安全性;
- ⑥ 减小故障的危险性和出现重大事故的可能性;
- ⑦ 由于人的固有局限性而不能用于操纵的传动系统,可以实现过程控制。

综上所述,电力传动自动控制系统是提高劳动生产率的合理手段和促使国民经济不断增长的重要因素。因而,正确地采用电力传动自动控制系统并使之进一步向前发展,对国民经济具有十分重要和特别现实的意义。

1-2 电力传动技术发展的长远目标

确定电力传动技术进一步发展的方向和内容,必须考虑全社会的发展目标以及用以实现这些目标的中央统一的路线。制订这些目标和路线的原则是根据世界上对传动机器和机械提出的设计参数发展趋势以及所能提供传动所用电能的能力和限制。在此基础上,下面

提出有关提高电力传动控制系统使用性能及扩大其使用范围的长远方向性任务:

① 采用低损耗的电子功率控制环节和传动工具,采用节能启动、制动和调速的方法来提高能量利用的效率(特别是在大功率设备中更是如此);

② 在应用新型的信息处理的电路工艺和集成组件基础上,采用完善的信号处理方案(其中包括自适应算法和自学习算法),特别是应用微处理器和微型计算机系统来扩大可调传动的调速范围,提高其动态性能和所能达到的调节精度;

③ 研制并应用具有相应功率的控制环节和具有大的热时间常数的高过载能力电动机来提高传动系统(特别是位置和进给传动系统)的加速能力;

④ 采取一系列措施来提高系统的可靠性和安全性,如提高信息处理元件的集成化程度,减小触点换接的次数,采用显露的易于维修的结构,采用试验和检查用辅助设备来检查运行状态和运行准备工作情况,采用有效的查找失误的方法、采取不断地系统掌握和分析停机事故的数据以及为此而设置的预防性维护、保养和备件储存等措施来缩短停机时间;

⑤ 选择合适的用于信息处理的频率和不受干扰且不易损坏的部件,以实现具有强抗干扰能力的信号处理方案;采用合理的配线技术和外形结构,以提高系统的抗干扰能力;

⑥ 采用预先装置和检验的各种部件、封装系统及设备模块,以实现有利于设计的传动结构;开发和应用与这种传动结构相适应的计算机辅助设计方法,以保证电力传动自动控制系统的研制和设计更合理化;

⑦ 拟定和采用有效的方法对所选择的系统性能(功能、可靠性、受干扰性及重大事故的状况等)进行仿真,以便及时了解和改正不合理的设计,从而减少为改进系统所付出的代价;

⑧ 减小构件体积,减少使用的材料;

⑨ 提供具有大功率能力的特殊传动系统,如以直线电动机和步进电动机为基础的传动系统;

⑩ 研制运行可靠、费用较低的民用电器传动方案。

1-3 电力传动自动控制系统特性及使用形式

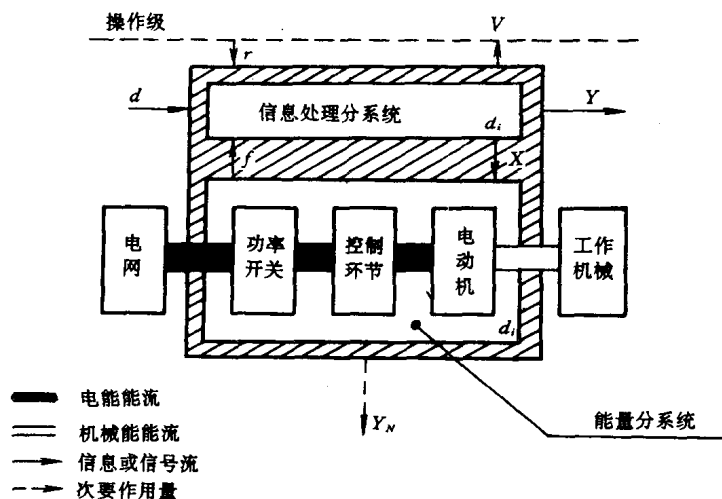
一、电力传动自动控制系统特性

对系统与外部周围联系的说明及对系统结构(即系统元件及元件间的关系)和功能的描述,都可以用来表征系统的性能。

现在,我们用图 1-1 来表示电力传动自动控制系统与外部的主要联系及其典型的基本结构。系统有两种输入量,一种是操纵量 r ,其所载有的指令信息是由操作人员手动给出的,或者是由上一级自动化功能装置发出的;另一种是扰动量 d ,它以独立变量的形式作用在传动系统上,并且对系统的功能和工作特性常常产生不利影响。典型的电力传动系统的外部扰动量有:

① 工作机械的力、转矩和转动惯量;

② 主电源和辅助电源的电压和频率;



X —控制量 Y —被控制量 r —操纵量 f —反馈量
 V —显示量 d —外部扰动 d_i —内部扰动 Y_N —有害量

图 1-1 电力传动自动控制系统的基本结构图

- ③ 在某些场合下对传动系统产生影响的静电场和磁场强度；
- ④ 引起振动、摆动及冲击的机械力；
- ⑤ 周围温度、气压、湿度及水的作用等条件的影响；
- ⑥ 腐蚀性化学气体污染物的浓度；
- ⑦ 包括传动系统在内的全套设备的操作方式和运行方式。

系统的输出量包括与功能有关的量 X 和 Y ，以及有害量 Y_N （见图 1-1）。输出量 Y 是受控制作用影响的变量，即被控量，如机械部件的行程、角度、速度和加速度或电动机电流等；输出量 V 是向操作人员提供的传动系统及其元件运行状态和运行能力的显示量。

典型的电力传动系统的有害量有：

- ① 机械上的振动、摆动及空气的紊流；
- ② 声学上的杂音和噪音；
- ③ 散热损耗能量引起的热力学上的问题；
- ④ 电或机械造成的人身事故；
- ⑤ 周围的火灾和爆炸事故；
- ⑥ 电磁场辐射的干扰；
- ⑦ 在开关过程中由变流装置控制环节引起的对电网的反作用。

上述这些有害量给系统外部造成危害，因此必须用各种规章制度和标准把它们限制在一定的允许范围内。

系统外部的三个接口是特别重要的，因为它们可以对传动系统提出的要求具体化，而这一点正是设计工作的依据。这三个接口是：

- ① 传动系统—工作机械接口。在此接口上通过的是机械能；