

普通高等院校“十二五”立项教材

控制理论基础

KONG ZHI LI LUN JI CHU

主编◎邢玲玲

.....



 吉林大学出版社

普通高等院校“十二五”立项教材

控制理论基础

主 编 邢玲玲

副主编 林桂竹

主 审 王昭同

参 编 何国荣 郭红岩

 吉林大学出版社

控制理论基础 / 邢玲玲主编. -- 长春 : 吉林大学

出版社, 2014. 11

ISBN 978 - 7 - 5677 - 2524 - 9

I. ①控… II. ①邢… III. ①控制论 - 高等职业教育
- 教材 IV. ①O231

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 263244 号

书 名:控制理论基础

作 者:邢玲玲 主编

责任编辑:刘守秀 责任校对:刘守秀

吉林大学出版社出版、发行

开本:787 × 1092 毫米 1/16

印张:15 字数:330 千字

ISBN 978 - 7 - 5677 - 2524 - 9

封面设计:可可工作室

北京明兴印务有限公司 印刷

2014 年 11 月 第 1 版

2014 年 11 月 第 1 次印刷

定价:32.00 元

版权所有 翻印必究

社址:长春市明德路 501 号 邮编:130021

发行部电话:0431 - 89580026/28/29

网址:<http://www.jlup.com.cn>

E - mail:jlup@mail.jlu.edu.cn

前 言

本教材是普通高等院校“十二五”立项教材,内容包括自动控制发展史、系统的数学建模、系统的时域分析、频域分析、系统校正以及采样系统分析等内容。本书适用于电气、电子、机械、机电、计算机、通信动力等专业。

本教材在研究了相关教材的长处的基础上与教学实践相结合,对于学习过程中较易出错的知识点做了详细的介绍,并应用了大量的实例;另外在例题的选择上,编者也下了很大的功夫,将教学中比较典型的例题总结在一起作为实例,来帮助同学们理解。本书适合自动控制原理的初学者,内容安排由简入繁,讲解细致、实例丰富。

全书每章均有小结、习题,能够帮助同学们更好地理解和掌握控制原理的内容,小结中概括了每一章节基本内容和重点内容,可以帮助同学们把握课程学习的重点和核心内容。

本课程内容涉及到高等数学、电工基础、电子技术基础、电机学和半导体变流技术等多门课程的基础知识,所以,在学习过程中应该多注意基础知识的复习和综合运用。

本书由甘肃畜牧工程职业技术学院的邢玲玲主编,新乡职业技术学院的林桂竹副主编,王昭同教授主审。具体分工:邢玲玲编写第五、六章、七章,并负责全书统稿、校对;林桂竹编写第三、四章,杨凌职业技术学院的何国荣编写第一、二章;黑龙江农业工程职业学院的郭红岩编写第七章部分内容和第八章,在此向各位老师表示衷心的感谢。在编写本书的过程中,编者虽然花了很大的精力和时间,但是由于水平有限,难免会出现错误和不足之处,殷切希望广大读者批评指正。

编 者
2014 年 5 月

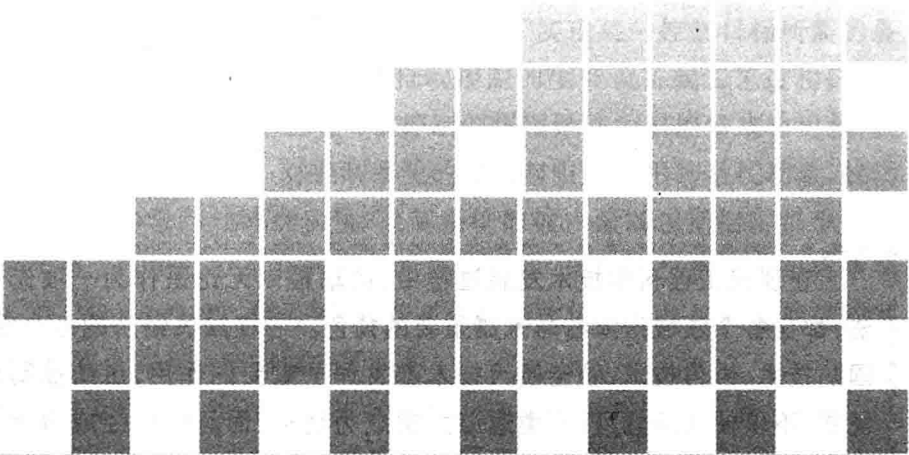


目 录

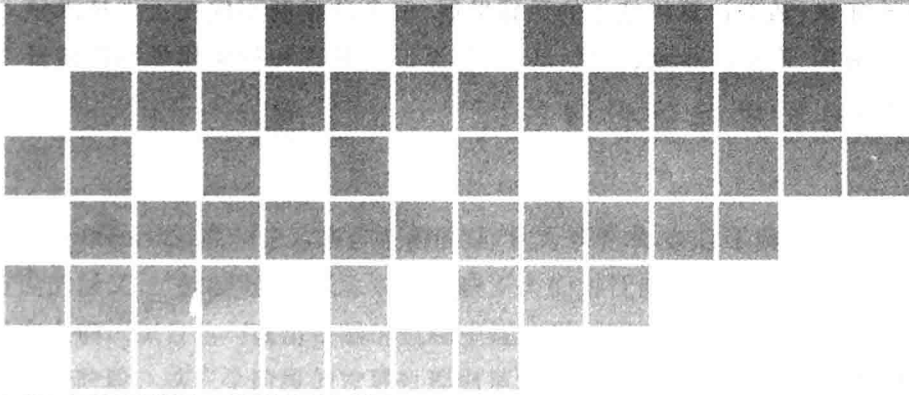
1	自动控制系统概述	(1)
1.1	自动控制的基本概念	(3)
1.2	自动控制理论的发展历史	(3)
1.3	自动控制系统的基本结构	(5)
1.4	自动控制系统的组成与分类	(11)
1.5	自动控制系统的基本要求	(14)
2	自动控制系统的数学模型	(21)
2.1	控制系统的微分方程	(23)
2.2	控制系统的传递函数	(28)
2.3	系统结构框图及其简化	(32)
2.4	反馈控制系统的传递函数	(42)
2.5	闭环系统的误差传递函数	(44)
3	控制系统的时域分析	(49)
3.1	典型输入信号	(51)
3.2	控制系统的时域响应及其性能指标	(52)
3.3	一阶系统的时域分析	(53)
3.4	二阶系统的时域分析	(56)
3.5	控制系统的稳定性分析	(63)
3.6	控制系统的稳态误差分析	(68)
4	根轨迹法	(77)
4.1	根轨迹的基本概念	(79)
4.2	绘制根轨迹的方法	(83)
4.3	绘制根轨迹的基本原则	(84)
5	系统的频域分析	(91)
5.1	频率特性	(93)
5.2	典型环节的频率特性	(98)
5.3	开环系统的频率特性	(108)
5.4	系统的频域稳定判据	(117)



5.5	频率特性法分析系统性能	(127)
6	自动控制系统的校正	(133)
6.1	控制系统的校正方法及分类	(135)
6.2	常用校正装置	(136)
6.2	系统校正方式	(140)
6.3	串联校正	(141)
6.4	反馈校正	(149)
6.5	复合校正	(151)
6.6	PID 控制器	(154)
7	离散控制系统分析	(163)
7.1	离散控制系统的基本概念	(165)
7.2	采样控制系统的数学模型	(176)
7.3	离散控制系统的性能分析	(183)
8	MATLAB 语言及其在自动控制中的应用	(195)
8.1	MATLAB 语言简介及发展史	(197)
8.2	MATLAB 基本命令、基本函数及数据类型	(199)
8.3	MATLAB 在自动控制系统中的应用	(206)
附录	拉普拉斯及 z 变换表	(229)
参考文献	参考文献	(234)



1 自动控制系统概述



在现代工程科学技术发展过程中,自动控制无论是作为一项先进技术还是有效方法,都在各个领域扮演着越来越重要的角色。它在国民经济的各个领域如工农业生产、国防技术、通信技术、航空航天技术都发挥了重要的作用,自动控制理论和技术的不断发展,不仅使飞船登月、人类遨游太空成为现实,而且也已经成为现代制造业和工业生产过程中重要而且不可缺少的组成部分。例如,在制造业中,数控机床能够高精度、高效率地完成复杂形状的加工任务;在化工生产过程中,化学反应炉的温度或流量自动地根据生产工艺的要求变化与调整;在电力生产中,发电设备可以自动地协调多个变量的变化,满足电网负荷的要求;在军事上,导弹发射和制导系统自动地将导弹精确引导至敌方目标等。近几十年来,随着计算机技术的迅猛发展,使自动控制不仅在工程技术领域得到了日益广泛的应用,而且在生物、化学、环境,甚至经济管理和社会科学等领域日益发挥着重要的作用。

1.1 自动控制的基本概念

所谓自动控制,是指在没有人直接参与的情况下,利用外加的设备或装置(称控制装置或控制器),使机器、设备或生产过程(统称被控对象)的某个工作状态或参数(即被控量)自动地按照预定的规律运行。

自动控制系统是由控制器、被控对象两大部分组成的,为了实现某一控制目标所需的各种物理部件的有机组合体。被控对象是指要求实现自动控制的生产设备或工艺过程;控制器是指对被控对象起控制作用的设备;控制系统中被控制的物理量称为被控量或输出量,决定被控量的物理量称为给定量或者期望值;对控制系统的控制起阻碍作用的是扰动量,扰动量按照其来源又可分为内部扰动量和外部扰动量;控制系统的输入量既包括给定量也包括扰动量。调节机构是接受调节作用而去改变调节量的具体设备;负反馈控制原理是将系统的输出信号反馈至输入端,与给定的输入信号相减,所产生的偏差信号通过控制器变成控制变量去调节被控对象,达到减小偏差或消除偏差的目的。

自动控制理论是研究自动控制技术规律的技术科学。自动控制理论的发展初期,是以反馈理论为基础的自动调节原理,主要应用于工业控制。第二次世界大战期间,为了设计和制造飞机及船用自动驾驶仪、火炮定位系统、雷达跟踪系统以及其他基于反馈原理的军用装备,促使自动控制理论有了较快的发展。二战结束后,自动控制理论体系已经基本成型,主要研究以传递函数为数学工具,采用频域法,研究单输入—单输出的线性定常系统的分析和设计方法。

1.2 自动控制理论的发展历史

Cybernetics(控制论),来自希腊语,原意为掌舵术,包含了调节、操纵、管理、指挥、监督等多方面的涵义。“控制”这一概念本身反映了人们对征服自然与外在的渴望,控制理论与技术也是在人们认识自然与改造自然的过程中逐步发展起来的。根据控制理论的发展历史,可以分为三个阶段。这三个阶段的发展过程则是由简单到复杂、由量变到质变的辩证发展过程。

1.2.1 经典控制论阶段(20世纪50年代末期以前)

很早以前,我国古人发明的指南车就应用了控制理论中的反馈原理,这是控制理论的萌芽。1788年,瓦特在发明蒸汽机的同时应用了反馈思想设计了离心式飞摆控速器,这是人类历史上第一个反馈控制系统。1868年,J. C. Maxwell为解决离心式飞摆控速器控制精度和稳定性之间的矛盾,发表了著名的《论调速器》论文,正式提出用基本系统的微分方程模型分析反馈系统的数学方法。同年,韦士乃格瑞斯克阐述了调节器的数学理论。1875年,E. J. Routh(劳斯)和 A. Hurwitz(古尔维茨)分别提出了根据代数方程的系数来判断线性系



统稳定性方法,这就是著名的劳斯判据和古尔维茨判据,这些判据直到今天,依然是分析系统稳定性可靠而有效的方法。1876年,俄国学者 N. A. 维什涅格拉诺基发表著作《论调速器的一般理论》,对调速器系统进行了全面的理论阐述。1927年, H. S. Black 发现了采用负反馈线路的放大器在引入负反馈后,该放大器对扰动和放大器增益变化的敏感性大为降低。1932年, H. Nyquist(奈奎斯特)采用频率特性表示系统特性,提出了控制系统的频域稳定性判据,很好地解决了 Black 放大器的稳定性问题,而且可以分析系统的稳定裕度,奠定了频域分析方法的基础。1934年, H. L. Hazen 发表《关于伺服机构理论》。1938年, A. B. 维哈伊洛夫发表《频域法》,这标志着经典控制理论的诞生。1945年, H. W. Bode(伯德)发表了著作《网络分析和反馈放大器设计》,完善了系统分析和设计的频域方法。并进一步研究,提出使用伯德图进行系统的分析和设计。1948年, N. Wiener 发表了《控制论——关于在动物和机器中控制和通讯的科学》一书,标志着控制论的诞生。1948年, W. R. Evans(伊文思)提出了控制系统的根轨迹分析法,这是一种易于工程应用的,并且十分有效的简单图解法。1954年,钱学森出版了《工程控制论》,全面总结了经典控制理论,标志着经典控制理论的成熟。

经典控制理论是以传递函数为基础,在频率域内对线性定常单输入——单输出控制系统进行分析与设计的理论。经典控制理论采用的研究方法主要是频域法,数学工具是拉氏变换、数学模型是传递函数,在频率域内使用传递函数的“反馈”和“前馈”控制思想,运用频率特性分析法、根轨迹分析法、描述函数法、相平面法等方法重点研究、分析系统的稳定性问题。在经典控制理论中经常使用无源 RC 与有源 RC 网络作为控制装置。

经典控制理论的最杰出成果是 PID 控制规律的诞生,根据 PID 控制原理设计的 PID 控制器结构简单、易于实现,具有一定的自适应性与鲁棒性,对于无时间延迟的单回路控制系统非常有效,现在仍然被广泛应用于工业过程控制中。

1.2.2 现代控制论阶段(20世纪50年代末期至70年代初期)

1959年,苏联学者 L. S. Pontryagin(庞德亚金)等学者创立了极大值原理,并找出最优控制问题存在的必要条件,该理论为解决控制量有约束情况下的最短时间控制问题,提供了方法。1953—1957年间,美国学者 R. Bellman(贝尔曼)创立了解决最优控制问题的动态规律。1959年, R. E. Kalman(卡尔曼)提出了滤波器理论,1960年卡尔曼对系统采用状态方程得描述方法,提出了系统的能控性、能观测性。证明了二次型性能指标下线性系统最优控制的充分条件,进而提出了对于估计与预测有效地卡尔曼滤波。罗森布洛克(H. H. Rosenbrock)、欧文斯(D. H. Owens)和麦克法伦(G. J. MacFarlane)研究了使用于计算机辅助控制系统设计的现代频域法理论,将经典控制理论传递函数的概念推广到多变量系统,并探讨了传递矩阵与状态方程之间的等价转换关系,为进一步建立统一的线性系统理论奠定了基础。

现代控制理论是基于时域内的状态空间分析法,着重于系统最优化控制的研究,使用的数学工具是矩阵与向量空间理论,通过对系统的数学模型——状态方程与输出方程进行研究,采用数字计算机作为系统控制器,主要解决系统的最优化问题。现代控制理论研究的对象不是经典控制理论中的线性定常单输入—单输出系统,而是多输入—多输出系统,系统可以是线性或非线性、定常或时变、单变量或多变量、连续系统或离散系统。



现代控制理论的贡献在于极大地促进了非线性控制、预测控制、自适应控制、鲁棒控制、智能控制等控制理论分支的发展,为解决复杂工业过程的控制提出了解决方案和思路。

1.2.3 大系统理论阶段与智能控制理论阶段(70年代初期至今)

大系统理论,是指系统规模庞大、结构复杂、变量众多、关联严重、信息不完备的信息与控制系统,且不仅仅是工业控制领域,在多学科交叉综合的研究领域,如宏观经济系统、资源分配系统、生态和环境系统、能源系统等也有应用。这类系统依赖于经典控制理论和现代控制理论已经难以进行深入的分析和研究。

20世纪60年代初期,Smith(史密斯)提出采用性能模式识别器来学习最优控制法以解决复杂系统的控制问题。1965年,Zadeh创立模糊集合论,为解决负载系统的控制问题提供了强有力的数学工具。1966年,Mendel提出了“人工智能控制”的概念。1967年,Leondes和Mendel正式使用“智能控制”这一称呼,标志着智能控制思想已经形成。20世纪70年代初期,傅京孙、Gloriso和Saridis提出分级递阶智能控制思想,并成功应用于核反应堆、城市交通控制等领域。70年代中期,Mamdani(曼达尼)创立了基于模糊语言的能描述控制规则的模糊控制器,并成功用于工业控制。20世纪80年代以来,专家控制系统、神经网络控制理论及应用对智能控制器的发展起着重要的推进与促进作用。

大系统理论基于时域法,使用控制论、运筹学等数学工具,通过大系统的多级递阶控制、分解—协调原理、分散最优控制和大系统模型降阶理论,通过对系统的数学模型—子系统的研究,采用数字计算机作为控制器来解决大系统的最优化控制问题。智能控制系统是具有某些仿人智能的工程控制与信息处理系统,其中最典型的应用是智能机器人。

本书将主要阐述经典控制理论中的主要研究和分析方法。

1.3 自动控制系统的基本结构

自动控制系统有两种基本结构,开环控制系统和闭环控制系统。

1.3.1 开环控制系统

开环控制系统是最一种最简单的控制系统。在开环控制系统中,控制装置与被控对象之间只有正向控制作用而没有反向联系的控制过程,对开环控制系统来说,只有输入量会对输出量产生影响,没有对输出量进行测量,输出量不参与控制,无法了解系统的实际输出量与输入量之间的偏差到底有多大,系统控制效果不够理想。

开环控制系统的结构图如图1-1所示。系统由两个部分组成:控制器和被控对象。图1-2所示是一个自动声控灯控制系统的结构框图。只要给控制器提供输入量(声音信号),就可以触发执行器的动作,给被控对象电灯提供电流,从而点亮电灯。在这个系统中,控制器只是根据输入量给出控制信号,至于电灯最终是亮还是灭的状态,在控制器这个部分是无法知道的,即在这个系统中,信号的流动是单向进行的。

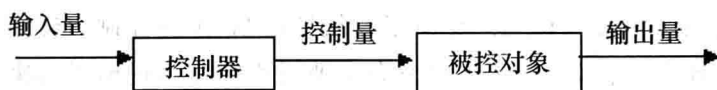


图 1-1 开环控制系统

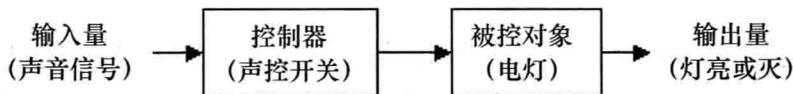


图 1-2 自动声控灯控制系统

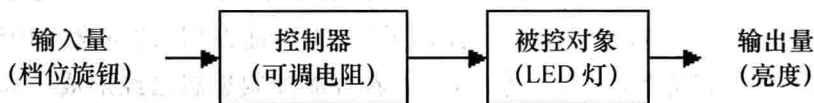


图 1-3 LED 调光系统

开环控制系统的特点是:系统结构简单、控制作用直接由系统的输入量产生,对应于每一个给定值,其被控量便有一个对应的固定工作状态,控制精度完全取决于所用的元件及校准的精度,只适用于对控制精度要求不高,系统的输入量与输出量之间的关系相对固定且扰动量不大的场合。

1.3.2 闭环控制系统

开环控制系统虽然结构简单,但是其控制精度较差,为了提高系统的控制精度和增加抗干扰能力,必须采用闭环控制。

若将系统的输出量反馈到它的输入端,并与参考输入进行比较,则构成闭环控制系统。其系统框图如图 1-4 所示。

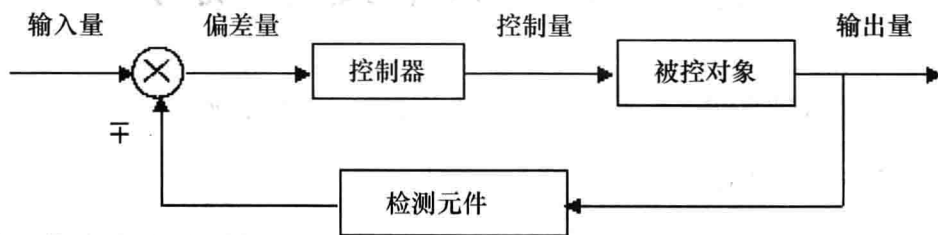


图 1-4 闭环系统框图

闭环控制系统与开环控制系统有显著区别,如图 1-4 所示,控制器的输入量是偏差量而不是输入量,偏差量是输入量与反馈量比较后的结果。反馈量来自检测元件对输出量的检测,将输出量的电量或者非电量信号转换成与输入量相同数量级的物理量。若反馈信号与输入信号相减,则称该反馈为负反馈;反之,若反馈信号与输入信号相加,则称该反馈为正反馈。

闭环控制系统中,负反馈的应用较多,输入信号与反馈信号之差,被称为偏差信号。偏差信号通过控制器,产生控制量使输出量趋于给定的数值。闭环控制系统的实质是按偏差进行控制,其特点是不论什么原因使被控量偏离期望值而出现偏差时,必定会产生一个相应



的控制作用去减小或消除这个偏差,使被控量与期望值趋于一致。可以说,按反馈控制方式组成的负反馈控制系统,具有抑制任何内、外扰动对被控量产生影响的能力,有较高的控制精度。但这种系统使用的元件多,结构复杂,特别是系统的性能分析和设计也较麻烦。尽管如此,它仍是一种重要的并被广泛应用的控制方式,反馈技术被广泛应用在各种需要精确控制的系统中,尤其是电子控制系统,比如:各种放大电路中的增益控制;环境的温度、湿度、水位、压力的控制;机械结构的位置控制、速度控制等等。自动控制理论主要的研究对象就是用这种控制方式组成的系统。

如图 1-5 所示,是仓库大门自动控制系统工作过程示意图。当给定电位器和测量电位器输出相等时,放大器无输出,门的位置不变。假设门的原始位置在“关”状态,当门需要打开时,“开门”开关打开,“关门”开关闭合,给定电位器和测量电位器输出不相等。电位器组会测量出开门位置与大门实际位置间对应的偏差电压,偏差电压经放大器放大后,驱动伺服电动机带动绞盘转动,将大门向上提起。与此同时,和大门连在一起的电刷也向上移动,直到电位器组达到平衡,即测量电位器输出与给定电位器输出相等,则电动机停止转动,大门达到开启位置。反之,当合上关门开关时,电动机带动绞盘使大门关闭,从而可以实现大门远距离开闭自动控制。图 1-6 所示是仓库大门自动控制系统结构框图,图中的被控对象是

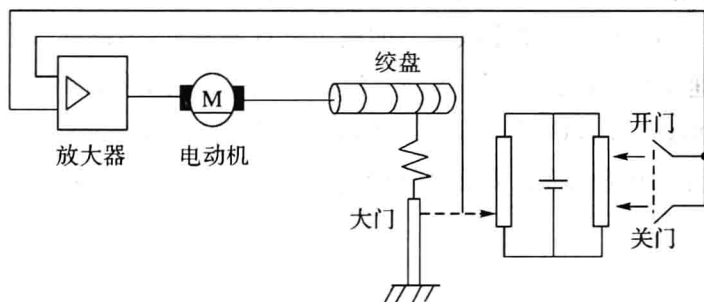


图 1-5 仓库大门自动控制系统

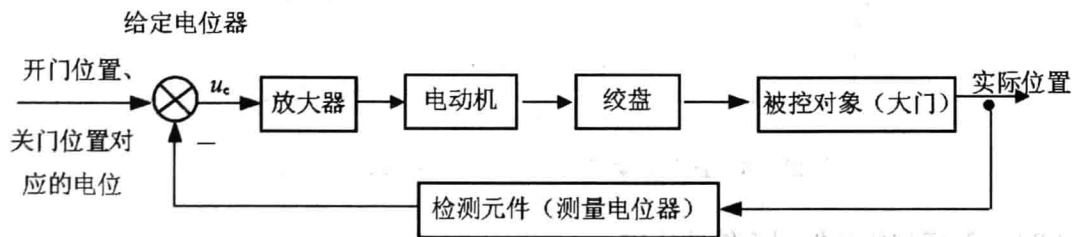


图 1-6 仓库大门自动控制系统结构框图

如图 1-7 所示,是一个直流电动机的转速闭环控制系统工作过程示意图,这是一个闭环控制系统,电动机的输出量(直流电动机的转速 n)由最左端的电位器给定,当调整电位器 u_g 的输出电压时,电动机的转速会随之发生变化。一般情况下,都希望电动机能保持恒定速度运行,也就是说,此时的电位器给定电压 u_g 是恒定值。不过,电位器的给定电压只是输入量的一部分,还有一部分输入量是从直流电动机端通过测速发电机测量得到的输出电压,这两个电压之差 $u_g - u_f$ 才是真正的输入量。这个差值被电压放大器和功率放大器进行比较放大后,将低电压转换成高电压 u_a 提供给直流电动机。直流电动机拖动负载运行,运行时的转



速是 n 。

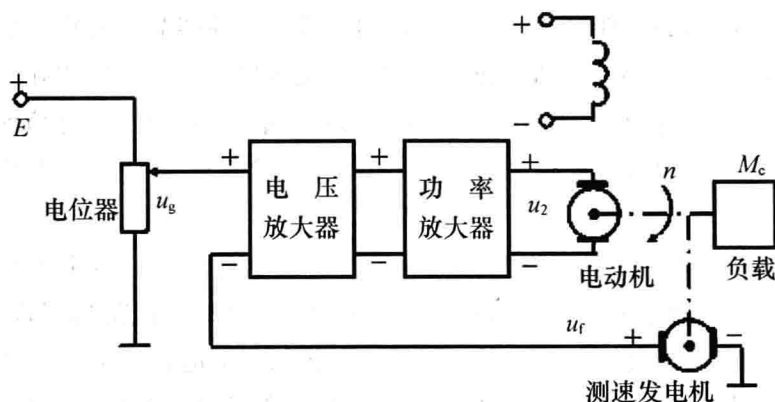


图 1-7 直流电动机转速闭环控制系统

如果在电动机以转速 n 稳定运行的过程中,负载突然增大,则电动机的转速 n 会随之降低,测速发电机的输出电压 u_f 也会降低, $u_g - u_f$ 的输入量会增大,功率放大器的输出电压则升高,最终导致电动机的转速上升,直到电动机又以转速 n 稳定运行;如果在电动机以转速 n 稳定运行的过程中,负载突然降低,则电动机的转速 n 会随之升高,测速发电机的输出电压 u_f 也会升高, $u_g - u_f$ 的输入量会减小,功率放大器的输出电压则降低,最终导致电动机的转速降低,直到电动机又以转速 n 稳定运行。图 1-8 是直流电动机的转速闭环控制系统结构框图。

从上面的分析可以看出,该系统可以适应负载增大或减小的变化,能通过反馈回路中的测速发电机检测实际输出量,通过调整最终使电动机能以转速 n 稳定运行。

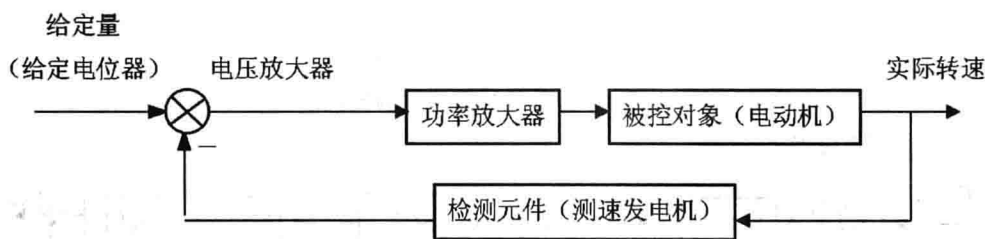


图 1-8 直流电动机转速闭环控制系统结构框图

1.3.3 开环与闭环控制系统的比较

图 1-9 所示,是一个开环炉温控制系统示意图。图 1-10 是开环炉温控制系统结构框图。该系统的控制目标是,通过改变调压器滑动端的位置,改变施加在电阻炉电阻丝上的电压,从而改变电阻炉的温度,调压器的每个位置对应一个温度,当希望控制炉温时,就把调压器的位置对准这个温度值即可。通常,我们希望这个电阻炉的温度能够维持在某个范围内。这是一个典型的开环控制系统,被控制的设备是电阻炉,被控量是电阻炉的温度,电阻炉炉温的高低是通过调节调压器的滑动端实现的,电阻炉的炉温是通过热电偶的温度计进行检测的。这个温度控制系统存在一些明显的不足之处,比如,炉温如果是由于电炉箱的炉门频繁打开导致温

度降低,现在调压器所指示的温度值与电阻炉内的实际温度不符,该控制系统的精度很低;另外,如需要炉温高一些则需要操作人员手动调节调压器的输出电压,若需要炉温低一些则降低调压器的输出电压,整个系统的调节是由人工完成的,费时费工且效率较低。

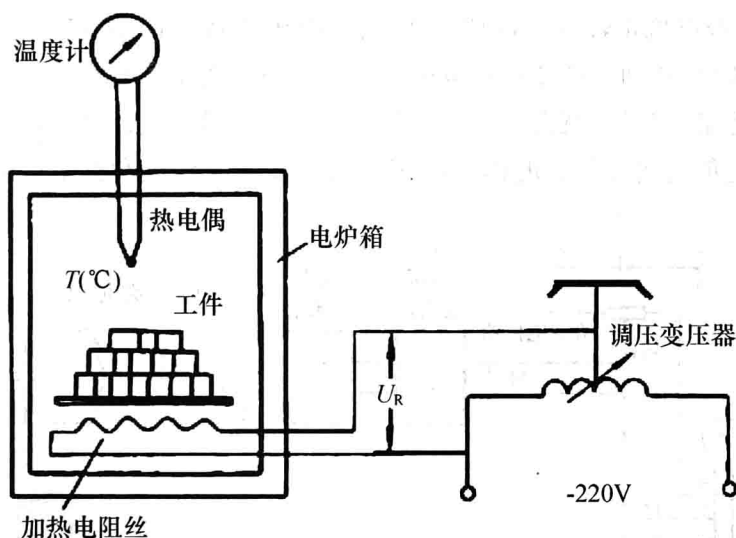


图 1-9 开环炉温控制系统示意图

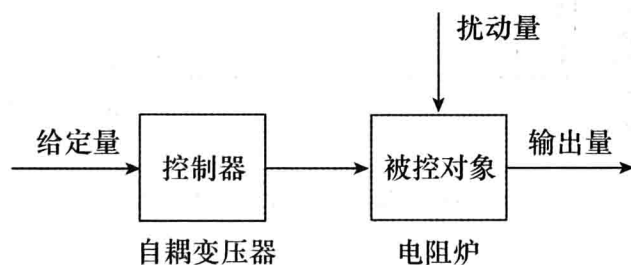


图 1-10 开环炉温控制系统结构框图

为了消除或减少扰动对开环控制系统带来的干扰和影响,在有扰动或者没有扰动的情况下,都能使电阻炉的温度达到期望值,通常我们需要将图 1-9 所示的开环炉温控制系统更改为闭环炉温控制系统,如图 1-11 所示。图中电阻炉的温度期望值是由给定电位器给定的,这是一个电压信号 U_{ST} 。该电压信号幅值较小,不足以驱动直流伺服电动机,因此需要对这个电压信号用电压放大器进行电压放大,再经过功率放大器后输出给直流伺服电动机,驱动电动机运行。直流伺服电动机通过减速器与调压器的可调滑动端相连,可以自由调节加在电阻炉电阻丝上的电压,从而改变炉温。图 1-9 与图 1-11 相比较,明显的区别是图 1-11 的电阻炉温度经过热电偶温度传感器将检测到的温度信号 T 转变成电压信号 U_{FT} 并以负反馈形式返回输入端与给定信号 U_{ST} 相比较,产生的偏差信号是 ΔU ,

$$\Delta U = U_{ST} - U_{FT}$$

这个偏差电压 ΔU ,可以为正值,也可以为负值, ΔU 经过电压、功率放大后,就可以改变



直流电动机的转速和方向,并通过减速器带动调压器,实现对炉温的闭环控制。有了反馈量 U_{FT} 和偏差量 ΔU ,就可以对电阻炉的温度进行闭环控制,保证控制精度。只要炉温控制系统的温度经过检测后与给定量不相等,就会产生相应的控制信号,如果炉温过高,则 $\Delta U < 0$,直流伺服电机反转运行,调压器的输出电压降低,则电阻炉的温度将逐渐降低;如果炉温过低,则 $\Delta U > 0$,直流伺服电机正转运行,调压器的输出电压升高,则电阻炉的温度逐渐升高。在这个温度控制系统中,扰动量即使存在也可以通过这种反馈作用消除其影响,因为只要系统的实际温度与给定量不相等,就会产生偏差信号,从而进行修正,经过一段时间调整之后,最终一定会使得给定值与实际的温度相等,提高了系统的控制精度和抗干扰能力。

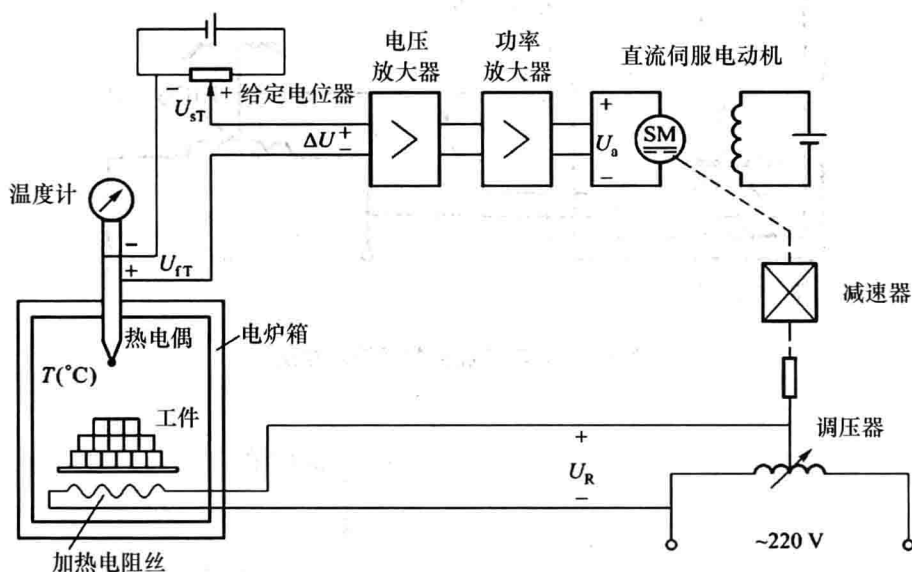


图 1-11 闭环炉温控制系统示意图

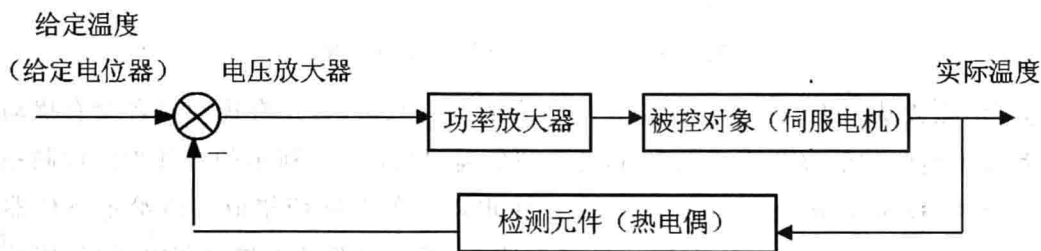


图 1-12 闭环炉温控制系统结构框图

将开环控制与闭环控制系统比较后,其区别如下:

(1)开环控制系统和闭环控制系统结构不同。开环控制系统只有前向通道,没有反馈通道,系统结构简单;闭环控制系统有前向通道和反馈通道,系统结构复杂。

(2)在开环控制系统中,只有输入量对输出量会产生控制作用,系统的输出量不参与系统的控制,因而开环系统没有抗干扰能力;从控制系统的结构上看,开环控制系统只有正向通道;而闭环控制系统既有正向通道又有反向通道。

(3) 闭环系统控制精度高, 对扰动有明显的抑制作用; 而开环控制系统精度较差, 无法克服扰动作用给控制系统带来的影响。

1.4 自动控制系统的组成与分类

1.4.1 自动控制系统的组成

这里所说的自动控制系统主要指闭环控制系统。虽然自动控制系统的形式和结构都不尽相同, 但是任何一个控制系统都可以分成被控对象和控制器两部分, 控制器一般是由具有一定功能的各种基本元件组成。图 1-13 所示, 一个完整的自动控制系统应该由以下七个部分组成。

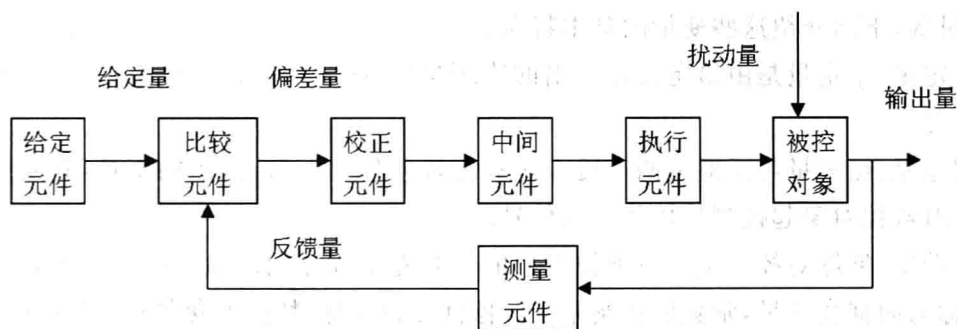


图 1-13 自动控制系统的组成

1. 被控对象: 是控制系统要施加控制作用的对象, 如恒速控制系统中的电动机、温度控制系统中的电炉箱等。控制系统所控制的某个物理量, 就是系统的被控制量或输出量, 如电炉箱的温度等。闭环控制系统的任务就是控制这些系统输出量的变化规律, 以满足生产工艺的要求。

2. 给定元件: 作用是设定被控量的期望值, 如电位器就是典型的给定元件。通过调节给定元件来调节给定量, 给定量有数字给定方式和模拟给定方式两种。给定环节的精度对被控制量的控制精度有较大影响, 在控制精度要求高时, 常采用数字给定装置。

3. 比较元件: 作用是将测量元件检测的被控量实际值与给定元件提供的给定量进行比较, 确定两者之间的偏差量。该偏差量由于功率较小或者由于物理性质不同, 还不能直接作用于执行机构, 驱动执行机构, 所以在执行机构和比较环节之间还有一个中间环节, 用于信号功率的放大。常用的比较元件有差动放大器、机械差动装置和电桥等。

4. 中间元件: 中间环节一般是放大元件, 作用是将比较元件给出的偏差量进行放大, 将偏差信号转换成适于控制执行机构工作的信号以驱动执行元件控制被控对象。根据控制要求, 中间环节可以是一个简单的环节, 如放大器; 或者是将偏差信号变换为适于执行机构工作的物理量, 如用晶体管、集成电路、晶闸管等组成的功率放大器。

5. 执行元件: 一般由传动装置和调节机构组成, 作用是直接驱动被控对象, 使被控量达